

RODOLFO VARÃO PRIETO

Identificação de boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia
***Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial**

Rodolfo Varão Prieto

Identificação de boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia
***Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira
Coorientadora: Thaís Vieira Nunes

P949i	Prieto, Rodolfo Varão Identificação de boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia Lean Six Sigma em uma empresa do setor aeroespacial / Rodolfo Varão Prieto – Guaratinguetá, 2019. 44 f : il. Bibliografia: f. 39-40 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira Co-Orientadora: Thais Vieira Nunes 1. Seis Sigma (Padrão de controle de qualidade). 2. Produção enxuta. 3. Controle de qualidade. 4. Logística empresarial. I.Título. CDU 658.56
-------	---

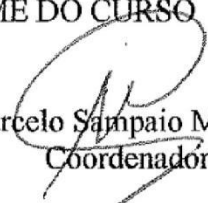
Luciana Máximo

Bibliotecária CRB-8/3595

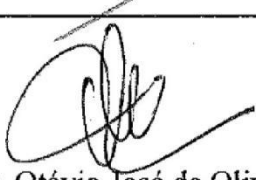
RODOLFO VARÃO PRIETO

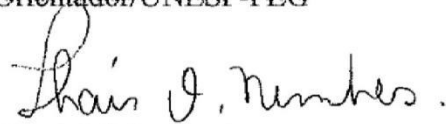
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

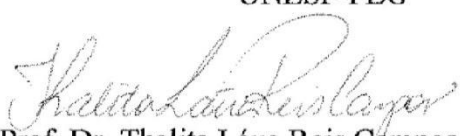

Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Otávio José de Oliveira
Orientador/UNESP-FEG


Thaís Vieira Nunhes
Coorientadora


Prof. Dr. Luis César Ferreira Mota Barbosa
UNESP-FEG


Prof. Dr. Thalita Láua Reis Campos
Membro Externo

Agosto de 2019

DADOS CURRICULARES

RODOLFO VARÃO PRIETO

NASCIMENTO	04.06.1992 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Vicente Bayard Prieto Maria Arlete Medeiros Varão
2011/2019	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, por todo o suporte durante toda a minha vida e aos meus irmãos Vicente, Fernando e Carmen Prieto, por terem mostrado o caminho para a área de exatas.

Agradeço a República O.NU e todos os seus moradores que tive o prazer de conviver durante esses anos e a todos amigos que fiz durante estes anos de faculdade.

A minha coorientadora, Prof. Thaís V. Nunhes por toda paciência e ajuda e a todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação durante estes anos de faculdade.

“No final o bem sempre vence”

Autor desconhecido.

RESUMO

As empresas e industriais atuam em um cenário cada vez mais competitivo com clientes que exigem em termos de produtos e serviços de qualidade. Devido a isto as estas vêm buscando utilizar ferramentas e métodos de gestão que as possibilitem atender as expectativas de seus clientes e aumentar a competitividade, trazendo assim melhores resultados operacionais. Diante disso, as metodologias *Lean* e *Six Sigma* vêm sendo utilizadas em diversas empresas e setores em todo o mundo. A junção destas duas metodologias, o também já conhecido *Lean Six Sigma*, está sendo cada vez mais estudado e implantado em diversas organizações ao redor do mundo. O presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar as boas práticas da metodologia *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial, de forma a ajudar outras empresas que pretendem desenvolver esta metodologia. O método de pesquisa que foi empregado neste trabalho foi o estudo de caso. A partir da análise foi possível identificar quais as práticas mais vantajosas para a implementação no setor aeroespacial, conseguindo assim reduzir custos e obter ganhos de eficiência em processos de qualidade, meio ambiente e segurança.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean. Lean manufacturing. Six sigma. Lean six sigma.* Setor aeroespacial. Boas práticas. Dificuldades.

ABSTRACT

Companies and industries operate in a competitive environment with customers who demand more and more in terms of quality products and services. These companies have been seeking to use tools and management methods that enable them to meet their customers' expectations and increase competitiveness, thus bringing better operating results. Therefore, the Lean and Six Sigma methodologies have been used in several companies and sectors around the world. The combination of these two methodologies, also known as Lean Six Sigma, is being increasingly studied and deployed in several organizations around the world. The present work aims to identify and analyze the good practices of Lean Six Sigma methodology in an aerospace company, in order to help other companies that also intend to develop this methodology. The research method that was used in this study was the case study. Starting from the analysis of the adoption of the Lean Six Sigma practices in the company With analysis was possible to identify which are the most advantageous practices for implementation in the aerospace sector, getting through it a reducing costs and achieving efficiency gains in quality, environment and safety processes.

KEYWORDS: *Lean. Lean manufacturing. Six sigma. Lean six sigma. Aerospace sector. Good practices. Difficulties.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Quantidade de publicações nos últimos 10 anos	13
Figura 2 – Os 8 desperdícios	16
Figura 3 – Principais classificações desta pesquisa.....	27
Figura 4 – Fluxo metodológico de execução do trabalho de graduação	28
Figura 5 –Exemplos de Gestão Visual	33
Quadro 1 – Resumo de práticas citadas e utilizadas em pesquisas e seu impacto no desempenho (SAUMYARANJAN; SUDHIR, 2018)	19
Quadro 2 – Relação entre o nível <i>Sigma</i> de uma empresa e número de DPMO (TYAGI; SONI; KHARE,2017).....	21
Quadro 3 – Identificação de benefícios do <i>Lean Six Sigma</i> , adaptado (IYEDE; FALLON; DONNELLAN, 2018)	25
Quadro 4 - Demonstração cronológica das etapas.....	29
Quadro 5 - Utilização de ferramentas Lean Six Sigma	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	<i>Just-in-time</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TPM	<i>Total Productive Management</i>
HRM	<i>Human Resource Management</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PMEs	Pequenas e médias empresas
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve e Control
DFSS	Design for Six Sigma
PPM	Partes por milhão
EUA	Estados Unidos da America

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	LEAN MANUFACTURING	15
2.1.3	Benefícios e dificuldades de implementação e uso.....	18
2.2	SIX SIGMA.....	20
2.2.3	Benefícios e dificuldades de implementação e uso.....	22
2.3	LEAN SIX SIGMA	23
2.3.3	Benefícios e dificuldades de implementação e uso.....	24
3	MÉTODO DE PESQUISA	28
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	28
3.2	FLUXO METODOLÓGICO	29
3.3	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	30
4	RESULTADOS	32
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39
	APÊNDICE A – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	41

1 INTRODUÇÃO

As empresas e industriais estão inseridas em um cenário de intensa competitividade com clientes que exigem cada vez mais em termos de produtos e serviços de qualidade. Diante disso, o *Lean*, também conhecido como “*Lean Manufacturing*” ou “*Lean Production*” surge como uma metodologia desenvolvida a partir da Toyota no qual o principal objetivo é a redução de desperdícios, este vem sendo utilizado por empresas e indústrias para melhorar o seu processo de fabricação e produção. A filosofia *Lean* é baseada no combate dos tipos de desperdícios: produção em excesso, espera, processamento desnecessário, estoque, transporte, movimentação desnecessária e retrabalho (HESS; BENJAMIN, 2015).

Um dos objetivos de se aplicar novas ideias e metodologias é para atender a necessidade de métodos de gestão que as possibilitem atender as expectativas de seus clientes de forma a manter a competitividade. Com isso tem-se o *Six Sigma* que busca um maior envolvimento entre as equipes, um aumento da qualidade e produtividade dos produtos, enquanto reduz a variabilidade dos processos (GEORGE, 2002).

O *Six Sigma*, pode ser definido como uma ferramenta para maximizar o desempenho da empresa, eliminando os defeitos e não conformidades de acordo com as necessidades da mesma, *Six Sigma* é considerado uma das principais abordagens para melhoria da qualidade melhoria dentro de uma organização (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005).

Com isso surge a junção destas duas, a metodologia *Lean Six Sigma*, que é o resultado da integração da filosofia *Lean* e filosofia *Six Sigma*. O *Lean Six Sigma* é um conjunto que auxilia no atendimento às necessidades de qualidade de uma organização. A metodologia *Lean* foca na eliminação de valor não-agregado e racionalização das atividades e processos, o qual combinado com a redução de variabilidade dos mesmos por meio de projetos *Six Sigma* ajudar as organizações a melhorar a qualidade de seus produtos e operações (MANVILLE *et al.*, 2012; HESS e BENJAMIN, 2015; CHUGANI *et al.*, 2017).

Ao longo dos anos, várias ferramentas foram desenvolvidas seguindo os princípios do *Lean* e *Six Sigma*, podemos citar o 5S, *Kanban*, *Heijunka*, *Poka-yoke*, *Kaizen* e *Single Minute Exchange of Die* (SMED), entre outros (HOLWEG, 2007; WANG, 2010). Essas ferramentas passaram então a ser amplamente utilizadas nas organizações, especialmente nas industriais.

Diante disso, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa para nortear o desenvolvimento do presente trabalho: “Quais as principais características, benefícios e dificuldades de implementação da metodologia *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor

aeroespacial?”. Para responder à essa questão de pesquisa, foram definidos o objetivo geral e específicos, os quais estão apresentados a seguir.

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é identificar, à luz da teoria científica e com base em um estudo de caso, as boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial. Para a realização deste objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia *Lean Six Sigma*;
- Identificar e sistematizar, a partir de um estudo de caso, as principais características de utilização da metodologia *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial.

1.2 JUSTIFICATIVA

A constante evolução e inovação são os fatores mais relevantes no cenário atual de competitividade industrial, cada vez mais as empresas buscam se manter competitivas. Mais importante do que a inovação propriamente dita, o gerenciamento destas atividades é um dos principais fatores para uma empresa competitiva no cenário econômico atual (KONECNY; THUN, 2011).

Durante os últimos anos, empresas de todos os portes enfrentam uma enorme pressão para melhorar o seu processo de fabricação, aumentar a produtividade e atendimento ao cliente, como resultado para permanecer vivo e prosperar em um mercado global e competitivo as empresas experimentaram diferentes estratégias e técnicas (BEHROUZI; WONG, 2011).

No setor aeroespacial não é diferente, apesar do mesmo encontrar-se na contramão da atual crise no Brasil, uma das formas de atender à crescente demanda de seus clientes é melhorando a produtividade por meio da redução de desperdícios, o que pode ser alcançado por meio da utilização da metodologia *Lean Six Sigma* (CHUGANI et al., 2017).

Os princípios do *Lean Manufacturing* foram originalmente desenvolvidos pela Toyota para o setor automobilístico, porem estão cada vez mais sendo utilizados em outros setores (CUDNEY; ELROD, 2011).

Desde que o *Lean* foi introduzido muitos projetos *Lean* foram implementados na indústria (ARLBJØRN; FREYTAG, 2013).

Foi realizada uma análise prévia utilizando o site *Scopus*, onde se pesquisou palavras-chave como *Lean*, *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma*. Foi verificado que existe uma maior quantidade de literatura relacionada apenas a implementação de uma das metodologias quando comparado ao número de artigos científicos referentes a implementação da metodologia combinada do *Lean Six Sigma* (Figura 1).

Figura 1 – Quantidade de publicações em 10 anos.



Fonte: Autor (2018).

Se delimitar para o setor Aeroespacial, tem-se um número ainda menor de artigos. Devido a este fato, justificou-se a oportunidade e relevância de uma análise mais aprofundada sobre esta metodologia e como suas ferramentas podem ser utilizadas em empresas deste segmento e, assim, identificar as aplicações que podem reduzir desperdícios, tornando-a mais competitiva e maximizando os lucros. Diante disso, realizou-se um estudo de caso em uma empresa multinacional do setor aeroespacial que têm desenvolvido e utilizado o *Lean Six Sigma*.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está restrita (condições de contorno) ao estudo do *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial. Além disso, visando aumentar a exequibilidade e a aplicabilidade dos seus resultados, procurou-se restringir o escopo de análise em relação ao objeto de estudo (*Lean Six Sigma*), ao segmento produtivo (empresa do setor aeroespacial) e ao foco geográfico (empresa que atua no estado de São Paulo).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING

Nesta seção serão apresentados os conceitos da manufatura enxuta, focando na explicação da metodologia, utilidade, implantação, benefícios e vantagens, bem como dificuldades e desafios da utilização desta metodologia. A filosofia *lean* originou-se das práticas japonesas (RAVAL; KANT, 2017). *Lean*, em outras palavras, significa sem desperdício. Desperdício por sua vez, é qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de materiais, processos e tempo de trabalho, que são absolutamente vitais para a produção (TAJ; MOROSAN, 2011). *Lean* significa basicamente manufatura rápida, econômica, constante busca pela eliminação de atividades que não agregam valor e o contínuo incremento de melhorias (RAVAL; KANT, 2017).

A manufatura enxuta é vista principalmente em três níveis. O primeiro nível, que é o nível filosófico, é ligado a eliminar o desperdício do sistema de produção (OHNO, 1988; SHINGO, 1989; WOMACK et al., 1990; WOMACK; JONES, 1996) produzindo produtos da alta qualidade que atendam às exigências dos clientes finais.

O desperdício compreende alguns tipos de resíduos comuns: excesso de produção, movimento desnecessário, excesso de inventário, excesso de transporte, refugos/retrabalho, espera e excesso de processamento (CACHON; TERWIESCH, 2009).

Pode-se resumir o *lean* em três princípios (MELTON, 2005):

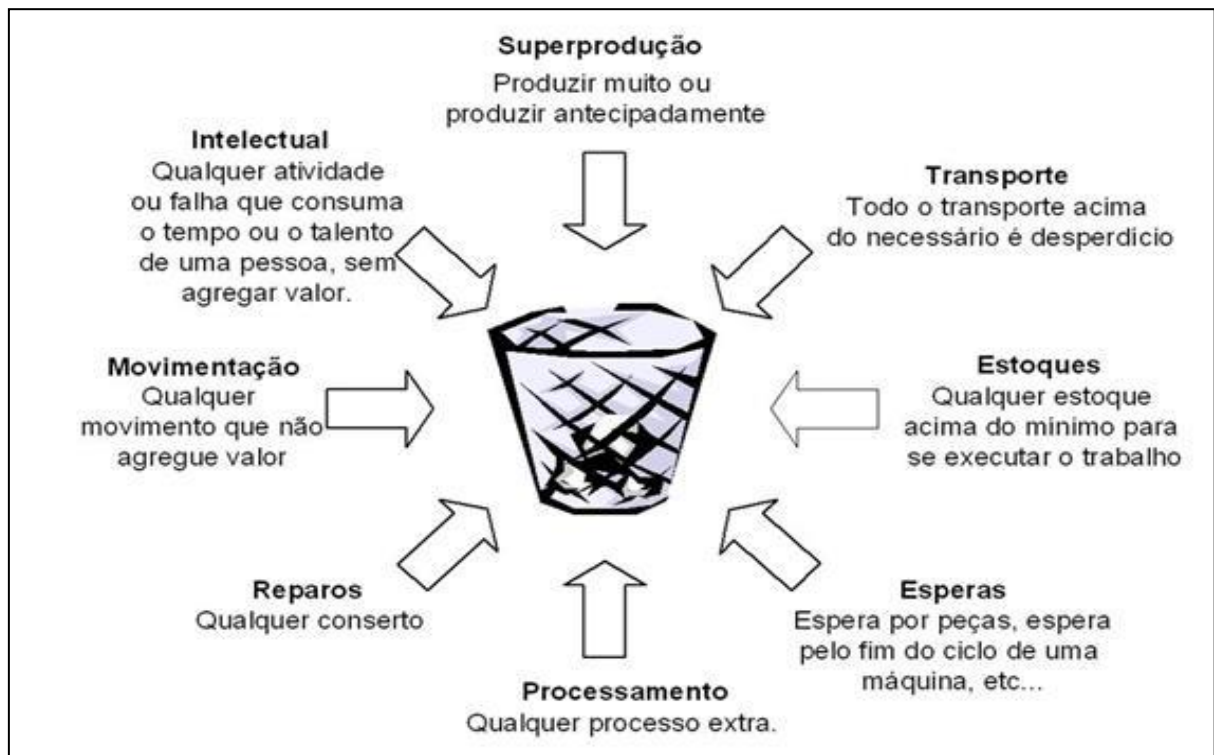
- A identificação de valor;
- A eliminação de desperdício;
- A geração de fluxo (de valor para o cliente).

O *Lean Manufacturing* tem como primícias analisar os sistemas produtivos na lógica do que agrega e não agrega valores dentro das atividades da fábrica. As atividades que agregam valor são as que transformam matérias primas/informações naquilo que o consumidor quer pagar (Exemplos: Prensa, Solda, Pintura). As atividades que agregam valor ao negócio contribuem e são essenciais no funcionamento do empreendimento. (Exemplos: Folha de pagamento, Relatórios Financeiros). Já as atividades que não agregam valor são aquelas que tomam tempo, recursos e espaço, mas que não agregam valor aos requisitos do consumidor (Exemplo: Limpeza) (OHNO, 2005).

Define-se os 8 tipos de desperdícios como qualquer atividade que adiciona custo, mas não agrega valor.

Empresas que utilizam a filosofia *Lean*, procuram eliminar, se não minimizar o máximo possível destes desperdícios, mostrados na Figura 2.

Figura 2 – Os oito desperdícios



Fonte: Adaptado Ohno (2005)

No segundo nível, alguns estudiosos construíram o *Lean* como um sistema dirigido por regras, concluíram que a Toyota usa três regras para projetar o sistema de produção (SPEAR; BOWEN, 1999):

- Estabelecer que todas as atividades precisam ser especificadas em termos de conteúdo, sequência, tempo e resultado.
- A conexão entre fornecedores e a conexão com o cliente precisa ser direta e inequívoca.
- Suporta direto e simples para cada produto e serviço.

No terceiro nível, o *Lean* é visto como uma congregação de ferramentas e técnicas (SHAH; WARD, 2003; PAYNASKAR *et al.*, 2003; LI *et al.*, 2005; SETH; GUPTA, 2005; HINES *et al.*, 1999; LASA *et al.*, 2008; BASU, 2009), visando eliminar o desperdício, investigou-se a aplicação de 22 práticas enxutas e classificou a aplicação de 22 praticas

enxutas em quatro “Pacotes”: *Just-in-time* (JIT), *Total Quality Management* (TQM), *Total Productive Management* (TPM) e *Human Resource Management* (HRM) (SHAH; WARD, 2003).

O JIT tem o objetivo de produzir e transportar somente o necessário, apenas quando necessário na exata quantidade necessária. Tornando a fabricação com mínimo de estoque em processo, resultando em um tempo de processamento curto com uma economia no custo, é um método de controle da produção em que as atividades e a demanda do cliente puxam a produção, bem como suas necessidades (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

Já o TQM surgiu da necessidade de programas de manufatura enxuta integrados a sistemas de gestão de qualidade, que por sua vez trazem benefícios de melhoria de produtividade, mas mantendo a alta qualidade e confiabilidade dos produtos (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

O TPM é definido como um método de fabricação enxuta que contribui para a otimização de atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva para alcançar o nível máximo de eficiência e lucro do equipamento de produção (BELEKOUKIAS et al., 2014; BRAH; CHONG, 2004).

Por fim é apontado que para a transformação bem-sucedida em direção a um processo enxuto é necessária uma quantidade considerável de contribuição da gestão de recursos humanos (HRM) (TICKFEI CHAY; YUCHUN XU; ASHUTOSH TIWARI; FOOSON CHAY, 2015).

A literatura atual discute o propósito central desta estratégia, que é o de encontrar formas de aumentar responsividade com o cliente, reduzindo os esforços humanos e procedimentos inadequados (JAVARAM; VICKERY; DROGE, 2008).

Nesta perspectiva o HRM surge como uma ferramenta para os colaboradores obtêm mais precisão e eficácia no seu desempenho (DEFLOREN; SCHERRER-RATHJE, 2012). Sendo também indicado que esta transformação deve ser iniciada pela otimização do processo de recrutamento (HREBINIAK, 2006).

O *Lean* pode ser considerado por uma abordagem filosófica com princípios e metodologia e por uma visão prática, envolvendo a implementação de um conjunto de ferramentas de chão-de-fábrica e técnicas destinadas a reduzir o desperdício dentro da fábrica. Tais ferramentas e técnicas incluem, por exemplo, a redução do tempo de setup, kaizen, gestão visual, 5S, kanban, sistemas de suprimentos *JIT*, e manutenção preventiva. A filosofia

Lean considera a interação dessas práticas, para melhoria da qualidade, produtividade, integração e redução de resíduos com a produção (BOYLE et al., 2011).

A produção enxuta é mais que uma técnica, é uma nova maneira de pensamento do sistema que cria uma cultura em que todos na organização melhoram continuamente as operações (TAJ; MOROSAN, 2011).

A implementação de práticas de produção enxuta resulta em melhorias como um menor estoque, maior qualidade e menor tempo de processamento, o que, conseqüentemente deve melhorar o desempenho financeiro da empresa (HOFER *et al.*, 2012).

2.1.3 Benefícios e dificuldades de implementação e uso

O Quadro 1 apresenta um resumo de algumas pesquisas. Alguns desses estudos consideram um único elemento ou dimensão e seu impacto no desempenho (DEMIRBAG et al., 2006; FOON; TERZIOVSKI, 2014; HOOI; LEONG, 2017; JAIN *et al.*, 2015; LEE, 2000; SILA, 2007), enquanto outros enfatizam as interações entre diferentes elementos e como a adoção de uma prática pode estar relacionada à adoção de outras práticas (BEHROUZI e WONG, 2011; BEVILACQUA *et al.*, 2017; BHASIN, 2012; BORTOLOTTI *et al.*, 2015; CUA *et al.*, 2006; FURLAN *et al.*, 2011; INMAN *et al.*, 2011; KAMATH; RODRIGUES, 2016; KAUR *et al.*, 2012; PRAMOD *et al.*, 2006).

Quadro 1 – Resumo de práticas citadas e utilizadas em pesquisas e seu impacto no desempenho.

Estudo	Práticas <i>Lean</i> incluídas	Impactos e aumento de desempenho
Kannan and Tan (2005)	JIT, TQM e gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM).	Participação no mercado, retorno sobre os ativos, qualidade geral do produto, posição competitiva global e níveis gerais de atendimento ao cliente.
Cua <i>et al.</i> (2006)	TQM, TPM e JIT.	Qualidade, flexibilidade, custo e entrega.
Pramod <i>et al.</i> (2006)	TPM e implantação de função de qualidade (QFD).	Eficiência geral do equipamento (OEE), tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio entre o reparo (MTTR), tempo médio de inatividade (MDT), disponibilidade da máquina e qualidade.
Behrouzi and Wong (2011)	JIT e eliminação de desperdícios.	Qualidade, custo, prazo e entrega.
Furlan <i>et al.</i> (2011)	JIT, TQM e HRM.	Custo unitário de fabricação, conformidade com as especificações do produto, desempenho de entrega no prazo e flexibilidade para alterar o volume.
Hofer <i>et al.</i> (2012)	Feedback do fornecedor, fornecedor JIT, desenvolvimento de fornecedores, envolvimento do cliente, produção puxada, gerenciamento de fluxo, redução do tempo de configuração, controle estatístico de processo (SPC), envolvimento do funcionário.	Vendas líquidas, crescimento de vendas e retorno sobre vendas.
Dora <i>et al.</i> (2013)	Práticas de garantia Lean e de qualidade.	Produtividade, estoque, qualidade e entrega no prazo.
Foon and Terziovski (2014)	Liderança comprometida, envolvimento dos funcionários, foco no cliente, planejamento estratégico, gestão do conhecimento e TPM.	Desempenho ambiental, custo, produtividade e desempenho financeiro.

Bortolotti <i>et al.</i> (2015)	HRM, TPM, TQM, JIT.	Qualidade, entrega, flexibilidade e custo.
Jain <i>et al.</i> (2015)	Manutenção móvel.	OEE, disponibilidade da máquina, taxa de desempenho e taxa de qualidade.
Bevilacqua <i>et al.</i> (2017)	JIT, HRM, TQM e gestão de fornecedores.	Variação do mix de produtos, inovação, eficácia de tempo e desempenho de crescimento.

Fonte: Adaptado de Saumyaranjan; Sudhir (2018)

A produção enxuta se expandiu e o “pensamento enxuto” pode ser aplicado a todos os aspectos de uma empresa. Existem muitos benefícios tangíveis associados ao pensamento *Lean*. Um processo de negócios enxuto será mais rápido, a velocidade de resposta a um pedido de negócios será mais rápida, e isso pode trazer benefícios financeiros significativos para uma empresa (MELTON, 2003).

A implantação do *Lean* representa uma mudança cultural em qualquer organização (SHAWHEY, 2005). Deve-se desde a alta gerencia até a supervisão da linha de produção, devem entender o que é o *Lean*, o seu papel e o que ele pode trazer de ganhos e melhorias para a empresa, isto porque o maior desafio na busca da mudança cultural vem de dentro da gestão, e não nos funcionários da linha de produção (NASH; POLING, 2007).

A metodologia *Lean* pode ser aplicado a todos os níveis de uma organização e para se obter o máximo de benefícios dentro da organização devem ser realizados de forma sustentável. Os dois maiores desafios com a aplicação de *Lean* para processos de negócios é a falta de percepção de benefícios tangíveis e a falsa visão de que muitos processos de negócios já são eficientes. Deve-se desafiar ambas as suposições (MELTON, 2004).

2.2 SIX SIGMA

O *Six Sigma* foi desenvolvido em meados de 1987, por Bill Smith na Motorola, ganhou forças com a utilização de seus métodos por Jack Welch em 1995, na GE. Podendo ser definido, como uma estratégia gerencial planejada que dependendo de quem você perguntar, pode dizer que esta nasceu em qualquer lugar que têm o hábito de reduzir processos para fenômenos estatisticamente mensuráveis (PAUL, 1999).

O *Six Sigma* é uma das ferramentas mais importantes de qualidade em organizações de grande porte. No entanto, sua aplicação em PMEs (Pequenas e Médias Empresas) ainda está

no estágio inicial de desenvolvimento (ANTONY, *et al.*, 2005; KAUSHIK *et al.* 2012; ANTONY, 2008b; KUMAR M.; ANTONY J., 2008). PMEs compõem a massa de negócios em todo o mundo, desempenhando um papel fundamental no crescimento da economia nacional de qualquer país (SOTI, *et al.*, 2012; ANTONY *et al.*, 2005; KURESHI *et al.*, 2010; KIM *et al.*, 2008).

Six Sigma é uma filosofia de melhoria que visa tornar as empresas mais competitivas com o objetivo de alcançar uma maior excelência nos negócios (NEDELIAKOVA, *et al.*, 2017; HUQ, 2006). *Six Sigma* tornou-se uma metodologia estratégica para diminuir a variabilidade de processos, concentrando-se em novas e contínuas melhorias (ANDERSSON, *et al.*, 2006; PUGNA, *et al.*, 2016).

Six Sigma foi e ainda é definido como uma ferramenta de melhoria de qualidade com o objetivo de reduzir o número de defeitos para apenas 3,4 partes por milhão. No entanto, ocorre confusão e incerteza entre muitas pessoas sobre como a qualidade do *Six Sigma* se traduz estatisticamente em 3,4 DPMO (Defeitos por Milhões de Oportunidades) (TADIKAMALA, 1994).

Sendo necessário o desenvolvimento de habilidades para conseguir utilizar todas as ferramentas *Six Sigma*, de modo a alcançar o alto objetivo de 3,4 DPMO (HUQ, 2006).

Se uma empresa alcança o nível de Sigma acima de 5, ela é rotulada como "classe mundial". Se o nível de Sigma é entre 3 e 5, então o desempenho das empresas deve ser de "Média industrial" e se o nível de Sigma for inferior a 3, essa empresa é classificada numa categoria de "não competitiva" (RAVICHANDRAN, 2006).

Quadro 2 – Relação entre o nível Sigma de uma empresa e o número de DPMO

Nível Sigma	DPMO	Categoria
1	700000	Não competitiva
2	310000	
3	67000	Média industrial
4	6200	
5	230	Classe mundial
6	3,4	

Fonte: Dharmendra Tyagi, Soni; Khare (2017).

Trata-se de uma metodologia que estabelece uma disciplina de utilização objetiva do pensamento estatístico que busca melhorias de processos e produtos reduzindo a variabilidade pelo melhor entendimento das necessidades dos clientes, visão dos processos, uso correto de

medições e sustentação por uma estrutura de gerenciamento e condução de projetos (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007; ROWLANDS, 2003).

Pesquisadores de todo o mundo sugerem duas estratégias-chave para a implementação do Seis Sigma: DMAIC e DFSS, DMAIC que significa Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (ERICK, *et al.*, 2010; SAHOO, *et al.*, 2008; CHANG, *et al.*, 2012; MAST;LOKKERBOL; 2012) e DFSS que significa *Design for Six Sigma*.

2.2.3 Benefícios e dificuldades de implementação e uso

O *Six Sigma* busca melhorar o produto e o serviço reduzindo os defeitos inerentes aos processos e materiais utilizados para produzi-los (TORODE, 1998).

A maioria das empresas nos EUA opera com nível 3 Sigma, produzindo 66.000 defeitos por ppm produzido. Estes as empresas perdem até 25% de sua receita total devido a defeitos. Por isso, argumenta-se que o *Six Sigma* pode melhorar o desempenho financeiro e a lucratividade dos negócios (MURPHY, 1998).

Entre as dificuldades de implementação do *Six Sigma* está a mensuração os problemas de qualidade. O *Six Sigma* força a empresa a quantificar qualidade, a implementação do *Six Sigma* dentro dos processos de uma empresa elimina "eu acho" e "eu sinto" de conversas (MURPHY, 1998).

Com relação ao suporte e envolvimento constante da alta gerência, o *Six Sigma* tem que fazer parte de todas as reuniões e conversas sobre o desempenho da empresa, os resultados do *Six Sigma* devem ser discutidos diariamente com o seu patrão (PAUL, 1999).

Com relação a infraestrutura organizacional, a adoção da cultura *Six Sigma* é um empreendimento enorme. Muitas pessoas precisam estar envolvidas e muitos sistemas de apoio têm que estar preparados para que tudo funcione tranquilamente (HENDERICKS; KELBAUGH, 1998).

Há a necessidade da identificação clara dos papéis da estrutura *Six Sigma*, *Belts* dedicados em tempo integral, gestão do Conhecimento, seleção de projetos estratégicos, revisão periódica e constante dos projetos, aderência de passos DMAIC, uso das ferramentas *Six Sigma* em conjunto com ferramentas de gerenciamento (DANIELA *et al.*, 2016).

Para a compreensão da metodologia *Six Sigma*, é necessário treinamento, mudança cultural, comprometimento e envolvimento da gerência, habilidades em gerenciamento de

projetos, compreensão das ferramentas e técnicas, e *Six Sigma* voltado a estratégia de negócios (CORONADO; ANTONY, 2002; ANTONY; BANUELAS, 2002).

2.3 LEAN SIX SIGMA

O *Lean* consiste em um conjunto de conceitos e ferramentas, centrados em torno da filosofia de melhoria contínua e na eliminação de desperdícios e resíduos nos processos de fabricação (THANGARAJOO; SMITH, 2015).

O *Six Sigma*, por outro lado, é uma abordagem estatística orientada por uma metodologia que visa eliminar defeitos do processo de fabricação para a transação e do produto para o serviço (KUMAR; KAUSHISH, 2015).

A integração destes dois conceitos pode exigir a transferência de ideias, ferramentas e filosofias diferentes (ASSARLIND *et al.*, 2013).

Entretanto a integração de ambos os métodos resultou em organizações *Lean Six Sigma*, que superam as limitações de cada método quando implementadas isoladamente (TIMANS *et al.*, 2011; ARNHEITER; MALEYEFF, 2005).

A manufatura enxuta é ineficaz quando usada sozinha para trazer processos sob controle estatístico, enquanto que o *Six Sigma* sozinho também é ineficaz para melhorar a velocidade do processo de manufatura e minimizar o capital investido (CARREIRA, 2005). Como resultado, as iniciativas de *Lean Six Sigma* surgiram como um ponto de equilíbrio entre o comportamento do processo e a otimização do processo, aprimorando assim as capacidades das empresas para lidar com a globalização e os novos requisitos do mercado.

Percebe-se a existência de características comuns entre o *Lean* e o *Six Sigma*, como a satisfação do cliente, a cultura de melhoria contínua, a necessidade de um envolvimento abrangente dos funcionários e a busca pela investigação das causas básicas (ANTONY; KUMAR, 2012).

A abordagem combinada do *Lean Six Sigma* é preferível a manter ambas as abordagens vinculadas a diferentes programas. Como resultado, diversos autores acreditavam que a integração do *Lean* e *Six Sigma* em diferentes programas produz diferentes resultados (SNEE, 2010).

Há relatos de que a Caterpillar se beneficiou significativamente da integração do *Lean Six Sigma* em sua visão estratégica (LUBOWE; BLITZ, 2008).

Há relatos também que os métodos *Lean* e *Six Sigma* são utilizados cada vez mais em busca da fabricação sustentável (FREITAS *et al.*, 2017)

Como já citado, a metodologia *Lean Six Sigma* desenvolveu-se após a convergência dos dois modelos anteriores, A sua implementação é a aplicação de técnicas e pensamentos enxutos para aumentar a velocidade e reduzir o desperdício, gerando mais valor e um processo mais eficientemente. O *Lean Six Sigma* evoluiu do TQM (*Total Quality Management*) (BLACK; REVERE, 2006).

Para o mercado atual é fundamental abordar desafios com uma mente aberta a soluções que podem vir de fontes improváveis (GEORGE, 2010; SNYDER; PETERS, 2004). Neste contexto o *Lean Six Sigma* fornece foco, uma abordagem metodológica e um meio de engajamento que possibilita “fechar a lacuna”, identificando áreas de desperdício e reduzindo a variação (KINDER, 2012).

Há evidências de *Lean Six Sigma* em diversas aplicações além da manufatura tradicional, já é possível identificar a sua implantação em setores de serviços, tais como bancos e saúde (BHAT *et al.*, 2016; CHIARINI; BRACCI, 2013; CHENG; CHANG, 2012).

Podendo a sua implementação revelar para uma organização que determinados processos são caros se adotados de qualquer maneira (CAMPOS, 2013; ROTH; FRANCHETTI, 2010).

As percepções sobre a aplicação de abordagens *Lean Six Sigma* em empresas de serviços já foram estudadas em diversos trabalhos e concluíram que o foco no cliente, liderança e mudança cultural apoiada por uma revisão sistêmica do ambiente de trabalho contribuí para a obtenção de melhores resultados no desempenho das empresas (CHAKRABORTY; KAY, 2013).

Indicam também que abordagens que aplicam ou ampliam um serviço com base na metodologia *Lean Six Sigma* geraram um impulso em setores de governo na última década (RADNOR, 2010).

2.3.3 Benefícios e dificuldades de implementação e uso

O *Lean Six Sigma* consiste em uma estratégia que melhora a velocidade e a qualidade, minimizando a variabilidade dos processos (LEE *et al.*, 2013).

Melhora também o desempenho do processo, resultando em uma maior satisfação do cliente e uma maior economia nos resultados (SNEE, 2010).

A filosofia de integrar a manufatura enxuta e o método *Six Sigma* foi desenvolvida no setor de manufatura para melhoria de qualidade e produtividade (MANDAHAWI *et al.*, 2012, THOMAS *et al.*, 2008).

Lean e *Six Sigma* são metodologias gêmeas com ferramentas e princípios adaptáveis, que quando projetados aumentam a eficiência de um processo, reduzindo/eliminando as etapas de desperdício (CIOAN; RADU, 2015).

Uma pesquisa realizada sobre a implementação do *Lean Six Sigma* para o desenvolvimento de software revelou que o tempo de ciclo foi minimizado em 10% a 12% e os defeitos foram reduzidos em 32% (PILLAI *et al.*, 2012).

Um grande número de benefícios pode ser identificado na literatura, um estudo identificou vários, aonde os entrevistados foram solicitados a identificar e avaliar 11 fatores de acordo com sua importância. O resultado é apresentado no quadro 3.

Os benefícios foram classificados em cinco categorias, “Concorda Fortemente”, “Concorda”, “Concorda Moderadamente”, “Concorda pouco” e “Discorda”, onde verificou que a grande maioria “Concorda Fortemente” que o *Lean Six Sigma* é uma boa estratégia de fabricação e eliminação de desperdícios.

Quadro 3 – Identificação de benefícios do *Lean Six Sigma*

Benefícios/Efeitos	Concorda Fortemente	Concorda	Concorda Moderadamente	Concorda Pouco	Discorda
O <i>Lean Sigma</i> é uma boa estratégia de fabricação	52%	42%	6%	0%	0%
Dá vantagem estratégica comparativa	21%	61%	21%	0%	0%
Melhora os processos de fabricação	45%	52%	6%	0%	0%
Aumenta as margens de lucro	24%	64%	15%	0%	0%
É muito caro	0%	0%	24%	61%	18%
Melhora a qualidade do produto / serviço	45%	45%	12%	0%	0%
Ele fornece funções novas ou	15%	64%	24%	0%	0%

aprimoradas					
Elimina desperdícios	52%	39%	3%	6%	3%
Reduz defeitos	39%	52%	9%	3%	0%
Minimiza os custos	39%	48%	12%	3%	0%
Não faz diferença	0%	0%	3%	42%	58%
Aumenta a satisfação dos funcionários	12%	48%	30%	12%	0%
Melhora o desenvolvimento tecnológico	18%	36%	45%	3%	0%
Melhora a melhoria contínua	52%	42%	9%	0%	0%
É uma perda de tempo	0%	0%	3%	18%	79%
Aumenta a satisfação / retenção dos clientes	27%	61%	15%	0%	0%
Melhora a eficiência de gerenciamento	21%	70%	12%	0%	0%
Melhora a resposta às reclamações / solicitações dos clientes	36%	45%	21%	0%	0%
Melhora o treinamento / aprendizado dos funcionários	33%	48%	15%	3%	3%

Fonte: Adaptado de Iyede; Fallon; Donnellan (2018).

A implementação do *Lean Six Sigma* pode revelar-se um assunto caro para uma organização se adotada de maneira errada, portanto, é importante conhecer as barreiras de *Lean Six Sigma* que podem dificultar sua adoção bem-sucedida (CAMPOS, 2013; ROTH; FRANCHETTI, 2010).

A identificação prévia permite que os profissionais desenvolvam estratégias apropriadas e tomem precauções necessárias para evitar as barreiras na fase inicial, visto que o tratamento

de destas durante a execução pode revelar-se oneroso e um desperdício de esforço por parte dos funcionários de uma empresa (GIBBONS; BURGESS, 2010).

O *Lean Six Sigma* ajuda na gestão sistemática dos processos, reduzindo as atividades que não agregam valor, ligando as partes interessadas e apertar o máximo dos processos (KIRKHAM *et al.*, 2014), porem apesar de muitas vantagens, como afirmam os estudos acima mencionados, não é incomum presenciar o fracasso na implantação do *Lean Six Sigma* (KONING *et al.*, 2010; MCLEAN; ANTONY, 2014; MCLEAN *et al.*, 2017).

Lean Six Sigma, não é apenas um conjunto de ferramentas, gabaritos e acessórios que podem ser copiados cegamente sem compreender a cultura de trabalho de uma organização (SETH *et al.*, 2017).

As organizações que tentam imitar o *Lean Six Sigma* sem entender os fundamentos de sua metodologia, acabam por não preverem possíveis obstáculos e as soluções necessárias para supera-las, com isso estas organizações acabam lutando muito para alcançar os resultados desejados e eventualmente até desistindo durante a fase de implementação (SETH *et al.*, 2017).

Para obter bons resultados a gerência deve tomar precauções e avaliar cuidadosamente a cultura e o ambiente de trabalho antes de planejar executar o *Lean Six Sigma* dentro de sua empresa (PSOMAS; ANTONY, 2015).

Também é apontado que a falta de compreensão das possíveis barreiras ao *Lean Six Sigma* pode acabar resultando em falhas (JADHAY *et al.*, 2014).

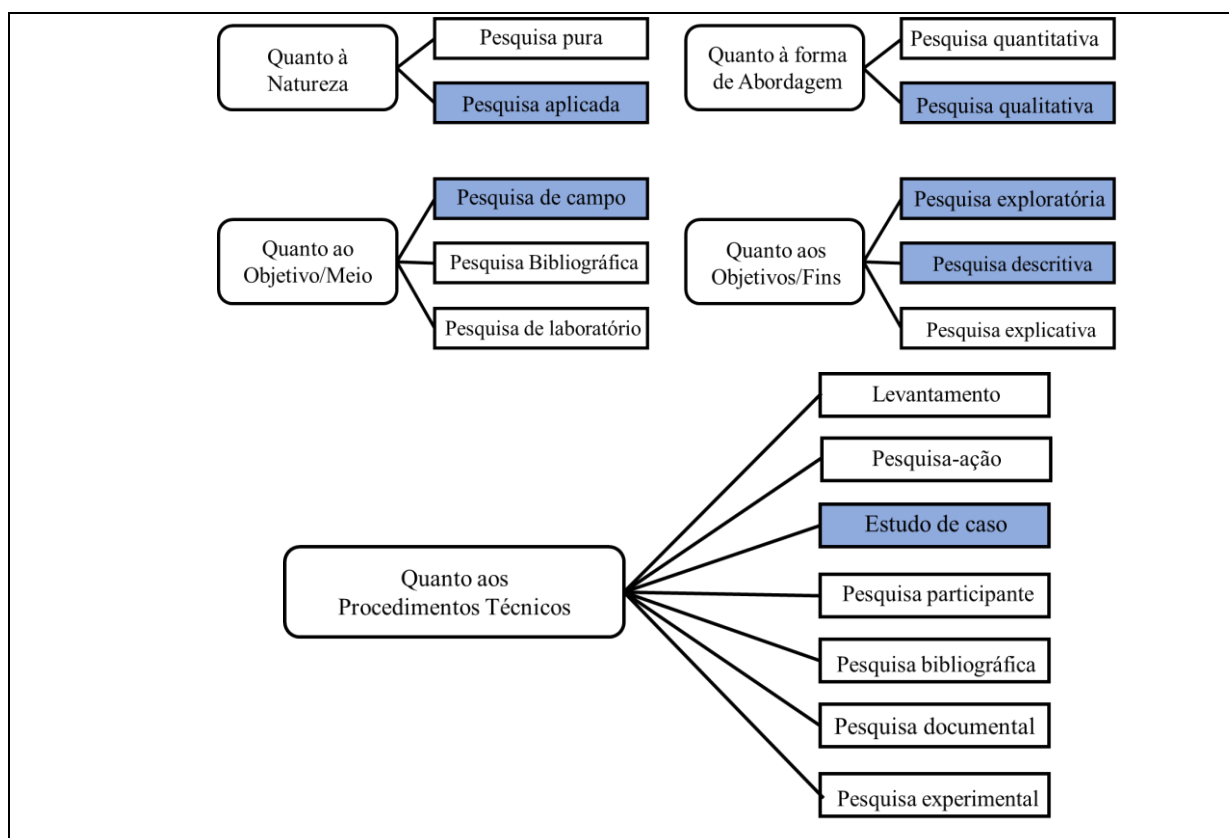
Portanto, é muito importante avaliar e identificar as informações, bem como os obstáculos relevantes, o que não é difícil pela revisão de literatura, mas é extremamente desafiador para profissionais que tentam superar todas essas barreiras simultaneamente (YADAY; DESAI, 2016).

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A Figura 3 apresenta em destaque as principais classificações desta pesquisa.

Figura 3 – Classificação da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Kothari (2013).

Conforme mostra a Figura 3, o desenvolvimento desse trabalho se deu por meio de uma abordagem qualitativa, que utilizou para a sua execução o procedimento técnico de estudo de caso. A pesquisa qualitativa teve como principal objetivo descrever e interpretar o fenômeno observado mediante contato direto e interativo do pesquisador com o objeto de estudo (KOTHARI, 2013).

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa em questão pode ser classificada como aplicada, pois permite gerar conhecimentos para aplicação prática e imediata em problemas reais de interesse circunstancial (PRODANOV; FREITAS, 2013; KOTHARI, 2013).

Quanto ao objeto, a pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa de campo, pois a investigação empírica foi realizada no local (estudo de caso) onde ocorreu o fenômeno e

dispõe de elementos como, entrevistas, questionários, testes e observação participante ou não para explicá-lo (KOTHARI, 2013).

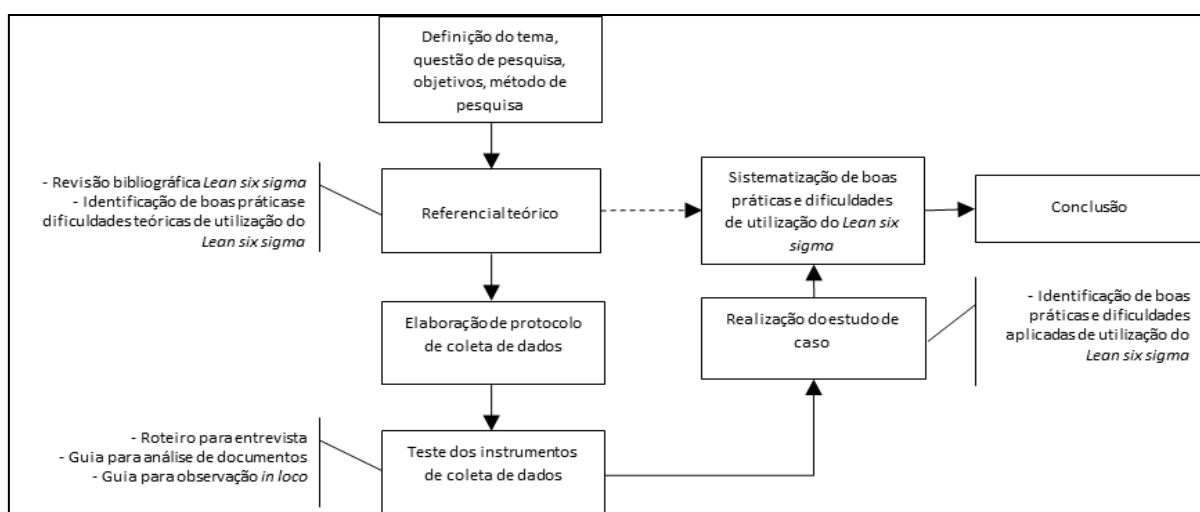
No que diz respeito aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, porque permitiu proporcionar uma maior familiaridade com o problema, explicitando o por meio do registro, análise, classificação e interpretação dos fenômenos observados e como descritiva, porque descreve as características do fenômeno observado (MIGUEL, 2012; KOTHARI, 2013).

Com relação aos procedimentos técnicos, foi utilizado o estudo de caso, realizado por meio de múltiplas fontes de evidências, destacando a análise de documentos, observação in loco e entrevistas, a fim de que seja assegurada a confiabilidade e a validade da pesquisa (MIGUEL, 2007).

3.2 FLUXO METODOLÓGICO

O fluxo metodológico segundo o qual se dará o desenvolvimento desta pesquisa é composto de 7 etapas principais, conforme apresenta a Figura 4. Na primeira etapa, foram definidos o tema, delimitação, objetivo e justificativa da pesquisa.

Figura 4 – Fluxo metodológico de execução do trabalho de graduação.



Fonte: Autor (2018).

Na segunda etapa do desenvolvimento deste trabalho foi a complementação e adensamento do referencial teórico, que contempla os artigos mais relevantes na área de

estudo e a identificação das boas práticas e dificuldades teóricas de utilização do *Lean Six Sigma*.

Para a terceira etapa, foi elaborado e testado os elementos do protocolo de coleta de dados para a realização dos estudos de caso, o que incluiu a elaboração e teste do roteiro para entrevistas, guias de análise e guia para observação in loco. Feito isto realizou-se o estudo de caso e análise dos dados obtidos.

Por meio da discussão dos resultados do estudo de caso e seu confronto com os achados da literatura foram identificadas as boas práticas e dificuldades teóricas do *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial. Por fim, com a discussão dos resultados redigiu-se a conclusão do trabalho.

3.3 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Abaixo segue o cronograma com o tempo estipulado para cada uma das etapas necessárias na elaboração do presente trabalho de graduação, assim futuros trabalhos e pesquisas científicas poderão usar como base se julgarem adequado.

Etapa 1: Elaboração do projeto de TG.

Etapa 2: Revisão da literatura sobre *Lean Six Sigma*.

Etapa 3: Identificação das boas práticas e dificuldades teóricas de utilização da metodologia *Lean Six Sigma*.

Etapa 4: Elaboração e teste do protocolo de coleta de dados para o estudo de caso.

Etapa 5: Realização do estudo de caso e redação do relatório.

Etapa 6: Qualificação do TG.

Etapa 7: Redação final do TG.

Etapa 8: Defesa do TG.

Quadro 4 - Demonstração cronológica das etapas

Etapa	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

Fonte: Autor (2018).

4 RESULTADOS

O objetivo geral deste trabalho é identificar e analisar as boas práticas para a implantação do *Lean Six Sigma* em uma empresa do setor aeroespacial, nesta etapa do trabalho será apresentado e discutido o que foi observado e coletado por meio das entrevistas, das análises de documentos e observações *in loco*.

Primeiramente, foi verificado o grau de conhecimento e utilização das ferramentas *Lean* identificadas previamente na literatura. Para tanto, foram entrevistados gestores e funcionários de todos os níveis da empresa.

De acordo com os relatos, foram classificados os graus de utilização das ferramentas como 4 “muito conhecida”, 3 “bem conhecida”, 2 “razoavelmente conhecida”, 1 “pouco conhecida” e “0 muito pouco conhecida”. A média geral dos entrevistados resultou no preenchimento do Quadro a seguir:

Quadro 5 – Utilização de ferramentas Lean Six Sigma.

Ferramenta	Conhecimento/Utilização				
	0	1	2	3	4
<i>Poka-yoke</i>			x		
TP (Trabalho padrão)					x
JIT (<i>Just-in-time</i>)		x			
Mapeamento do fluxo de valor			x		
Gestão Visual				x	
Padronização de Operações					x
Fluxo contínuo			x		
Produção Puxada		x			
5S					x
<i>Kaizen</i>					x
Metodologia de solução de problemas				x	
Nivelamento da produção			x		
<i>Gemba Walk</i>					x
Equipes multifuncionais			x		
Redesenho da estrutura física		x			
<i>Kanban</i>				x	
Redução de setup (<i>SMED</i>)				x	
Andon			x		
Educação/ Treinamento			x		
Manutenção Produtiva Total			x		
Autonomação (<i>Jidoka</i>)			x		
Autonomia da força de trabalho		x			
Lotes reduzidos		x			

Fonte: Autor (2019)

A análise do Quadro 5 mostra que as ferramentas *Lean* mais utilizadas/conhecidas foram *Gemba Walk*, *5S*, *Kaizen* e Trabalho padrão, sendo *5S* e *Kaizen* consideradas as principais ferramentas pelos entrevistados devido a estas terem sido as precursoras do *Lean*.

Dentre as ferramentas que são bem utilizadas foi observado Manutenção Produtiva total, *Kanban*, *SMED* e Gestão visual com destaque para esta última que foi apontado como de fundamental importância para aceitação e visualização de resultados pela gerencia da fábrica.

Entre as razoavelmente utilizadas foi observado Educação/Treinamento, Fluxo contínuo e *Andon*. Na fábrica em questão um dos objetivos estabelecidos é de que todos os colaboradores devem realizar uma quantidade mínima de horas de treinamento no decorrer do ano, sendo este indicador acompanhado mensalmente.

As ferramentas que apresentaram baixo grau de utilização foram Lotes reduzidos e Autonomia da força de trabalho. Lotes reduzidos devido à alta demanda do setor aeroespacial, o que o impossibilita na maior parte do tempo de se trabalhar com lotes reduzidos.

Já com relação a autonomia da força de trabalho nota-se que devido ao setor aeroespacial apresentar padrões muito específicos a alta gestão preferiu seguir o caminho de maior monitoramento e acompanhamento ao invés de maior autonomia.

Com relação ao *Six Sigma*, este ainda está começando na fábrica em questão, porem já está presente com ferramentas voltadas para a análise e controle de dados e indicadores da parte administrativa.

Gráficos como o de Pareto e diagramas como Ishikawa e espaguete são utilizados para grande parte das tomadas de decisão e identificação de causas nos diversos *Kaizens* realizados na fábrica.

Histogramas e PDCA são empregados para o controle de e tratamento de efluentes, ajudando também no controle da capacidade de processo da fábrica, o qual será mencionado mais à frente.

Para implantação combinada do *Lean* e *Six Sigma*, na empresa em questão foi criado de um departamento para supervisionar os esforços de melhoria contínua. Este é o primeiro passo para incorporar as novas metodologias em toda a empresa.

A sua implantação na empresa em questão foi realizada em quatro fases. Primeiro, a alta administração e os funcionários estratégicos foram totalmente treinados e depois aplicaram suas novas habilidades em dois departamentos piloto. A fase dois incluiu a realização de um workshop para todos os colaboradores, enfatizando a todos o objetivo de aumentar a eficiência. As fases três e quatro se concentraram em disseminar a nova cultura para os

demaís departamentos e garantir que todos os recebessem treinamento e habilidades para realizar as atividades cotidianas da maneira mais eficiente, eliminando o desperdício e aumentando a produtividade.

Com relação as dificuldades de sua implantação, foi verificado que no primeiro contato com as práticas *Lean* os funcionários que não foram treinados apresentaram resistência, o que dificultou a adoção das novas práticas. Isso aconteceu devido a apenas a alta administração e algumas pessoas chave terem realizado o treinamento/curso de *Lean* completo, ficando a cargo deles realizar a transmissão da nova cultura para os demais colaboradores da fábrica.

Foi observado durante a implantação que a utilização da Gestão visual no decorrer dos anos contribuindo para uma melhor aceitação e propagação da metodologia *Lean*. As práticas *Lean* e *Six Sigma* são utilizadas em todas as áreas e cargos da fábrica, com foco na redução de desperdícios. Uma das mudanças na fábrica com a adoção do *Lean Six Sigma* foi a constante busca por melhorias no dia a dia.

Figura 5 – Exemplos de Gestão Visual



Fonte: Empresa do estudo de caso (2019)

Qualquer mudança e/ou inovação é necessário comunicar e treinar toda a respectiva área em que ocorreu. A comunicação ocorre por meio de atualização de documentos internos,

instruções de trabalho e normas. Quando a alteração é referente a políticas e/ou diretrizes internas da empresa é realizado um comunicado formal da diretoria para todos os colaboradores e acrescentado uma revisão do arquivo correspondente a política/diretriz alterada na intranet da empresa.

Com essas mudanças a fábrica apresentou uma melhor comunicação entre as áreas, um aumento no fluxo de produção e uma melhor comunicação do setor produtivo com o setor administrativo.

Os benefícios observados com a implantação do *Lean Six Sigma* foram:

- Redução de desperdícios

Com a nova metodologia foi observado a redução dos estoques, redução no lead time interno entre as atividades da fábrica e a otimização de processos.

- Aumento de lucratividade da empresa

Com a adoção das novas práticas foi observado um aumento na quantidade de horas produtivas e uma redução das despesas o acarretou o aumento da lucratividade.

- Maior engajamento dos colaboradores

Uma maior comunicação entre os setores, um dos motivos são os treinamentos e palestras realizados na grande maioria com turmas mistas que vão desde colaboradores do chão de fábrica até os gestores.

- Uma maior previsibilidade da fábrica.

O monitoramento mensal dos diversos indicadores já mencionados contribuiu para identificar desperdícios, reduzindo assim a variabilidade de diversos processos internos na fábrica.

A filosofia *Lean Six Sigma* foi beneficiada pela redução de resíduos alcançada com as ações de sustentabilidade ambiental. Com relação a isso, a empresa apresenta diretrizes e procedimentos internos voltados exclusivamente para meio ambiente. Estes ficam disponíveis na intranet da empresa para fácil acesso e consulta.

São realizadas reuniões semanais e treinamentos de capacitação para todos os colaboradores. Por se tratar do segmento aeroespacial, é necessário um alto padrão de qualidade e sustentabilidade. Complementarmente, o *Lean Six Sigma* contribuiu para que a empresa obtivesse a certificação do seu sistema de gestão ambiental segundo os requisitos da ISO 14001.

Assim, a empresa se compromete com a prevenção da poluição e com melhorias contínuas como parte do ciclo normal de gestão empresarial. O sistema de gestão ambiental é

gerido com base no ciclo *PDCA Plan-Do-Check-Act* - planejar, fazer, checar e agir. As ações são monitoradas por um especialista em legislação ambiental contratado, para impedir a falha na atualização e controle do atendimento dos requisitos legais.

A fábrica conta ainda com uma estação própria para o tratamento de efluentes e dos resíduos químicos gerados. Nela ocorre o controle e monitoramento mensal dos resíduos e efluentes por meio de indicadores da área de Qualidade. São realizadas auditorias anuais para averiguar se os resíduos estão sendo devidamente tratados.

5 CONCLUSÃO

Como contribuição científica deste trabalho apresentou-se a sistematização de boas práticas e dificuldades de utilização da metodologia Lean e Six Sigma em uma empresa do setor aeroespacial. O objetivo proposto foi alcançado tendo sido realizada a verificação das boas práticas e dificuldades identificadas na literatura em um ambiente industrial real. Essa verificação in loco contribuiu com a consolidação do Lean Six Sigma, possibilitando que pesquisas futuras avancem com base em resultados mais próximos da realidade.

Dentre as boas práticas identificadas na implantação da metodologia, verifica-se que focando principalmente na criação e execução de Kaizens contribui-se para uma rápida detecção e conseqüentemente a redução de desperdícios, de estoque e redução no lead time interno entre as atividades.

Foi verificado que apesar da maioria dos estudos indicarem como recomendação para o sistema Lean uma maior autonomia de trabalho, para o segmento aeroespacial observou-se o maior controle e supervisão do trabalho, bem como uma grande padronização das operações, isso em parte se justifica devido ao alto padrão de qualidade e normas exigido.

Constatou-se que o monitoramento mensal de indicadores e ampla divulgação para todos os setores contribui para uma identificação mais rápida de desperdícios, bem como a reduzir a variabilidade de processos internos.

Como dificuldade nota-se, a necessidade uma área exclusivamente para controle a supervisão, um alto investimento inicial para a implantação da metodologia e resistência para a readequação estrutural e cultural.

Assim como já observado na literatura é recomendável que os treinamentos ocorram com equipes mistas de colaboradores do chão de fábrica até os gestores, para aumentar a disseminação e aceitação da metodologia.

Com a implantação do Lean Six Sigma é possível reduzir significativamente os custos, obter ganhos de eficiência em processos relacionados à qualidade, meio ambiente e segurança, sendo o resultado não apenas financeiro, mas também em indicadores importantes, beneficiando as operações da empresa que utiliza a metodologia com foco em Kaizen.

REFERÊNCIAS

- ARLBJØRN, J. S.; JONSSON, P.; JOHANSEN, J. Nordic research in logistics and supply chain management: An empirical analysis. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Kolding, v. 38, n. 6, p. 452-474, 2008.
- BILQEES G.; KHALID R. M. Role of Human Resource Management (HRM) Practices in the Lean Quality Strategy (LQS) Implementation: A Case Study of Bank. **International Journal of Management Sciences and Business Research**, Karachi, v. 7, n. 10, ISSN 2226-8235, 2018.
- CHONG, M. Y.; CHIN, J. F.; LOH, W.P. Lean incipience spiral model for small and medium enterprises. **International Journal of Industrial Engineering**, Nibong Tebal, v. 20, n. 7, p. 487-501, 2013.
- CHUGANI, N. *et al.* Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, Bristol, v. 8, n. 1, p.7-32, 2016.
- FLETCHER, J. Opportunities for Lean Six Sigma in public sector municipalities. **International Journal of Lean Six Sigma**, Iowa, v. 9, n. 2, p. 256-267, 2018.
- HENDERSON, K. M.; EVANS, J. R. Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. **Benchmarking: an international journal**, Ohio, v. 7, n. 4, p. 260-282, 2000.
- HESS, J. D.; BENJAMIN, B. A. Applying Lean Six Sigma within the university: opportunities for process improvement and cultural change. **International Journal of Lean Six Sigma**, Oklahoma, v. 6, n. 3, p. 249-262, 2015.
- HILTON, R. J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Sydney, v. 29, n. 1, p. 54-70, 2012.
- IYEDE, R.; FALLON, E. F.; DONNELLAN, P. An exploration of the extent of Lean Six Sigma implementation in the West of Ireland. **International Journal of Lean Six Sigma**, Galway, v. 9, n. 3, p. 444-462, 2018.
- JADHAY, J. R.; MANTHA S. S.; RANE, S.B. Barriers for successful implementation of JIT: a manufacturer perspective. **International Journal of Procurement Management Inderscience Enterprises Ltd**, Geneva, v. 7 n. 3, p 316-342, 2014.
- MANIMAY, G. Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Nagpur, v. 24 n. 1, p. 113-122, 2012.
- MANVILLE, G. *et al.* Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Southampton, v. 29, n. 1, p. 7-20, 2012.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. A framework for lean manufacturing implementation. **Production & Manufacturing Research**: an open access journal, London, v. 1, n. 1, p. 44-64, 2013.

PRICE, O. M.; PEPPER, M.; STEWART, M. Lean Six Sigma and the Australian business excellence framework: An exploratory case within local government. **International Journal of Lean Six Sigma**, Melbourne, v. 9, n. 2, p. 185-198, 2018.

ROSA, C. A.; MIGUEL, P. A. C. **Adoção do programa Seis Sigma em um fornecedor automotivo**. 2012. 22 f. TCC (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2012.

RYMASZEWSKA, A. D. The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs. **Benchmarking**: an international journal, Vaasa, v. 21, n. 6, p. 987-1002, 2014.

APÊNDICE A – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

1. DA PESQUISA

1.1 TÍTULO DA PESQUISA

IDENTIFICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS E DIFICULDADES DE UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA* EM UMA EMPRESA DO SETOR AEROESPACIAL.

1.2 PESQUISADOR

NOME: Rodolfo V. Prieto E-MAIL: rvprieto@hotmail.com
(12) 9 9709-1022

TELEFONE:

1.3 ORIENTADOR

NOME: XXXXX E-MAIL: XXXXXX

1.4 ORGANIZAÇÃO RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

INSTITUIÇÃO: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP /
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - FEG

ENDEREÇO: Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333- Pedregulho- CEP: 12516410 -
Guaratinguetá, SP

DEPARTAMENTO: Engenharia de Produção

TELEFONE SECRETARIA: (12) 31232855

TIPO DE PESQUISA: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)

1.5 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

- Identificação de boas práticas da metodologia *Lean Six Sigma*.
- *Lean Six Sigma* aplicado ao setor aeroespacial.

2.1 DA EMPRESA

RAZÃO SOCIAL:

NOME FANTASIA

LOCALIZAÇÃO: Guaratinguetá, SP

NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS: Aproximadamente 300

PRINCIPAIS CLIENTES: Empresas coligadas

PRINCIPAIS CONCORRENTES: Empresas coligadas

CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO PORTE: Multinacional

2.2 DO ENTREVISTADO

2.2.1 PESSOAS:

NOME:

TELEFONE:

EMAIL:

FORMAÇÃO:

2.2.2 PROFISSIONAIS:

CARGO:

DATA DE ADMISSÃO:

TEMPO DE EXPERIÊNCIA ANTERIOR NA ÁREA:

GRUPO QUE O ENTREVISTADO FAZ PARTE

PRESIDÊNCIA [], GESTÃO [], ESPECIALISTA DO SETOR []

2.2.3 DA ENTREVISTA

DATA:

HORÁRIO DO INÍCIO:

HORÁRIO DO TERMINO:

LOCAL:

TIPO DE ENTREVISTA: PRESENCIAL

FORMA DE REGISTRO DOS DADOS: ANOTAÇÃO E GRAVAÇÃO DE ÁUDIO

A IDENTIDADE DEVE SER MANTIDA EM SIGILO? SIM [] ou NÃO []

NÚMERO DAS QUESTÕES POR ELE RESPONDIDAS.

LEGENDA DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

E-Entrevista, **AD**-Análise Documental, **OD**-Observação Direta

Características relacionadas ao uso da metodologia *lean six sigma*.

Evitar resíduos, efluentes e emissões na origem	E	AD	OD
Quais as políticas e procedimentos voltados para sustentabilidade e meio ambiente?	✓	✓	✓
O que é feito para evitar resíduos, efluentes e emissões na empresa?	✓		✓
Como é monitorado e quantificado o volume de resíduos, efluentes e emissões?	✓		✓
Que instrumentos tem influenciado ou podem influenciar a adoção de práticas limpas?	✓	✓	✓
Ferramentas <i>Lean</i>	E	AD	OD
Dentre as ferramentas da folha em anexo, quais você tem conhecimento que são utilizadas na fábrica? Como são utilizadas?	✓		
Dentre as ferramentas da folha em anexo, quais são as mais utilizadas?	✓		
Dentre as ferramentas da folha em anexo, quais são as menos utilizadas?	✓		
Implementação <i>Lean Six Sigma</i>	E	AD	OD
Como foram implantadas as ideias e cultura <i>Lean Six Sigma</i> na empresa?	✓	✓	✓
Como funcionam as práticas <i>Lean</i> e <i>Six Sigma</i> na empresa?	✓	✓	✓
Com que frequência ocorre inovações na empresa?	✓	✓	✓
Como as inovações são incorporadas nos processos?	✓	✓	✓
Quais as principais mudanças que se pode notar desde que foi começou a implantação da metodologia <i>Lean Six Sigma</i> na empresa?	✓	✓	✓
Como essas mudanças afetaram a empresa?	✓	✓	✓
Quais foram os benefícios obtidos com a sua implementação?	✓	✓	✓
Quais foram as dificuldades enfrentadas na sua implementação?			

Ferramenta	Conhecimento/Utilização				
	0	1	2	3	4
Poka-yoke					
TP (Trabalho padrão)					
JIT (<i>Just-in-time</i>)					
Mapeamento do fluxo de valor					
Gestão Visual					
Padronização de Operações					
Fluxo contínuo					
Produção Puxada					
5S					
Kaizen					
Metodologia de solução de problemas					
Nivelamento da produção					
<i>Gemba Walk</i>					
Equipes multifuncionais					
Redesenho da estrutura física					
Kanban					
Redução de setup (SMED)					
Andon					
Educação/ Treinamento					
Manutenção Produtiva Total					
Automação (Jidoka)					
Autonomia da força de trabalho					
Lotes reduzidos					

Legenda

0 – Nenhum conhecimento/utilização

4 – Bastante conhecida/utilizada