

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

COEME

ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO PAULO ARAÚJO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE UM MODELO TEÓRICO ASSOCIANDO AS
METODOLOGIAS: TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN
MANUFACTURING E SEIS SIGMA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2019

JOÃO PAULO ARAÚJO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE UM MODELO TEÓRICO ASSOCIANDO AS
METODOLOGIAS: TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN
MANUFACTURING E SEIS SIGMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Mecânica da COEME da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Luís Fernando Paulista Cotian

GUARAPUAVA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

**PROPOSTA DE UM MODELO TEÓRICO ASSOCIANDO AS METODOLOGIAS:
TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN MANUFACTURING E SEIS SIGMA**

JOÃO PAULO ARAÚJO DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em Guarapuava, Paraná na data 11 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

LUÍS FERNANDO PAULISTA COTIAN
Prof. Orientador

ÁLAMO ALEXANDRE DA SILVA BATISTA
Membro Da Banca

RICARDO VINÍCIUS BUBNA BISCAIA
Membro Da Banca

ALDO PRZYBYSZ
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus. Agradeço ao meu orientador Luís Fernando Paulista Cotian por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa. Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. Também agradeço a todos os meus colegas de curso, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua durante estes anos.

RESUMO

DE OLIVEIRA, João Paulo Araújo. **Proposta de um modelo teórico associando as metodologias: Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma.** 2019. 59 Páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

No setor empresarial as empresas estão em uma corrida para se reduzir custos, para alcançar tal objetivo optam por abordagem de melhoria contínua, entretanto, tais abordagem estão atingindo seu limite de desempenho. Diante a esse fato neste trabalho será feito uma análise entre as principais metodologias de melhoria contínua que são: Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e a Seis Sigma, para que se possa compreender melhor cada metodologia e assim propor um modelo associando as três metodologias. No decorrer do desenvolvimento da proposta a metodologia *Lean* acabou focalizando o modelo para a manufatura, a Teoria das Restrições priorizou a aplicação em empresas de pequeno e médio porte e o Seis Sigma enfatizou o uso de ferramentas estatísticas.

Palavras-chave: Melhoria contínua. Teoria das restrições. *Lean Manufacturing*. Seis Sigma.

ABSTRACT

DE OLIVEIRA, João Paulo Araújo. **Proposed theoretical model that associates as methods: Theory of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma.** 2019. 59 Pages. Undergraduate Final Project (Bachelor of Mechanical Engineering) - Technological University Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

In the business sector companies are in a race to reduce costs, to achieve the goal they opt for continuous improvement approach, however, such approach are reaching their performance limit. Given this fact in this work will be made an analysis between the main continuous improvement methodologies that are: Theory of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma, so that you can better understand each methodology and thus propose a model that combines the three methodologies. In the course of the proposal development, the Lean methodology focused on the model for manufacturing, the Theory of Constraints prioritized application to small and medium-sized enterprises and Six Sigma emphasized the use of statistical tools.

Keywords: Continuous Improvement. Theory of Constraints. Lean Manufacturing. Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de melhoria contínua da TOC	17
Figura 2 - Cartão <i>Kanban</i>	21
Figura 3 – Histograma Fonte: Werkema (2012).	28
Figura 4 - Etapas aplicações 5W2H.....	30
Figura 5 - Fluxograma Etapa 1	37
Figura 6 – Modelo genérico MFV	39
Figura 7 – Fluxograma Etapa 2	40
Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito	41
Figura 9 – Diagrama de Pareto	Erro! Indicador não definido.
Figura 10 – Fluxograma Etapa 4	44
Figura 11 – Modelo 5W2H.....	47
Figura 12 – Fluxograma Etapa 5.....	49
Figura 13 – Relação efeitos secundários	50
Figura 14 - Principais Pontos das Metodologias	51
Figura 15 – Estrutura Comparativa da Proposta	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Verificações sobre as metodologias	13
Quadro 2 – Sete desperdícios do <i>Lean</i>	19
Quadro 3 - Relações entre as ferramentas com os sete desperdícios.....	19
Quadro 4 – Etapas PDCA	22
Quadro 5 – Definições 5s	22
Quadro 6 – Ferramentas DMAIC.....	27
Quadro 7 – Vantagens e desvantagens combinação TOC e Seis Sigma	32
Quadro 8 - Comparação das Metodologias TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma	33
Quadro 9 - Forças, Fraquezas e Contramedidas do TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	35
Quadro 10 - Simbologia MFV	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critério de Pontuação Matriz GUT	30
Tabela 2 – Matriz GUT	42
Tabela 3 – Folha de verificação Pareto.....	42

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto.....	43
-------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

TPC	Tambor-Pulmão-Corda
TQM	Gestão da Qualidade Total (<i>Total Quality Management</i>)
TQC	Controle da Qualidade Total (<i>Total Quality Control</i>)
TPM	Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance</i>)
STP	Sistema <i>Toyota</i> de Produção
PDCA	Planejar, Desenvolver, Verificar e Agir (<i>Plan - Do - Check – Act</i>)

LISTA DE ACRÔNIMOS

CEP	Controle Estatístico de Processo
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
JIT	<i>Just in Time</i>
TOC	Teoria das Restrições (<i>Theory of Constraints</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivo específico.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES	16
2.2 LEAN MANUFACTURING	18
2.2.1 Ferramentas da Metodologia <i>Lean</i>	19
2.2.1.1 Mapeamento do fluxo de valor	19
2.2.1.2 <i>Kanban</i>	20
2.2.1.3 PDCA	21
2.2.1.4 5s	22
2.2.1.5 Kaizen.....	23
2.2.1.6 Poka-Yoke	23
2.2.1.7 <i>Jidoka</i> (Autonomação)	24
2.2.1.8 <i>Just in Time</i>	24
2.3 SEIS SIGMA	26
2.3.1 Ferramentas Seis Sigma	27
2.3.1.1 Diagrama de Pareto	27
2.3.1.2 Histograma.....	28
2.3.1.3 Diagrama de causa e efeito	28
2.3.1.4 Matriz de Priorização GUT.....	29
2.3.1.5 5W2H.....	30
2.4 ANÁLISE TOC E <i>LEAN</i>	30
2.5 ANÁLISE TOC E SEIS SIGMA	31
2.6 ANÁLISE <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA	32
2.7 ANÁLISE TOC, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA.....	33
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 PRIMEIRA ETAPA – IDENTIFICAR A RESTRIÇÃO	36
3.1.1 Aplicando o Mapeamento do Fluxo de Valor	37
3.2 SEGUNDA ETAPA – ANALISAR.....	39
3.2.1 Aplicando o Diagrama de Causa e Efeito	40
3.2.2 Aplicando a Matriz de Priorização.....	41
3.2.3 Aplicando o Diagrama de Pareto	42
3.3 TERCEIRA ETAPA – PLANEJAR.....	43
3.3.1 Desperdícios do <i>Lean</i>	44
3.3.1.1 Estoque.....	44

3.3.1.2 Defeitos.....	45
3.3.1.3 Excesso de Produção	45
3.3.1.4 Movimentação.....	46
3.3.1.5 Processamento desnecessário	46
3.3.1.6 Transporte.....	46
3.3.1.7 Espera.....	47
3.3.1.8 5W2H.....	47
3.4 QUARTA ETAPA – IMPLANTAR	48
3.5 QUINTA ETAPA – AVALIAR.....	48
4 CONCLUSÕES	50
4.1 CONCLUSÕES SOBRE AS METODOLOGIAS.....	50
4.2 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO TEÓRICO PROPOSTO.....	51
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE A - Fluxograma Completo da Proposta.....	57

1 INTRODUÇÃO

Existem várias maneiras de tornar uma organização mais competitiva. No contexto econômico, as administrações procuram cada vez mais encontrar soluções que permitam minimizar os custos sem que cause problemas na produtividade. Tomando como uma solução a essa procura, optam pelo uso de metodologias de melhoria contínua (POMPERMAYER, 2002).

Alguns autores estudaram a combinação entre abordagens para oferecer modelos incorporados de melhoria contínua (JIN et. al., 2009; BENDELL. 2006; THOMPSON. 2005). Stamm et al. (2009) fazem as seguintes verificações sobre a metodologias:

O <i>Lean</i> possui um modelo de manufatura superior quanto a produção puxada comparado à empurrada;
É possível integrar o <i>Lean</i> e as filosofias de gerenciamento da qualidade em um único modelo;
Combinar a TOC com outras metodologias resulta em melhores resultados se comparado aos outros modelos.

Quadro 1 – Verificações sobre as metodologias
Fonte: Adaptado de Stamm et. al. (2009).

De acordo com Utiyama e Godinho (2013), a comparação entre as abordagens ou filosofias, Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma vem sendo realizada com a intenção de identificar qual abordagem é mais indicada para determinado tipo de situação. Essa comparação deu origem à premissa de que uma abordagem pode complementar outra, já que elas não são mutuamente exclusivas.

Nave (2009) comparou *Teoria das Restrições*, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma e identificou requisitos comuns entre as três metodologias, obstáculos que impedem a implantação e apontou que, o maior desafio das organizações passa por escolher os pontos fortes de cada abordagem.

Desta forma, o presente trabalho tem por finalidade responder o seguinte questionamento: Como associar as metodologias: Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, para se obter um melhor desempenho das empresas?

1.1 OBJETIVO

Neste tópico serão apresentados, o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um método associando as metodologias: Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar na literatura os pontos de convergências e divergência entre Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma;
- Analisar o comportamento de associação entre as metodologias pela literatura;
- Analisar ferramentas utilizadas nas metodologias;
- Desenvolver a proposta associando as metodologias e suas ferramentas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A competitividade das empresas e a procura por parte dos clientes de preços cada vez mais baixo fazem da redução de custos um objetivo permanente. Há algum tempo atrás as filosofias de gestão da produção e melhoria contínua eram aplicadas apenas por um curto período, depois de um tempo já passaram a ser implementadas integralmente (RAMOS, 2010).

Porém, há casos de fracasso na implantação de metodologias de melhoria contínua. Entretanto esses casos podem ser uteis para contribuir na identificação das principais causas que levam tal metodologia ao fracasso (PACHECO, 2012). Por exemplo, Pinto et. al. (2006) realizou uma pesquisa em 198 empresas brasileiras, e apontou que as causas mais comuns de casos malsucedidos na utilização do Seis

Sigma foram: a escassez de recursos financeiros para a correta implantação e o frágil apoio da direção da empresa.

Segundo Pacheco (2014) o uso de metodologias de melhoria contínua dentro de organizações está atingindo seu limite de desempenho, isso devido à grande concorrência dentro do mercado atual. Com isso, se faz necessário buscar fundamentos em outras metodologias, para que as estratégias de melhoria contínua atuais se tornem mais robustas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados: (i) conceitos sobre as metodologias Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma. (ii) estudo de algumas ferramentas utilizadas nas metodologias. (iii) Análise comparativa entre as metodologias.

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A Teoria das Restrições, conhecida como TOC (*Theory of Constraints*), foi desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu Goldratt na década de 80, baseada em programas de computação fundamentados na programação linear, podendo ser utilizada em qualquer tipo de ambiente, fabril, comercial ou de serviços. A TOC mostra que a meta de qualquer organização é o aumento do *throughput*. Nesta abordagem *throughput* pode ser definido como o ganho, valor agregado ou o índice que indica a geração de dinheiro através de vendas (COX e SCHLEIER, 2013).

Toda organização tem pelo menos uma restrição que limita a performance de todo o sistema, ou seja, o gargalo do sistema. Entende-se como gargalo todo recurso que possui uma capacidade menor que a sua demanda. Na TOC procura-se tratar como importante apenas os pontos do gargalo e não todos os pontos do sistema. Neste ponto pode-se fazer uma analogia aos elos de uma corrente, em que se não for trocado ou reforçado o elo mais fraco, a corrente sempre irá se romper neste ponto (GOLDRATT, 2015).

De acordo com Cox e Schleier (2013) às restrições podem estar localizadas no ambiente interno, como em um gargalo na linha de produção como também podem ser externas, como restrições de mercado, quando o consumidor final não se dispuser a consumir os bens ofertados. Outras restrições externas são geradas pelos fornecedores, quando fontes de matérias são interrompidas ou limitadas, também na parte de negociação dos suprimentos pois isso afeta diretamente o valor do produto final.

Para Goldratt e Cox (2002) é preciso ser capaz de responder a três perguntas básicas para poder lidar com as restrições: O que mudar? Para o que

mudar? Como fazer para mudar? Seguindo a teoria das restrições, são fundamentadas cinco etapas, detalhadas na sequência:

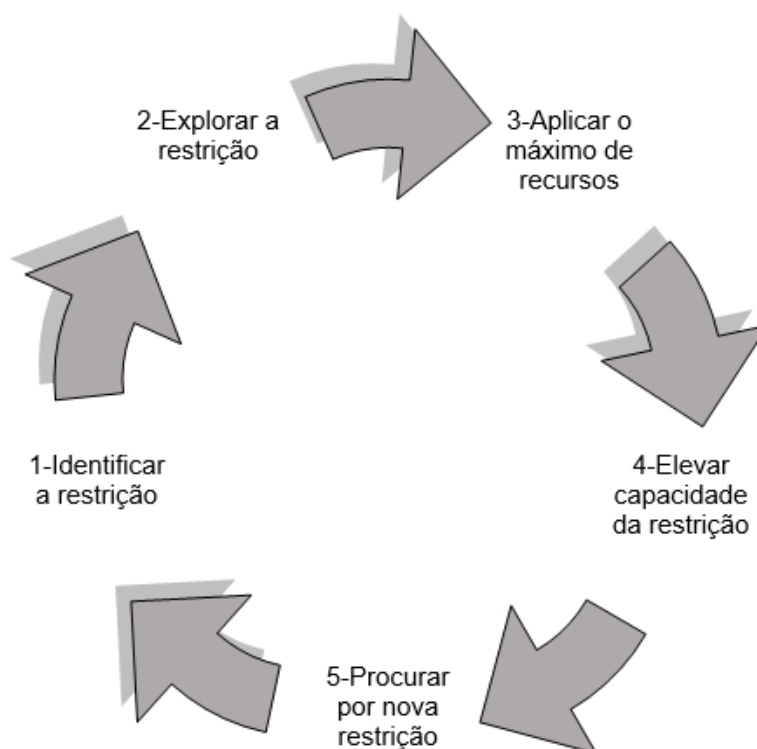


Figura 1 - Ciclo de melhoria contínua da TOC
Fonte: Adaptado de Goldratt (2015).

1. Identificar a restrição, buscar quais são os fatores limitadores ou restritivos.
2. Explorar ao máximo a restrição identificada, definir a melhor forma de explorar as restrições, com o objetivo de atingir o melhor resultado possível. Nessa etapa pode-se definir como o momento da construção do modelo ótimo de produção que irá maximizar o resultado.
3. Aplicar o máximo de recursos do seu sistema a restrição, consiste em sujeitar os demais processos à restrição e assim garantindo um ganho teórico máximo do sistema de produção.
4. Elevar a capacidade da restrição, é a etapa em que se soluciona a restrição, se for máquina deverá haver investimento em compra de outros equipamentos, se for mão de obra deverá haver admissão ou

terceirização. Segundo Queiroz (2008), a TOC irá solucionar um problema dado a restrição e não a restrição.

5. Procure por uma nova restrição e volte à etapa 1, sabe-se que sempre haverá alguma restrição no sistema, assim sempre que uma restrição for solucionada deverá retornar a etapa 1 e retomar o processo.

Em resumo o objetivo da Teoria das Restrições é identificar os objetivos da organização, os fatores que impedem esses objetivos de serem cumpridos e, então, aprimorar as operações eliminando ou reduzindo os gargalos (PLANTULLO,1994).

2.2 LEAN MANUFACTURING

Em 1950 executivo da Toyota Taiichi Ohno iniciou a criação e implantação de um sistema de produção cujo principal foco era a identificação e a posterior eliminação de desperdícios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. Por representar uma forma de produzir cada vez mais com cada vez menos, foi denominado produção enxuta (*Lean Manufacturing* ou *Lean Production*) por Womack e Jones (2004).

No *Lean Manufacturing*, existem sete grandes desperdícios identificados por Taiichi Ohno, esses são:

Estoque	É gerado por qualquer material parado à espera do próximo passo. Resultando em um custo financeiro de um capital parado e podendo retardar a detecção de defeitos, pois os defeitos têm tempo de se acumular antes de serem descobertos.
Excesso de Produção	Este desperdício remete-se a produzir em excesso, ou seja, obter mais saídas de materiais ou informações que o necessário. Com isso resultasse em mais estoques, mais defeitos, mais transportes e conseqüentemente outros problemas.
Transporte	É referente a movimentação de pessoas, ferramentas, estoque, equipamentos ou produtos além do necessário. Considerado um desperdício pois o transporte não agrega valor ao produto final.
Defeitos	Defeitos ocorrem quando o produto não está apto para uso. Isso normalmente resulta em retrabalho ou desmantelamento do produto e com isso adicionam custos às operações sem entregar nenhum valor ao cliente.
Processamento Desnecessário	Refere-se a fazer mais trabalho, adicionar mais componentes ou ter mais etapas do que as necessárias em um produto ou serviço. Como por exemplo, devido à baixa tecnologia empregada aos equipamentos.
Movimentação	Inclui qualquer movimento desnecessário de pessoas, equipamentos ou maquinário. O tempo gasto com esses movimentos poderia ser utilizado de forma a agregar valor ao produto ou serviço.

(Continua)

Espera	Este desperdício faz referência à inoperância de funcionários, máquinas fabris, equipamentos ociosos e demais recursos no processo. O tempo de espera geralmente é causado por desníveis nas estações de produção e pode resultar em excesso de estoque e superprodução.
---------------	--

Quadro 2 – Sete desperdícios do *Lean*
Fonte: Adaptado de Taiichi Ohno (1978).

2.2.1 Ferramentas da Metodologia *Lean*

Para que as perdas sejam eliminadas a metodologia *Lean* conta com uma gama de ferramentas que podem ser utilizadas para combater tais desperdícios.

Ferramentas aplicáveis na metodologia <i>Lean</i>	
Estoque	<i>Kanban, Just in time, MFV</i>
Excesso de Produção	<i>PDCA, MFV</i>
Transporte	<i>5s, MFV</i>
Defeitos	<i>CEP, Poka-Yoke, Kaizen, MFV</i>
Processamento desnecessário	<i>Kanban, Jidoka, MFV</i>
Movimentação	<i>5s, Kaizen, MFV</i>
Espera	<i>Kanban, Kaizen, PDCA, MFV</i>

Quadro 3 - Relações entre as ferramentas com os sete desperdícios
Fonte: Adaptado de Werkema (2011)

O Quadro 3 apresenta as principais ferramentas utilizadas na metodologia *Lean* para combater os respectivos desperdícios. Neste tópico será exposto algumas ferramentas utilizadas na metodologia *Lean*.

2.2.1.1 Mapeamento do fluxo de valor

Segundo Rother e Shook (2003) o mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream mapping – VSM*), é uma ferramenta capaz de representar visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de materiais e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor, auxiliando na compreensão da agregação de valor, desde o fornecedor até o consumidor. Os princípios do mapeamento do fluxo de valor são baseados na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados ao

longo do fluxo produtivo, o que torna a ferramenta ideal para o começo da implementação do *Lean Manufacturing*.

Salgado et. al. (2009) aplicou o MFV e em uma empresa de autopeças de pequeno porte. Os resultados obtidos foram satisfatórios uma vez que houve redução de 54,8% e 24,4% no *Lead-time* e na eficiência respectivamente e ainda identificação dos desperdícios de espera, defeitos, transportes e inventários.

2.2.1.2 *Kanban*

O *kanban* é um subsistema do sistema Toyota de produção (STP) usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes e de matérias-primas. Definido como um sistema de coordenação de ordens de produção e compra (SCO) por Fernandes e Godinho Filho (2007). O sistema trabalha como se a produção puxasse os estoques, de maneira que dependendo da velocidade da produção os estoques serão repostos com maior ou menor rapidez (PEINADO, JURANDIR; AGUIAR, 2007).

Peinado, Jurandir e Aguiar (2007), apresentam alguns conceitos:

- Cartão *kanban* – é o responsável pela comunicação de todo o sistema, nele deverá estar contido as informações mínimas para o bom funcionamento da linha de produção. Um exemplo de cartão *Kanban* pode ser visto na Figura 2.
- Contentores – é onde ficará armazenado os lotes, sendo que em cada contentor terá seu respectivo cartão *kanban*.
- Quadro *kanban* – onde os cartões serão retirados ou colocados, à medida que o material é utilizado ou repostos. Deve ser fixado em um local de fácil acesso e visualização.

Cartão Kanban de Produção	
Produto	
Código	
Quantidade	
Data	/ /
Observações	

Figura 2 - Cartão *Kanban*
Fonte: Adaptado de Peinado, Jurandir e Aguiar (2007).

Cada cartão *kanban* corresponde ou representa um contentor. Quando o contentor está cheio, o cartão *kanban* deve permanecer fixado junto ao contentor. Quando o setor cliente for retirar um contentor do estoque, a pessoa deve retirar o cartão do contentor que está levando para consumo e colocar o cartão no quadro *kanban*, de acordo com o seu respectivo local no quadro. O fornecedor, ao ver os cartões no quadro *kanban*, saberá quantos contentores foram retirados do estoque e isto funciona como uma autorização para produzir a peça (PEINADO, JURANDIR; AGUIAR, 2007).

2.2.1.3 PDCA

O Ciclo PDCA – ***Plan, Do, Check e Action***, também conhecido como Ciclo de Deming, é uma metodologia com a funcionalidade de diagnosticar problemas diversos em uma organização. Poucos são os métodos que possuem a mesma efetividade desse instrumento de melhoria contínua, tendo em vista que conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de direcionar a tomada de decisões e garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (WERKEMA, 2012). O detalhamento das etapas do ciclo PDCA pode ser visto na Quadro 4.

P	Planeja (<i>Plan</i>) – esta fase consiste em definir as ações necessárias, dimensionar os recursos e condições, identificar as dependências e as implicações, atribuir as responsabilidades e especificar o processo de medição do desempenho e dos resultados esperados.
D	Executar (<i>Do</i>) – execução de ações determinadas no plano, desde obtenção de recurso até a implantação do processo de medição e controle.
C	Controlar (<i>Check</i>) – assegurar que o processo tenha sido executado cuidadosamente referente ao seu planejamento.
A	Atuar (<i>Act</i>) – atuar no processo em função dos resultados obtidos.

Quadro 4 – Etapas PDCA
Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

Silva et. al. (2017) aplicou o ciclo PDCA em uma empresa de grande porte, no setor de carregamento dos navios. Neste contexto a ferramenta PDCA auxiliou a empresa a ter menos perdas, facilitou o processo de embarque e trouxe ganhos significativos as operações.

2.2.1.4 5s

O 5s surgiu no Japão em meados do século XX e consiste basicamente no empenho das pessoas em organizar o local de trabalho por meio de manutenção apenas do necessário, da limpeza, da padronização e da disciplina na realização do trabalho, com o mínimo de supervisão possível. Os 5S são derivados de palavras japonesas, iniciadas pela letra “s” e que exprimem princípios fundamentais da organização. (CAMPOS, Renato et al. 2005).

Segundo Werkema (2011), os 5S podem ser definidos da seguinte maneira,

Palavra japonesa	Tradução	Significado
<i>Seiri</i>	Senso de Utilização – Classificar	Separar o necessário do desnecessário.
<i>Seiton</i>	Senso de Organização – Ordenar	Organizar o necessário, definindo o lugar de cada item.
<i>Seiso</i>	Senso de Limpeza – Limpar	Limpa e identificar cada item.
<i>Seiketsu</i>	Senso de Padronização – Padronizar	Criar e seguir um padrão resultante dos três primeiros S.
<i>Shitsuke</i>	Senso de Autodisciplina – Manter	Estabelecer a disciplina para manter os quatros primeiros S.

Quadro 5 – Definições 5s
Fonte: Adaptado de Werkema (2011).

Para a implementação do 5S precisa-se da participação de todas as pessoas da empresa. A sua adoção pode resultar em aumento da produtividade, melhor atendimento aos prazos, redução de defeitos, redução de materiais perdidos, dentre outros benefícios.

2.2.1.5 Kaizen

Kaizen é um termo japonês que significa melhoria contínua e mudança incremental. Essa metodologia trata de envolver todas as pessoas na organização para que se concentrem melhorias globais dessa empresa. O *Kaizen* enfatiza o desenvolvimento de uma cultura voltada para o processo e direcionado para aprimorar a forma de como a empresa trabalha (ORTIZ, 2009).

De acordo com Werkema (2011) para a condução do *Kaizen* tem algumas diretrizes, essas são:

- A equipe deve trabalhar em regime de dedicação total durante o evento *Kaizen*, cuja duração é de três a cinco dias.
- O escopo do projeto deve ser definido anteriormente e de forma precisa, pois a equipe não dispõe de tempo para readequação dos objetivos e limites para o trabalho.
- Os dados básicos relacionados ao projeto devem ser previamente coletados.
- A implementação deve ser imediata, isto é a maior parte das ações definidas devem ser colocadas em prática durante a semana do evento *Kaizen*.

De acordo com Rother et al., (1999) o *Kaizen* é uma ótima aplicação para a seguintes situações, quando as fontes de desperdícios foram identificadas, o escopo do problema está claramente definido, seu risco de implementação é mínimo e necessita-se de resultados imediatos.

2.2.1.6 Poka-Yoke

O termo poka-yoke tem sua origem nas experiências da *Toyota Motors Company*, que visavam obter zero defeitos na produção e eliminar as inspeções de

qualidade. Inicialmente o objetivo era prevenir o erro humano no trabalho, visto como a principal causa dos defeitos (SHIMBUN, 1989).

Shingo (1988) propõe um conjunto de etapas para a elaboração dos *poka-yoke*. Na primeira, deve-se implantar um método de CEP para verificar onde os defeitos e problemas ocorrem frequentemente. Na sequência, inicia-se o desenvolvimento dos *poka-yoke* que visem a controlar as causas mais frequentes de defeitos. Esses projetos são concebidos pela equipe de trabalho designada para implantação de *poka-yoke*. A seguir, ocorre a implantação do *poka-yoke* e também a implantação de pontos de inspeção após o ponto de uso do *poka-yoke*, a fim de medir sua eficácia. Gradualmente, os pontos de inspeção são eliminados, até chegar-se a ocorrência de zero defeitos e a estabilidade do processo. Quando esse estado é obtido, o *poka-yoke* é estendido a processos similares.

2.2.1.7 *Jidoka*

A palavra japonês *ji-do-ka* consiste de três caracteres chineses. O primeiro, *ji*, se refere ao próprio trabalhador. Se ele sente que “algo não está bem”, ou que “está criando um defeito”, deve parar a linha. *Do* se refere ao movimento, ou trabalho, e *ka* ao sufixo “ação”. Juntando as partes, *jidoka* tem sido definido pela Toyota como “automação com uma mente humana” e se refere aos trabalhadores e às máquinas inteligentes identificando os erros e decidindo por contramedidas rápidas. Desta filosofia que foi baseado o Provérbio Toyota "Pare a produção para que a produção não tenha que parar" (DENNIS; KOSAKA; GARCIA, 2008).

O conceito de *jidoka* está mais vinculado com autonomia do que com automação. Concede ao operador ou a máquina a autonomia de bloquear o processo sempre que detectar qualquer anormalidade (GHINATO, 1996).

2.2.1.8 *Just in Time*

Just in Time (JIT) é uma metodologia que foi introduzida no Japão nos anos 70 pela *Toyota Motor Company*, que procurava um sistema que coordenasse a produção com a procura específica de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo atraso. O princípio básico desta filosofia é que não se deve fazer nada que

não adicione valor ao produto. Para que esse princípio seja atingido na sua plenitude, é necessário que a produção só seja iniciada após algum pedido consistente. Esta restrição obriga as empresas a aumentarem a flexibilidade de suas estruturas de produção para assim atender à demanda (HINO, 2009).

De acordo com Antunes Júnior (1989) o aumento de flexibilidade poderá ser obtido a partir de algumas ações, essas são:

- Divisão da fábrica em várias "minifábricas" sequenciais, o conjunto dessas minifábricas constituirá uma linha de montagem.
- Racionalização das linhas de montagem, pela padronização das atividades desenvolvidas pelas diversas minifábricas.
- Produção feita a partir de pequenos lotes de fabricação (na situação ideal, seriam lotes de produção unitários).

Essas são ações que proporcionam redução do tempo do ciclo de fabricação, assim viabilizando às diferentes oscilações do mercado. Para a implementação da filosofia JIT, tem-se alguns pré-requisitos indispensáveis, esses são:

- Redução dos tempos de preparação das máquinas (*set-up*)
- Implementação de um sistema de controle de qualidade total (TQC)
- Realizações de manutenções preventivas
- Definição do *layout* visando uma linearização do processo
- Desenvolver uma força de trabalho capaz de realizar múltiplas funções

A par desses pré-requisitos de ordem técnica, a implantação da filosofia JIT exigirá ainda uma segunda etapa:

- Desenvolvimento de métodos (ferramentas) de apoio visual.
- Automação dos processos de produção, para que as máquinas estejam projetadas a pararem automaticamente sempre que uma parte defeituosa for produzida.

Para se administrar eficientemente uma produção *just in time*, é fundamental que se conheça cada detalhe do processo produtivo de forma a interagir dinamicamente com o mesmo.

2.3 SEIS SIGMA

Segundo Pande *et al.* (2000), o Seis Sigma é um dos elementos do processo de Qualidade Total. O uso do Seis Sigma é uma maneira sistemática e quantitativa de medir os esforços de Qualidade Total e, efetivamente, comunicar o progresso para clientes, funcionários, fornecedores e acionistas, pois mede o desempenho em termos absolutos, e não relativos, comparando-se com a concorrência. Tem como objetivo principal, diminuir a variação a níveis próximos à zero.

De acordo com Werkema (2011) O Seis Sigma é baseado num método conhecido como DMAIC. Cada letra significa uma etapa de um projeto Seis Sigma. Dentro de cada etapa, existem ações que devem ser feitas para que cada etapa seja completa.

O método DMAIC é constituído por cinco etapas:

- **D** – *Define* (Definir): definir o escopo do projeto, deve-se conhecer claramente o problema a ser resolvido.
- **M** – *Measure* (Medir): Determinar a localização ou foco do problema. Uma vez definido o problema na primeira etapa do método, esta etapa objetiva medir o estado atual e traçar a meta de melhoria do projeto.
- **A** – *Analyze* (Analisar): Nesta fase são analisados os dados coletados na fase anterior, por meio dessa análise são determinadas as causas que influenciam no resultado do processo.
- **I** – *Improve* (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário, deve-se definir o plano de melhoria para sanar a causa do problema.
- **C** – *Control* (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo. São utilizadas carta de controle, para monitorar o desempenho do processo após a implementação das melhorias.

A seguir no Quadro 6 são apresentadas algumas ferramentas utilizadas em cada etapa do DMAIC.

	Tradução	Ferramentas
D	Definir	Mapa de raciocínio, Análise dos KPI's
M	Medir	Diagrama de Pareto, Histograma, Matriz GUT
A	Analisar	Fluxograma, FMEA, VSM, 5W2H
I	Melhorar	Diagrama de Causa e Efeito, VSM Futuro
C	Controlar	Gráfico de Controle, TPM

Quadro 6 – Ferramentas DMAIC
Fonte: Adaptado de Werkema (2013).

2.3.1 Ferramentas Seis Sigma

Neste tópico será exposto algumas ferramentas utilizadas no Seis Sigma, com base nas etapas do DMAIC.

2.3.1.1 Diagrama de Pareto

Com o diagrama de Pareto torna possível a visualização das causas de um problema, da maior para a menor frequência/gravidade, e assim estabelecer uma ordem ou priorização nas causas dos problemas (OLIVEIRA et. al, 2005). Consiste de um gráfico de barras mostrando fatores que contribuem para o problema em ordem decrescente (DENNIS; KOSAKA; GARCIA, 2008).

De acordo com Oliveira et. al (2005), sua aplicação se estende a:

- Identificar, detalhar e analisar problemas e suas respectivas causas.
- Estratificar, visualizar e priorizar as ações que focalizam os melhores resultados.
- Confirmar os resultados das ações de melhoria.
- Verificar a situação atual através de diagramas históricos analisando os efeitos das mudanças efetuadas no processo.
- Detalhar as causas maiores dos problemas e os itens responsáveis pelos maiores impactos objetivando a eliminação da causa.
- Definir as melhorias de um projeto através da detecção das principais fontes de custo, não conformidades, atividades que não agregam valor etc.

2.3.1.2 Histograma

Histograma é um gráfico de barras que dispõe as informações de modo que sejam possíveis a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados do fenômeno analisado e a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno do mesmo. A comparação de histogramas com os limites de especificação nos permite avaliar se um processo está centrado no valor nominal e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade desse processo (WERKEMA, 2012).

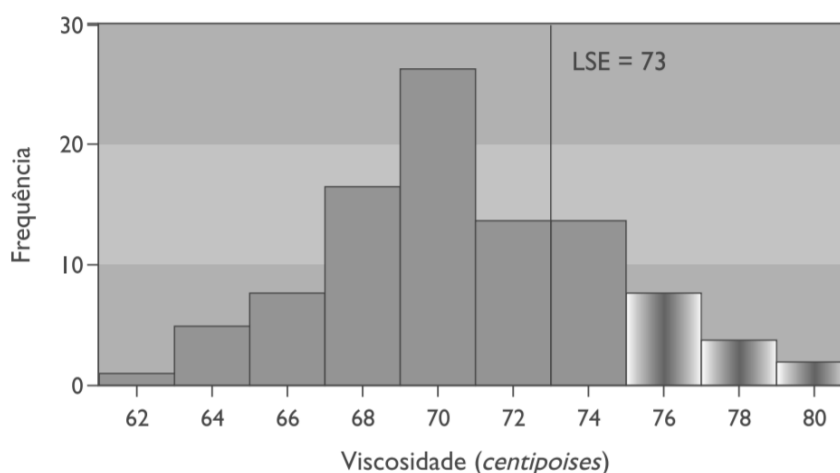


Figura 3 – Histograma
Fonte: Werkema (2012).

A Figura 3 apresenta um modelo de histograma definido por Werkema (2012), nele o problema envolvido está na fabricação de produto com viscosidade elevada. Nele foi definido que a viscosidade média é de 70 *centipoises*, e seu limite superior de especificação (LSE) é de 73 *centipoises*. Pelo Histograma é possível concluir que aproximadamente 30% dos produtos estão acima do limite superior estabelecido.

2.3.1.3 Diagrama de causa e efeito

De acordo com Werkema (2012) o Diagrama de Causa e Efeito é utilizado para apresentar a relação entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores

(causas) que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. O diagrama é composto por seis categorias fundamentais, sendo essas:

- Método – relacionando como a forma de desenvolver o trabalho influencia o problema.
- Máquina – a influência dos equipamentos utilizados no processo.
- Medida – como os processos de medição influenciam no problema.
- Meio ambiente – influência do meio em que a atividade está sendo desenvolvida.
- Material – como a qualidade e o tipo dos materiais utilizados influenciam o problema.
- Mão de obra – influência das pessoas envolvidas na atividade.

Coelho et. al. (2016) aplicou em uma empresa de pintura as seguintes ferramentas, Diagrama de causa e efeito e Diagrama de Pareto, com o intuito de buscar soluções aos problemas da empresa. Após a aplicação das soluções, os resultados obtidos foram satisfatórios, já que o índice de produtos não-conformes caiu de 12% para 4% após se passar seis meses da implantação das ferramentas.

2.3.1.4 Matriz de Priorização GUT

Segundo Meireles (2001), a Matriz GUT tem como objetivo estabelecer ordem de prioridade para tratar de um determinado problema, levando em consideração: gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) dos respectivos problemas a serem analisados. Essas considerações podem ser definidas como,

- Gravidade – é a intensidade dos danos que o problema pode causar, caso não seja solucionado.
- Urgência – pode ser definida como o prazo, tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema.
- Tendência – representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade de o problema se tornar maior com o passar do tempo.

Com base em Meireles (2001), as considerações são numeradas de 1 a 5 e sua escala pode ser definida da seguinte maneira.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	dano gravíssimo	imediatamente (está ocorrendo)	Piora muito

(Continua)

4	grande dano	curto prazo (uma semana)	aumenta
3	dano regular	prazo médio (uma quinzena)	permanece
2	dano leve	longo prazo (um mês)	reduz-se ligeiramente
1	dano mínimo	longuíssimo prazo (mais de dois meses)	desaparece

Tabela 1 - Critério de Pontuação Matriz GUT
Fonte: Adaptado de Meireles (2001).

Como pôde ser observado na Tabela 1, quanto maior a nota indicada, maior será a prioridade para se resolver o problema em questão.

2.3.1.5 5W2H

Segundo Meira (2003), a ferramenta 5W2H consiste num plano de ação para atividades pré-estabelecidas que precisam ser desenvolvidas com a maior clareza possível, além de funcionar como um mapeamento das atividades.

Método dos 5W2H			
5W	What	O Que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por Qué?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executa a ação?

Figura 4 - Etapas aplicações 5W2H
Fonte: Meira (2003).

A Figura 4 mostra as etapas para a estruturação do método, o autor ressalta que o objetivo central da ferramenta é responder a essas sete questões e organizá-las. Outro adendo é que as questões estão interligadas e que ao final do preenchimento, resultará em um plano de ação detalhado e de fácil compreensão.

2.4 ANÁLISE TOC E LEAN

Algumas iniciativas *Lean* com o objetivo de eliminar os desperdícios em toda a cadeia de valor não obtiveram os resultados esperados. Uma das causas do problema é que em muitas empresas simplesmente têm muitos projetos em ação e não conseguem distinguir quais os projetos que são vitais dos que não são (SRINIVASAN, 2004).

Dettmer (1998) afirma que existe uma sobreposição entre a mentalidade enxuta e a da TOC, sendo que a TOC apresenta uma metodologia que pode melhor conduzir o foco do *Lean* e assim impedir de cair em armadilhas de focar onde não é necessário.

Segundo Ramos (2010), O objetivo do Lean é a eliminação dos desperdícios enquanto da TOC é maximizar a produção. Ambas as metodologias se focam em melhorar o fluxo de material no meio produtivo. E têm ambas os mesmos objetivos que são o aumento dos lucros/redução de custos, tempos de processamento e inventários reduzidos.

Tanto o Lean como a TOC buscam melhorar o fluxo dos processos e reduzir o período de tempo entre a chegada de um pedido e a entrega do pedido ao cliente. Apesar das semelhanças na redução do tamanho dos lotes e do inventário, o Lean possui uma visão radical considerando desperdício qualquer inventário, enquanto a TOC mantém um estoque mínimo em frente ao gargalo (COX III, 2013).

Dettmer (1998) apresenta os seguintes pontos de divergência entre as metodologias: como elas tratam a variabilidade, incerteza e os custos. Na TOC a redução de custos é limitada, mas não a geração de ganhos, enquanto o *Lean* visa a redução de custos fixos e variáveis. O *Lean* visa reduzir as variabilidades sendo que a TOC aceita a variabilidade e instabilidade nas operações.

2.5 ANÁLISE TOC E SEIS SIGMA

Em uma análise feita por Husby (2007) entre a integração TOC e Seis Sigma ele diz que uma boa escolha é complementar o Seis Sigma com passos de focalização da TOC. Pacheco (2012) afirma que como o Seis Sigma é voltado para a redução de defeitos no processo e para as melhorias operacionais, ele acaba não envolvendo integralmente os operadores e assim não possui uma visão ampla para que possa entender como os projetos irão afetar o sistema.

Mesmo as metodologias terem focos diferentes, enquanto o Seis Sigma foca no cliente a TOC foca na empresa, as duas são usadas por diversas indústrias, pois enquanto o Seis Sigma demanda soluções em profundidade, a TOC revela os gargalos e os elava. (JIN ET AL., 2009).

Jin et. al. (2009), fez um estudo sobre uma possível integração entre as metodologias TOC e Seis Sigma. Chegando a algumas conclusões sobre as vantagens e desvantagens na combinação das metodologias, essas podem ser vista no Quadro 7.

Vantagens	Desvantagens
A restrição é o primeiro ponto a ser analisado.	Nem sempre reduzir a variação irá elevar a capacidade da restrição.
A restrição é analisada, medida e controlado por um conjunto de ferramentas estatísticas.	Incerteza entre aplicação dos conceitos TOC e depois Seis Sigma ou ao contrário.

Quadro 7 – Vantagens e desvantagens combinação TOC e Seis Sigma
Fonte: Adaptado de Jin et. al. (2009)

A integração das duas metodologias resulta em uma estrutura em que, a restrição é o primeiro ponto a ser analisado e conseqüentemente medida e controlada por um conjunto de ferramentas estatísticas. Resultando em um aumento dos ganhos da organização e aumentando a compreensão dos problemas e das decisões (JIN ET AL., 2009).

2.6 ANÁLISE *LEAN* E SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma foca em reduzir a variação, o que pode resultar em não cumprir as exigências do cliente e sim apenas em reduzir gastos. Por isso é recomendado adotar os pensamentos do *Lean* simultaneamente. Uma vez que o uso isolado das abordagens pode não ser eficaz, já que será criado duas subculturas competindo pelos mesmos recursos dentro da empresa (HARRISON, 2006).

Empresas *Lean* devem aderir o uso de ferramentas estatísticas para tomar decisões e ter uma abordagem mais científica para a qualidade. Já empresas que aderiram o Seis Sigma, precisam de uma visão mais ampla dos sistemas, considerando os impactos dos desperdícios no sistema como um todo (ARNHEITER e MALEYEFF 2005).

Bendell (2006) afirma que a junção das duas metodologias tem grande potencial, e que o equilíbrio está na criação de valor sob o ponto de vista do cliente, assim focando no mercado e ao mesmo tempo reduzindo as variações. Sharma

(2003) afirma que o Seis Sigma deve ser utilizado para impulsionar a implementação do *Lean*. Enquanto Spector (2006) diz que ao aderir ambas metodologias pode se resultar em muitos projetos e os mesmos com resultados insuficientes.

2.7 ANÁLISE TOC, *LEAN* E SEIS SIGMA

De acordo com Nave (2009), após o estudo das metodologias TOC, *Lean* e Seis Sigma é possível fazer uma análise comparativa resumida entre elas.

Programa	Seis Sigma	<i>Lean</i>	Teoria das Restrições
Atividade	Redução da Variação e dos Defeitos	Eliminação dos Desperdícios	Gestão das Restrições
Método	1-Definir 2-Medir 3-Analisar 4-Melhorar 5-Controlar	1-Identificar o Valor 2-Identificar a Cadeia de Valor 3-Fazer o Valor Fluir 4-Puxar a procura do cliente 5-Perseguir a perfeição	1-Identificar a restrição 2-Explorar a restrição 3-Subordinar o sistema à restrição 4-Elevar a restrição 5-Repetir o passo 1
Foco	No problema	No fluxo	Na restrição

Quadro 8 - Comparação das Metodologias TOC, *Lean* e Seis Sigma
Fonte: Adaptado de Nave (2009).

Thompson (2005), apresentou um conjunto de forças, fraquezas e contramedidas para suprir tais fraquezas entre as metodologias, esses conforme o Quadro 9.

Prática	Elementos Fundamentais	Forças	Fraquezas	Contramedidas
<i>Lean</i>	A causa da baixa performance é o excesso de perdas. <i>Lean</i> é uma estratégia baseada no tempo e usa uma estreita definição de perda (atividades que não agregam valor sob a perspectiva do cliente). A vantagem competitiva vem pela garantia de que toda atividade é focada na	1.Provem uma abordagem estratégica para integrar melhorias através do fluxo de valor e no foco sobre a maximização da adição de valor. 2.Promove diretamente e um radical avanço em inovação. 3.Ênfase na resposta rápida para oportunidades óbvias. 4.Direciona a cultura do	1. Pode promover risco sem considerar um razoável equilíbrio de consequências globais. 2.Pode não prover evidência suficiente dos benefícios do negócio para o gerenciamento contábil tradicional.	1. Força 3 do Seis Sigma. 2.Força 2 do Seis Sigma

(Continua)

	rápida transformação de materiais em produto acabado.	local de trabalho e a resistência a mudança através do envolvimento de times em todos níveis da organização.	3.É limitada quando lida com interações complexas e recorrentes problemas.	3. Força 1 do Seis Sigma e força 3 da TOC
Seis Sigma	<p>A causa da baixa performance é a variação no processo e qualidade do produto. Variação aleatória resulta em operações ineficientes, causando insatisfação dos clientes devido a produtos e serviços instáveis.</p> <p>O aumento da vantagem competitiva vem de previsíveis processos, permitindo elevar rendimentos, previsões e performance confiável do produto ou serviço.</p>	<p>1.Rigor e disciplina da abordagem estatística resolve problemas complexos que não podem ser resolvidos pela simples intuição ou tentativa e erro.</p> <p>2.As coletas de dados provem para a gestão forte subsídio suporte para tomada de decisão.</p> <p>3.O foco na redução da variação reduz os riscos e melhora a previsibilidade.</p>	<p>1.Métodos estatísticos não são bem ajustados para análise de problemas de sistemas integrados. Pode-se calcular o nível sigma para uma especificação de produto, mas não para interações de processos e falhas.</p> <p>2.A pesada confiança sobre métodos estatísticos por sua própria natureza é reativa, já que requer uma repetição do processo para desenvolver tendências e níveis de confiança.</p> <p>3.O forte foco em processos estáveis pode levar a total aversão ao risco e pode penalizar inovadoras práticas que por natureza serão instáveis e variáveis.</p>	<p>1. Força 1 do Lean e força 2 da TOC.</p> <p>2. Força 2 e 3 do <i>Lean</i></p> <p>3. Força 2 do <i>Lean</i></p>
Teoria das Restrições	A causa da baixa performance é a técnica de gerenciamento da falha. Sistemas lógicos são usados para identificar restrições e focar recursos na restrição. A restrição se torna o fundamento gerencial.	<p>1.Fornece um processo simplificado e administração de recursos através do estreito foco na restrição para gerenciar processos, assim como esforços de melhorias.</p> <p>2.Vê através de todos os processos dentro de um contexto de sistema, para garantir que recursos limitados não são usados para melhorar não restrições.</p> <p>3.Diferencia restrições políticas de físicas.</p>	<p>1. A ênfase na restrição pode levar a aceitar ou tolerar excesso de perdas em processos não restritivos.</p> <p>2. Se o processo básico é fundamentalmente inadequado, não importa o quão bem gerenciado, pode não alcançar as metas e objetivos.</p> <p>3. Não encaminha diretamente a necessidade da mudança cultural. A mudança de processos da TOC é muito tecnicamente orientada e reconhece</p>	<p>1. Força 1 do <i>Lean</i> e 2 do Seis Sigma.</p> <p>2. Força 2 do <i>Lean</i></p> <p>3. Força 2 do <i>Lean</i></p>

			completamente a necessidade de outros métodos de melhoria.	
--	--	--	--	--

Quadro 9 - Forças, Fraquezas e Contramedidas do TOC, *Lean* e Seis Sigma
Fonte: adaptado de Thompson (2005) e Pacheco (2012).

Pode-se dizer que enquanto o Lean visa eliminar as perdas produtivas e Seis Sigma visa reduzir a variabilidade dos processos, a TOC é voltada para a geração de lucro a partir da exploração das restrições do sistema. Nesse ponto de análise as três abordagens poderiam ser inseridas no escopo de integração de forma complementar da seguinte maneira: em primeiro lugar, a visão da TOC irá definir a restrição que impede a empresa de gerar ganho; após definida a restrição, deve-se analisar quais ferramentas do Lean e Seis Sigma serão usadas para explorar e elevar a capacidade da restrição. E por fim, pode-se focar o Seis Sigma para estabilizar no longo prazo a restrição (PACHECO, 2012).

3 METODOLOGIA

Como este trabalho é uma abordagem teórica, que propõe um modelo genérico, em alguns casos pode-se apresentar mais de um caminho a ser seguido, isso devido as diversidades no setor empresarial.

Após a análise comparativa entre as metodologias, foi possível notar que as mesmas podem ser divididas em cinco etapas, o que deixou fundamentado que a proposta de integração também deveria ser dividida em cinco etapas.

Nos seguintes tópicos serão expostas as etapas que constituem a proposta de integração entre as metodologias deste trabalho.

3.1 PRIMEIRA ETAPA – IDENTIFICAR A RESTRIÇÃO

As principais causas de falhas nas metodologias de melhoria contínua, se dão por causa da falta de foco no verdadeiro problema. Então essa etapa será fundamentada na TOC, pois ela centraliza todos os esforços na restrição do sistema, já que uma das possíveis falhas das metodologias *Lean* e Seis Sigma está na grande quantidade de projetos de melhorias sendo elaborados e muitos são descartados (SRINIVASAN, 2004). Ou seja, ao se tentar reduzir os desperdícios do sistema, na verdade estará criando uma nova fonte de desperdício, que é o trabalho gasto no desenvolvimento dos projetos.

Para evitar trabalhos desnecessários esta etapa terá dois caminhos, o primeiro será no caso da empresa já conhecer a restrição do sistema, neste caso recomenda-se seguir para a próxima etapa. O segundo caminho está ligado ao caso de a empresa desconhecer onde é o ponto de restrição do sistema. Para isso será utilizada uma ferramenta comumente usada no *Lean*, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).

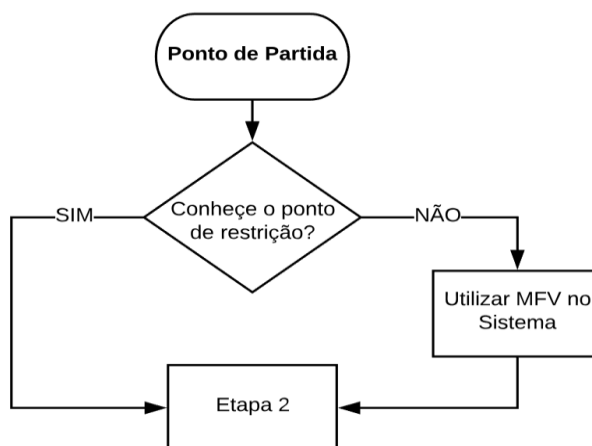


Figura 5 - Fluxograma Etapa 1
Fonte: Autoria Própria

A Figura 5 representa o fluxograma da etapa 1, mostrando os possíveis caminhos a serem seguidos. A forma que se irá abordar o MFV será exposta no seguinte tópico.

3.1.1 Aplicando o Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta do *Lean* que será utilizada para encontrar a restrição definida pela TOC. Esse processo terá o intuito de apresentar visualmente a sequência e o movimento de informações, matérias e ações que constituem o fluxo de valor da empresa, para que com uma análise completa do sistema se possa descobrir o gargalo da produtividade.

A equipe responsável por realizar o mapeamento, deverá conhecer todo o fluxo de valor e como a principal finalidade deste mapeamento é revelar o gargalo do sistema, ele deverá ser feito em todos os setores da empresa.

A base do mapeamento está na sua simbologia, a forma de sua construção pode sofrer algumas mudanças de acordo com a área de atuação da empresa. No Quadro 10 será mostrado os principais símbolos utilizados com suas respectivas descrições, e um exemplo genérico usando os mesmos.

Símbolo	Descrição
	Representa qualquer processo, ou departamento.
	A caixa de dados é utilizada para registrar informações relevantes dos processos. Deve ser representada logo abaixo da caixa de processo.
	Simboliza estoque e deve conter a quantidade e o tempo do mesmo. (Inventory)
	Representa o operador.
	Fluxo de produção empurrada. Representa os movimentos de matérias empurrados pelo produtor.
	Fluxo do produto acabado. Representa os movimentos de materiais que não são empurrados do fornecedor para o cliente.
	Fluxo de informação manual.
	Fluxo de informação digital.
	Transporte rodoviário
	Representa fornecedores, clientes ou processos de produção externos.

Quadro 10 - Simbologia MFV
Fonte: Adaptado de Werkema (2011).

A Figura 6 representa um modelo de MFV, nele foi inserido os símbolos mais utilizados, em um sistema de simples compreensão. O começo do processo se dá pela solicitação dos clientes para o Planejamento e Controle de Produção (PCP) por meio de um fluxo de informação digital, esse ao receber a ordem repassa pedidos

de matéria prima aos seus fornecedores e o planejamento semanal aos departamentos da empresa. A matéria prima ao chegar na empresa é enviada ao primeiro processo, após concluir essa etapa o produto ainda em construção é enviado ao segundo processo, e após esse processo já estará como produto final. O produto final é então enviado ao setor de despacho e este por meio de transporte rodoviário será consequentemente entregue ao cliente.

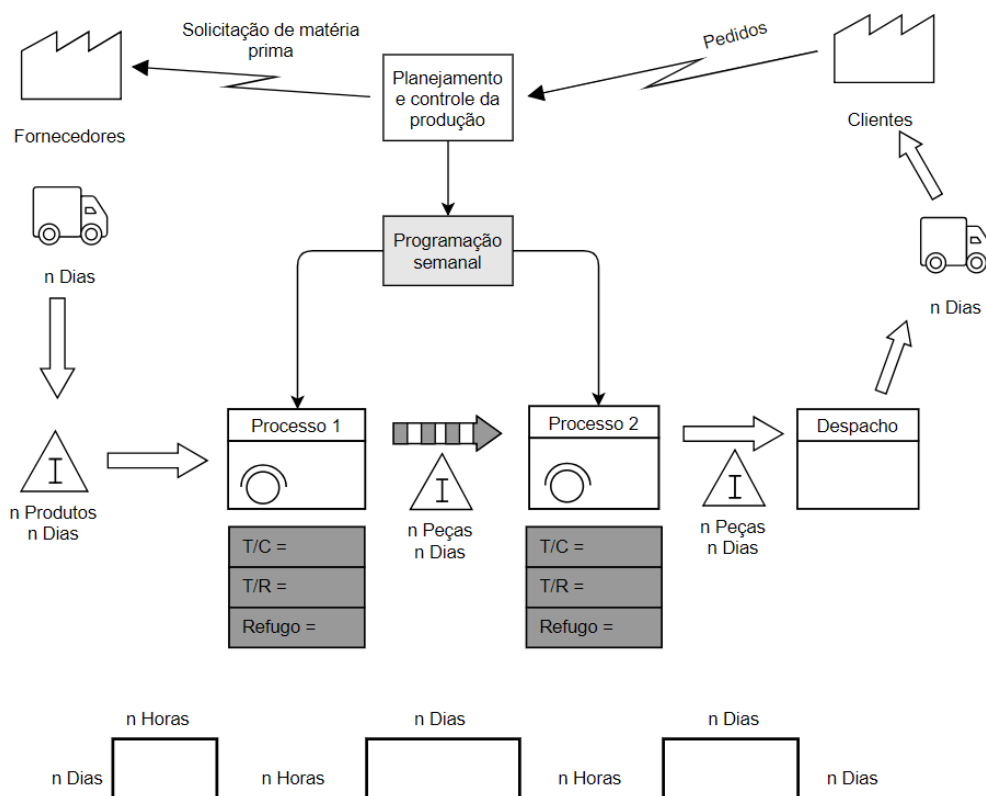


Figura 6 – Modelo genérico MFV
Fonte: Autoria própria

O ponto crucial não está no desenho do mapa e sim em seus dados, e será por meio deste que será feita uma avaliação crítica e assim expondo o ponto de gargalo do sistema. A elaboração de um MFV em um processo de manufatura também pode ser feita através de *softwares*, um exemplo é o ProModel™ que é um *software* capaz de fazer toda simulação do fluxo de valor.

3.2 SEGUNDA ETAPA – ANALISAR

Essa etapa é fundamentada nos pontos, explorar a restrição da TOC e o passo *Analyze* do DMAIC. A ideia base dessa etapa está na TOC, porém as

ferramentas que serão utilizadas são da metodologia Seis Sigma, já que estas ferramentas conseguem fazer um estudo analítico de todo o processo.

O intuito dessa etapa é detalhar ao máximo o processo em que a restrição está embutida. Para isso será necessário o uso de algumas ferramentas, começando com o Diagrama de Causa e Efeito, essa ferramenta será responsável por indicar as possíveis causas do gargalo. Após ter as causas que estão prejudicando o processo é necessário estudá-las priorizando as principais, logo o próximo passo será o de elaborar uma Matriz de Priorização e o Diagrama de Pareto. Essa etapa terá dois caminhos, visto que uma empresa que não tenha ou que seja muito difícil obter os dados quantitativos do seu sistema, não tem motivos para elaborar um Diagrama de Pareto. O fluxograma desta etapa segue abaixo.

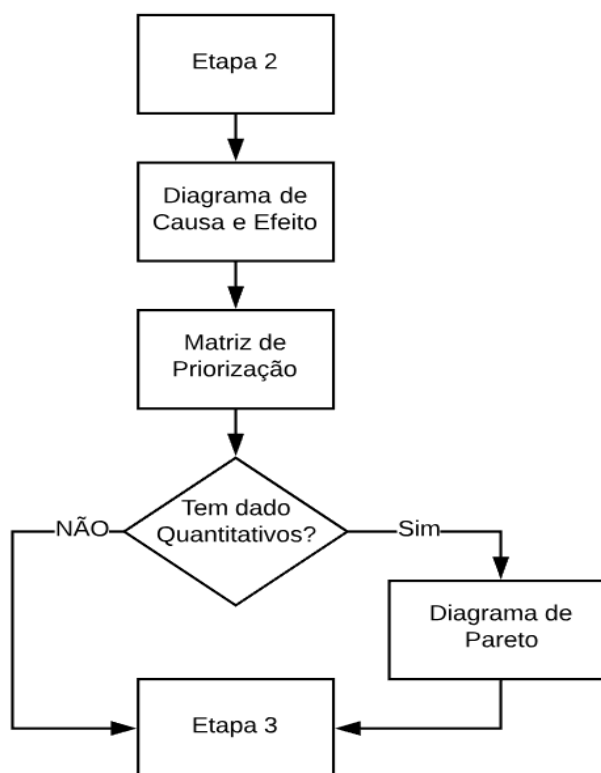


Figura 7 – Fluxograma Etapa 2
Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Aplicando o Diagrama de Causa e Efeito

A aplicação do Diagrama de Cause e Efeito nesta metodologia terá um diferencial, nele não será informado o problema final e sim somente as possíveis

causas que tornam tal processo o gargalo do sistema. Essa alteração é devido ao fato de que o principal problema pode não ser tão facilmente visível no processo.

Para sua construção é necessário traçar uma reta em que aponte para o processo restritivo, e traços diagonais na extensão da reta que serão as categorias das causas e dentro das categorias as possíveis causas. As causas serão estabelecidas com o amparo dos colaboradores da empresa, envolvidos no processo escolhido. Um modelo genérico do Diagrama de Causa e Efeito para esta proposta, será exposto abaixo.

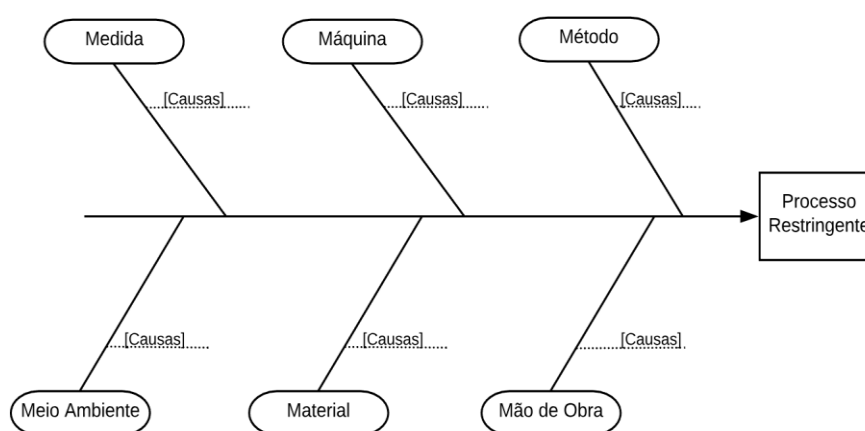


Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito
Autor: Adaptado de Ishikawa (1990).

3.2.2 Aplicando a Matriz de Priorização

Após todas as causas de a restrição estarem definidas, é preciso selecionar os principais problemas possíveis, de modo a descartar os irrelevantes e colocar os demais em ordem de prioridade para serem solucionados. Para se organizar esses dados será utilizado a ferramenta de Matriz de Priorização do tipo GUT (gravidade, urgência, tendência).

A construção da matriz é relativamente simples, é uma matriz constituída por cinco colunas, sendo essas: Problema, Gravidade, Urgência, Tendência e GUT. A coluna GUT irá conter o produto das avaliações. Lembrando que cada consideração possui um critério de pontuação que varia de 1 a 5. Um exemplo de estrutura será mostrado abaixo.

Problemas	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GUT
Possível problema	A	B	C	$A * B * C$

Tabela 2 – Matriz GUT
Fonte: Adaptado de Meireles (2001)

Para que se possa obter um resultado mais satisfatório, é recomendado que a matriz seja fornecida aos colaboradores envolvidos no processo.

3.2.3 Aplicando o Diagrama de Pareto

Em uma situação em que se é possível obter dados quantitativos das causas e seus respectivos problemas, o Diagrama de Pareto pode ser utilizado também com o intuito de priorizar as principais causas. Sua aplicação não interfere no uso da Matriz de Priorização mas sim a complementa, e com a junção dessas duas ferramentas se terá um resultado mais concreto.

Nesta abordagem o Diagrama de Pareto não terá como unidade de comparação a frequência, mas sim os custos. Pois toda empresa presa pelos resultados finais relacionados aos lucros. Abaixo será apresentado um modelo de cartão de verificação e seu relativo diagrama de Pareto em barras.

Causa	Custo do Problema
Causa A	R\$ 160,00
Causa B	R\$ 70,00
Causa C	R\$ 95,00
Causa D	R\$ 300,00

Tabela 3 – Folha de verificação Pareto
Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 3 foi escolhido valores aleatórios, apenas para poder ser representado no gráfico abaixo.

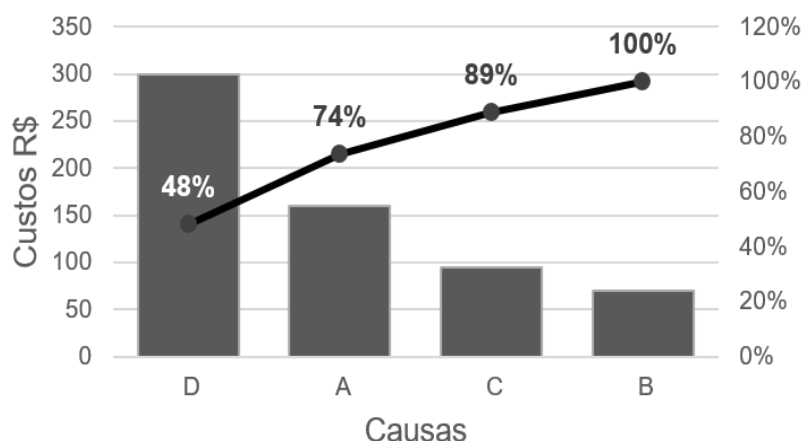


Gráfico 1 - Diagrama de Pareto
Fonte: Autoria própria.

Pelo Gráfico 1 pode-se concluir que se priorizado as Causas D e A, e consequentemente soluciona-las, os custos referentes aos problemas irão reduzir em mais de 60%.

3.3 TERCEIRA ETAPA – PLANEJAR

Após concluída as etapas anteriores, é possível ter uma análise completa do problema, com isso o próximo passo será o de planejar a melhoria. Essa etapa terá como base o *Improve* do DMAIC e o *Plan* do PDCA, pois são passos focados no desenvolvimento de um plano de ação.

Devido a essa etapa ter o intuito de planejar uma solução para o respectivo problema, e encontrar uma solução geralmente é um trabalho difícil, ela pode ser considerada como a etapa mais complexa dessa proposta.

Com o intuito de procurar uma solução, e pelo fato de esse ser um modelo genérico, em que se poderia ter infinitos problemas e incontáveis soluções, o outro ponto base dessa etapa será os desperdícios estabelecidos pelo *Lean*, em que a partir deles será estudado possíveis soluções para respectivas áreas de desperdícios.

Nos seguintes tópicos serão avaliados os desperdícios, indicando possíveis ferramentas com o intuito de solucionar tal desperdício. E ao final será exposta a ferramenta 5W2H, que tem como objetivo concluir e consolidar a etapa de planejamento. Sendo que ao chegar no final dessa etapa não for possível responder a todas questões da 5W2H será necessário voltar ao passo do planejamento.

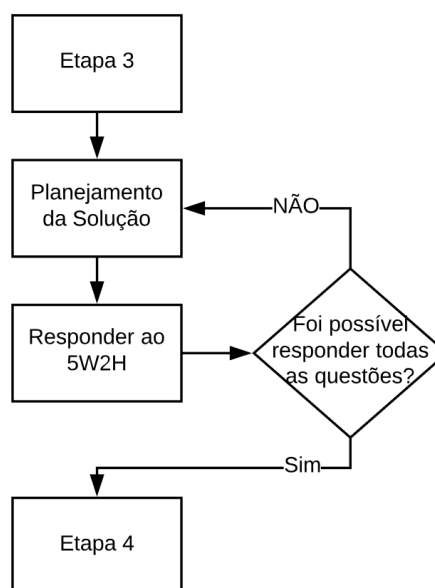


Figura 9 – Fluxograma Etapa 4
Fonte: Autoria própria.

A Figura 9 representa os passos relativos da etapa 4, em um fluxograma, para se ter uma melhor visualização da estrutura.

3.3.1 Desperdícios do *Lean*

A metodologia *Lean* classifica sete desperdícios como os principais, e considera desperdício qualquer atividade que não gere valor ao produto. Neste tópico serão estudadas ferramentas para solucionar tais desperdícios.

3.3.1.1 Estoque

Os estoques acabam sendo atrativos devido aos fornecedores derem descontos para compras em grades lotes. Porém seu excesso acaba sendo prejudicial ao sistema produtivo. Para se obter o mínimo estoque, a principal ferramenta utilizada é o *Kanban*, que tem como princípio básico os conceitos da *Just in Time*, introduzindo a visão de produção puxada. Sua aplicação pode ser variada para cada área de atuação.

Amorim et. al. (2015), faz um estudo de caso em que se aplica a ferramenta *Kanban* em uma construtora localizada em Fortaleza, o *Kanban* foi aplicado diretamente nos canteiros de obras. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois

se obteve redução de inventários, melhora no fluxo de comunicação, menos materiais consumidos e menor tempo de produção dos pedidos.

3.3.1.2 Defeitos

Este desperdício considera a produção de produtos defeituosos, que posteriormente são retrabalhados ou sucateados e com isso adicionam custos ao produto final. Para sanar este tipo de problema, um caminho que pode ser seguido e pelo uso da ferramenta *Jidoka* e conseqüentemente a aplicação de dispositivos *Poka-Yoke*. Com a junção dessas duas ferramentas será possível prevenir as falhas e também detectar caso ocorram.

Camargo (2012) realizou um estudo de caso aplicando técnicas da TOC e do *Lean* em uma empresa automobilística. Nesse estudo para solucionar os problemas de falhas operacionais e sinalização de decorrentes anomalias, foi usado os sistemas *Poka-Yoke* e *Jidoka*. Referente a esses problemas, o uso de tais ferramentas resultou em uma redução de desperdícios de materiais e a diminuição das paradas de máquina.

3.3.1.3 Excesso de Produção

Produzir em excesso pode trazer muitas complicações para a empresa utilizando de recursos desnecessariamente, gerando estoques, mais transportes e dentre outras. No entanto uma metodologia que resolve esse problema, fazendo com que se produza somente o necessário é a *Just in Time*. Nela seu sistema de produção determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora.

Souza (2015) ao aplicar a metodologia *Just in Time* em uma indústria de autopeças, notou a significativa redução dos desperdícios na linha de produção e uma melhora na organização na produção.

3.3.1.4 Movimentação

A movimentação desnecessária tanto quanto de pessoas como de equipamentos é uma fonte de desperdício, pois ela pode gerar transtornos e aumentar o tempo de produção. A solução para esta forma de desperdício exige a mudança de *Layout* e melhora na organização, para se ter essas mudanças a metodologia que melhor se enquadra é a 5S.

Teixeira (2017) realizou um estudo de caso aplicando a metodologia 5S em uma panificadora. Após planejar e implementar as ideias de melhoria do 5S, como, melhora da organização e limpeza, realizando uma mudança do *layout* e dentre outras ações a panificadora reduziu em 33% o seu tempo de produção.

3.3.1.5 Processamento desnecessário

Os processamentos desnecessários são trabalhos que não agrega valor ao produto final, para eliminar este desperdício é fundamental conhecer bem o que se quer entregar ao cliente. A ferramenta MFV já utilizada nessa metodologia é a indicada para solucionar este problema, já que com ela se é capaz de visualizar todos os processos, tanto os que agregam valor como os que não.

Elias et. Al. (2011) realizou o Mapeamento do Fluxo de Valor em uma indústria de gesso localizada em Nova Olinda-CE. O autor conclui que mesmo não sendo muito utilizada nessa área, o MFV contribuiu significativamente para se reduzir os desperdícios e encontrar processos que não agregam valor ao produto.

3.3.1.6 Transporte

Todo transporte de material é um desperdício, porém muitas vezes ele é necessário ao processo, logo esse tipo de desperdício está ligado aos transportes dispensáveis de matérias. A metodologia 5S também é recomendada para este tipo de desperdício, já que muitas das vezes esse tipo de problema surge devido à falta de organização do sistema.

Coelho (2013) ao utilizar ferramentas de melhoria contínua no Hospital Geral de Santo Antônio localizado no distrito do Porto em Portugal, aplica o 5S para

melhorar a gestão do serviço de transporte, com o intuito de eliminar transportes desnecessários e otimizar as rotas das ambulâncias. Devido ao tempo limite de seu projeto não foi possível implementar as melhorias, porém foi estipulado uma redução de até 35% nos transportes desnecessários.

3.3.1.7 Espera

Esse desperdício está ligado à inoperância de máquinas, funcionários ou recursos. É o desperdício mais fácil de ser identificado, geralmente causado por desníveis nos processos de produção. Uma das ferramentas que podem ser utilizada para este caso é o *Kaizen*.

Freitas (2015) desenvolveu um projeto *Kaizen* com o intuito de reduzir as paradas de máquina em uma empresa de conversão de papel. Após o desenvolvimento Freitas afirma que no decorrer do *Kaizen* surgiam muitas oportunidades de melhorias.

3.3.1.8 5W2H

O uso da ferramenta 5W2H terá como intuito esclarecer o plano de ação elaborado na etapa "Planejar", todas as questões devem ser respondidas e caso não seja possível responder a alguma, deve-se retornar ao planejamento do projeto.

A estrutura de sua construção é relativamente simples, como pode ser visto na Figura 10.

5W2H	5W	O quê mudar? (What?)	
		Porque mudar? (Why?)	
		Onde mudar? (Where?)	
		Quem? (Who?)	
		Quando? (When?)	
	2H	Como? (How?)	
		Quanto custa? (How much?)	

Figura 10 – Modelo 5W2H
Fonte: Adaptado de Meira (2003).

Ao responder as questões, deve-se detalhar o máximo possível, com propósito de esclarecer o plano de ação a qualquer pessoa interessada. Após concluído o 5W2H pode-se avançar para a próxima etapa, que é implantar.

3.4 QUARTA ETAPA – IMPLANTAR

A quarta etapa será executar o plano ação desenvolvido pelas etapas anteriores. Foi baseada no *Do* do PDCA e no terceiro passo da TOC, ponto em que se subordina o sistema à restrição. Uma vez que todo plano de ação foi desenvolvido em cima da restrição do sistema, o interessante nesta etapa é aplicar o máximo de recursos disponíveis para eliminar tal restrição, como é feito na TOC.

As verificações de sucesso ou fracasso da melhoria será feito na próxima etapa. Logo essa etapa fica apenas na parte de implantar.

3.5 QUINTA ETAPA – AVALIAR

A quinta e última etapa é fundamentada no *Control* do DMAIC e também na última etapa da TOC, pois ao chegar no final dessa etapa um dos pontos será o de procurar uma nova restrição.

Seu ponto principal está em avaliar os resultados obtidos com a implantação das melhorias, verificando se a restrição trabalhada foi eliminada do sistema. Seu outro ponto é o de manter a ideia de melhoria contínua, ou seja, reiniciar o processo de melhorias, para que se possa estar sempre melhorando o sistema.

Logo após concluir a etapa implantar, na maioria dos casos não será possível já se obter um resultado de sucesso ou fracasso. Logo terá de ser feito um estudo por um determinado intervalo de tempo, para só então poder concretizar os resultados obtidos. Nesta proposta a forma de avaliar será por meio de folhas de verificação e o histograma.

A folha de verificação é basicamente um formulário, que deve ser usado de forma a obter dados do processo em que a melhoria foi implantada. Para que após um intervalo de tempo se analise esses dados e assim chegue a uma conclusão.

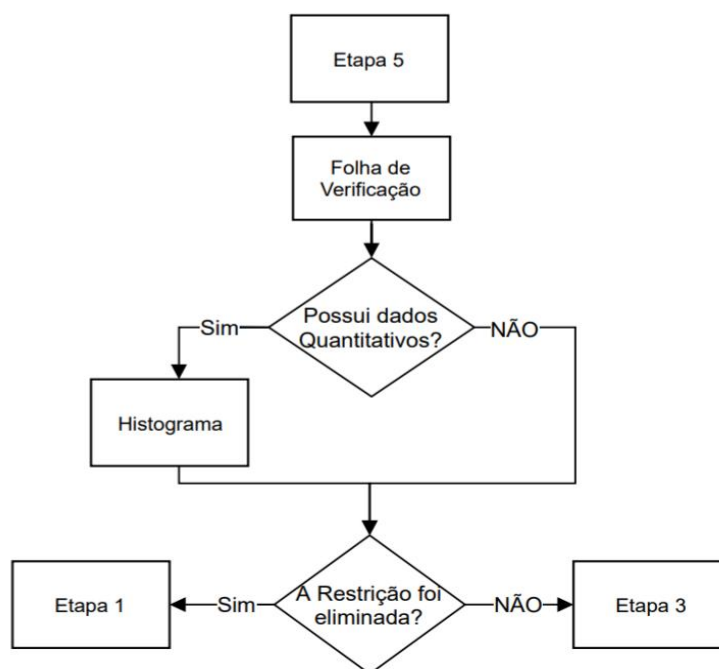


Figura 11 – Fluxograma Etapa 5
Fonte: Autoria própria.

A Figura 12 representa os passos da etapa 5, o uso do Histograma assim como do Diagrama de Pareto necessita de dados quantitativos por isso é um caminho facultativo. Após concluir o processo de verificação, consolidando assim o sucesso ou fracasso da metodologia, se for constatado que não eliminou a restrição a proposta indica o retorno a terceira etapa e assim retornando a etapa de planejamento, para que possa ser elaborado um novo plano de ação. Já no caso do sucesso da melhoria, a proposta indica o retorno ao primeiro passo, para que sempre esteja aperfeiçoando mais o processo produtivo.

Desta forma se conclui a proposta de integração entre as metodologias Teoria das Restrições *Lean Manufacturing* e Seis Sigma utilizando suas ferramentas.

4 CONCLUSÕES

Esse tópico será dividido em duas partes, na primeira parte será apresentado as conclusões referente as metodologias. Na segunda parte será apresentado as conclusões sobre a proposta do modelo teórico.

4.1 CONCLUSÕES SOBRE AS METODOLOGIAS

Com as pesquisas por literaturas que abordavam as metodologias TOC, *Lean* e Seis Sigma, feitas por este trabalho, se pode concluir que:

- Para a TOC, se focar nas restrições, então se melhora o volume de produção.
- Para o *Lean*, se focar em eliminar os desperdícios, então o fluxo irá melhorar.
- Para o Seis Sigma, se focar em reduzir a variação, então se terá resultados mais uniformes.

Nas análises comparativas entres as metodologias, comparando os pontos de convergências e divergências, concluiu-se que, de forma geral, há mais pontos de aceitação do que de exclusão entre as três abordagens. Como por exemplo:

- A TOC é um bom ponto de partida para as aplicações do Seis Sigma;
- O Seis Sigma e o *Lean* são duas metodologias que se complementam;
- A TOC centraliza os esforços do *Lean*.

Outro argumento que deixa claro os pontos de convergência estão nos efeitos secundários gerados por cada metodologia, que deixa implícito a ligação das três metodologias, como pode ser visto na Figura 12.

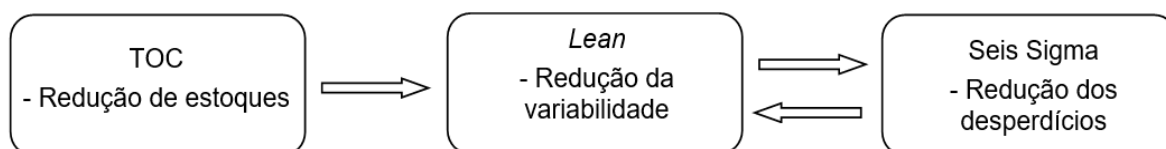


Figura 12 – Relação efeitos secundários
Fonte: Autoria própria.

Esses efeitos secundários são gerados automaticamente com a implantação das metodologias, e conseqüentemente pode-se ter subsequentes efeitos, esses efeitos acabam sempre convergindo entre eles. Pois a essência de todas as metodologias está no aumento dos lucros, que pode vir tanto da redução dos custos como na expansão da produção.

Logo a associação das três metodologias em um único modelo, acaba gerando uma metodologia mais estruturada e abrangente. Como por exemplo, o Seis Sigma valoriza muito os estudos analíticos e as relações de dados, o *Lean* valoriza a parte visual dos processos e a TOC foca no aperfeiçoamento do processo. Então com a combinação das três metodologias terá uma com maior área de atuação. Na Figura 13 é representado a estrutura da conclusão desses pontos.

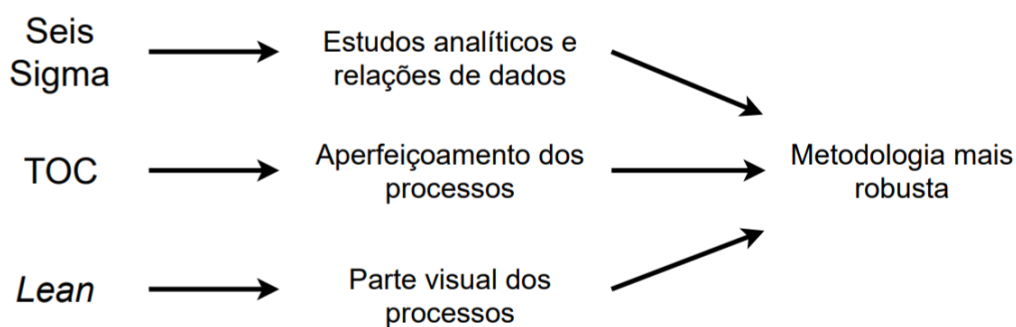


Figura 13 - Principais Pontos das Metodologias
Fonte: Autoria própria.

4.2 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO TEÓRICO PROPOSTO

A estrutura da proposta teve como base três metodologias, PDCA, DMAIC e TOC, sendo que o PDCA é uma ferramenta utilizada dentro do *Lean*. Além do mais dentro da maioria das etapas foram utilizados ferramentas e pensamentos do *Lean*. Em nenhum momento do desenvolvimento da proposta buscou excluir alguma etapa de qualquer metodologia, más sim compensar qualquer fraqueza de uma com as forças das outras.

A Figura 15 representa a forma como foi distribuída as outras metodologias dentro da proposta, mostrando sua distribuição de uma forma que seja fácil a visualização. Já o fluxograma completo da proposta pode ser visto no Apêndice A.

	Identificar a Restrição	Analisar	Planejar	Implantar	Avaliar
PDCA		Plan - P		Do - D	Control - C Action - A
TOC	Identificar a Restrição	Explorar a Restrição	Aplicar máximo recursos Elevar capacidade		Procurar por nova Restrição
DMAIC	Measure - M	Analyze - A	Define - D // Improve - I		Control - C

Figura 14 – Estrutura Comparativa da Proposta
Fonte: Autoria própria.

No decorrer do desenvolvimento da proposta, se concluiu alguns pontos:

- (i) Por ser um trabalho genérico, a metodologia *Lean* acabou puxando a proposta diretamente para a manufatura. Resultando no foco em melhorias internas do sistema e deixando um pouco de lado as restrições externas, que são classificadas pela TOC. Porém esse resultado torna a proposta mais focado em um ponto, e esse fato pode ser visto como um ponto positivo, já que não deixa a proposta totalmente genérica.
- (ii) Devido aos pontos de focalização da TOC, a proposta melhor se encaixa em empresas de pequeno e médio porte, pelo fato de serem essas que tem estruturas de conhecimento centralizado (Esse tipo de empresas é aquela que apenas um pequeno grupo de funcionários possuem conhecimento, neste caso, conhecimento sobre processos de melhoria contínua). Isso acontece porque ao se centralizar os esforços, não é necessário o envolvimento de todos os funcionários, diferente do *Sigma Lean* por exemplo, pois nessa abordagem é necessário que todos tenham pelo menos um conhecimento básico da metodologia (chamados de *White Belt*).
- (iii) É uma proposta aplicável e simplificada, já que em buscas feitas, não foi encontrado modelos que integrem as metodologias com as ferramentas da qualidade. Ou é encontrado estudos sobre o ideal da metodologia ou sobre as ferramentas em si e em poucos casos a integração dos dois. O que a torna fácil para se seguir como um roteiro de aplicação.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Andrielle Pinto; COSTA, Larisse Oliveira. A logística dentro da construção enxuta: estudo de caso em uma construtora de Fortaleza. **Revista Gestão em Análise**, v. 4, n. 2, p. 61-68, 2015.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V.; KLIEMANN NETO, F. J.; FENSTERSEIFER, J. E. Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção: do "just-in case" ao "just-in-time". **Revista de Administração de Empresas**, v. 29, n. 3, p. 49-64, 1989.

ARNHEITER, E. D., e MALEYEFF, J. The integration of Lean management and Six Sigma. **TQM Magazine**, 17, 5-18, 2005.

BENDELL, DAHLGAARD-PARK, Su Mi; Tony. A review and comparison of six sigma and the lean organisations. **The TQM magazine**, 2006.

CAMACHO, Rui; KING, Ross; SRINIVASAN, Ashwin (Ed.). **Inductive Logic Programming: 14th International Conference, ILP 2004, Porto, Portugal, September 6-8, 2004, Proceedings**. Springer Science & Business Media, 2004.

CAMARGO, Paulo Rogerio. **Implementação de técnicas da teoria das restrições e da mentalidade enxuta: Estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2012.

CAMPOS, Renato et al. A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total. **Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção**, v. 12, 2005.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**. Grupo Gen-Atlas, 2016.

COELHO, Tiago Fernandes da Silva Montalvão. **Aplicação da Abordagem Kaizen Lean no Departamento de Logística no HGSA**. 2013. Tese de Doutorado.

COELHO, Fabrício Pozzuto de Souza; DA SILVA, Adriano Maniçoba; MANIÇOBA, Rafaela Ferreira. Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, v. 3, n. 1, p. 31-45, 2016.

COX III, James F.; SCHLEIER, John G. **Handbook da teoria das restrições**. Bookman Editora, 2013.

DE JESUS, Bruna Grazielly; PINHEIRO, Ainã; ALMEIDA, Aurea Haiza; *et al.* **Seis Sigma e a Filosofia Lean: Uma abordagem teórica da integração Lean Seis Sigma**. p. 17, 2018.

DE OLIVEIRA, Simone Espíndola; ALLORA, Valerio; SAKAMOTO, Frederico TC. Utilização conjunta do método UP'–Unidade de Produção (UEP') com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação–um estudo na agroindústria de abate de frango. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2005.

DETTMER, H. William. **Breaking the constraints to world-class performance**. ASQ Quality Press, 1998.

EHIE, I.; SHEU, J. **Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study**. Journal of Manufacturing Technology Management .Vol. 16 No. 5 pp. 542-553, 2005.

ELIAS, Sérgio José Barbosa; OLIVEIRA, M. M.; TUBINO, Dálvio Ferrari. Mapeamento do fluxo de valor: um estudo de caso em uma indústria de gesso. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, 2011.

FREITAS, Leandro Batista. Projeto Kaizen–Foco Na Redução de Paradas de Máquina em uma Empresa de Conversão de Papel Tissue. **Repositórios de Relatórios-Engenharia de Produção**, N. 1, 2015.

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Prod.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A meta**. Edição: 3ª. [s.l.]: Editora Nobel, 2015.

GOMES, Luis Gustavo. Reavaliação e melhoria dos processos de beneficiamento de não tecidos com base em reclamações de clientes. **Revista Produção Online**, v. 6, n. 2, 2006.

HUSBY, Paul. Competition or complement: Six Sigma and TOC. **Material Handling Management**, v. 62, n. 10, p. 51-55, 2007.

JIN, Kai et al. Integrating the theory of constraints and Six Sigma in manufacturing process improvement. In: **Proceedings of world academy of science, engineering and technology**. 2009. p. 550-554.

JONES, Daniel; WOMACK, James. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

LINS, Bernardo FE. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, v. 22, n. 2, 1993.

LUCHESE, Juliane et al. Implantação Da Lógica Tambor-Pulmão-Corda Em Uma Empresa Da Indústria Moveleira. **Holos**, v. 8, p. 262-276, 2015.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade**. Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar observar e analisar problemas**. Arte & Ciência, 2001.

NAVE, Dave. Como comparar o Seis Sigma, o Lean e a Teoria das Restrições. **Revista Qualidade**, 2009.

NOGUEIRA, Lúcio José Martins et al. Melhoria da qualidade através de sistemas Poka-Yoke. 2010.

PANDE, P.S., NEUMAN, R. e CAVANAGH, R.R., **The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing their Performance**, McGraw-Hill, New York, NY, 2000.

PANIZZOLO, R.; GARENGO, P. Using Theory of Constraints to Control Manufacturing Systems: A Conceptual Model, **Journal of Industrial Engineering and Management**, v.2, n.3, p.1-9, 2013.

PEINADO, JURANDIR; AGUIAR, G. Compreendendo o Kanban: um ensino interativo ilustrado. **Revista DaVinci. Curitiba-PR**, v. 4, n. 1, p. 133-146, 2007.

PINTO, Silvia Helena Boarin; CARVALHO, Marly Monteiro de; HO, Linda Lee. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 191-203, 2006.

PLANTULLO, Vicente Lentini. o modo global de gerenciar a empresa através da Teoria das Restrições tem se mostrado superior ao do Just-in- Time.

POMPERMAYER, Cleonice Bastos; LIMA, João Evangelista Pereira. Gestão de custos. **Finanças empresariais. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus. Coleção Gestão Empresarial**, n. 4, p. 49-68, 2002

RAMOS, Maria Zita Ramalinho Ginja. **Sincronização da cadeia de valor através da integração da teoria das restrições e produção lean**. 2010. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

ROTHER, M. et al. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA**. Edição: 1 ed. Cambridge, Mass: Lean Enterprise Institute, 1999.

ROTHER, Mike; SHOOK, John; WOMACK, Jim; *et al.* **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA**. Edição: 1. Cambridge, Mass: Lean Enterprise Institute, 1999.

SALGADO, Eduardo Gomes et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

SCHRAGENHEIM, E; RONEN, B. Drum-Buffer-Rope Shopfloor Control, **Production and Inventory Management Journal**, v.31, n.3, p. 18-22, 1990.

SHINGO, S. Zero Quality Control: **Source Inspection and the Poka-yoke System**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

SOUZA, Wendel Carlos; SANTOS, Jadir Perpétuo; CHAVES, Luis Eduardo. Just in time: a aplicação de seu conceito, características e objetivo em um estudo de caso em indústria de autopeças. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 17, n. 25, 2015.

STAMM, M. L.; NEITZERT, T.; SINGH, D. P. K. TQM, TPM, TOC, lean and six sigma-Evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism. 2009.

TEIXEIRA, Raphael Henrique Teixeira et al. Gestão da qualidade: um estudo de caso da melhoria organizacional e do processo produtivo por meio da ferramenta 5S. **ANAIS SIMPAC**, v. 8, n. 1, 2017.

UTIYAMA, M. H. R.; GODINHO FILHO, M. A literatura a respeito da comparação entre a teoria das restrições e a manufatura enxuta: revisão, classificação e análise. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 615-638, 2013.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints, **Journal of Operations Management**, n.25, p.387-402, 2007.

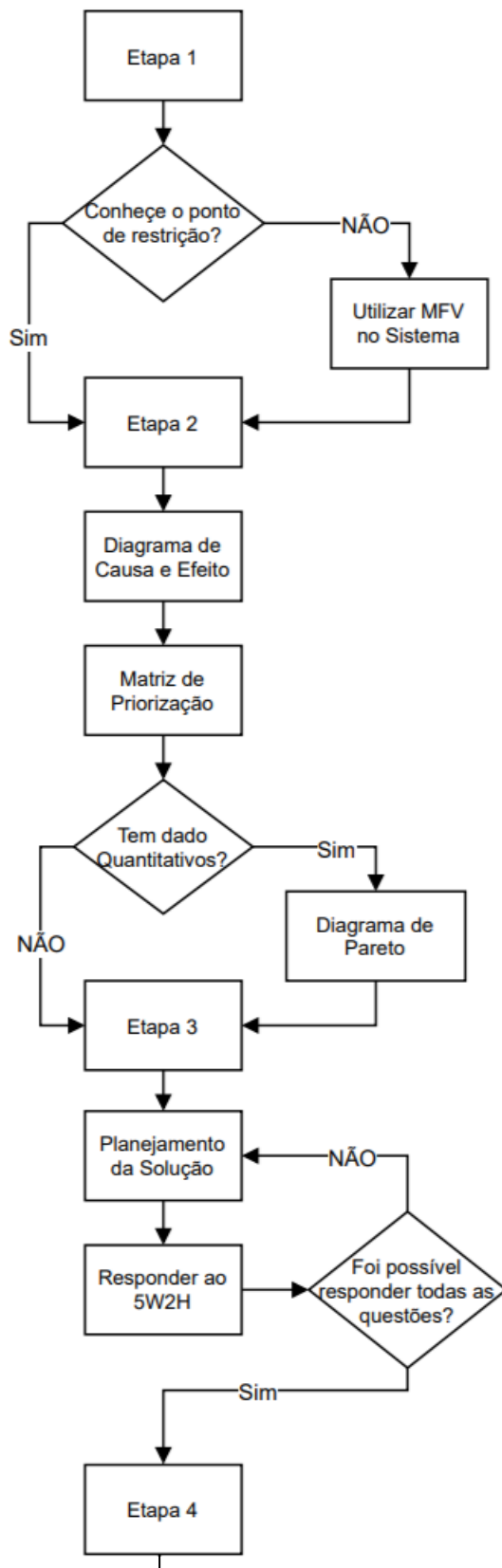
WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma. Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Edição: 1ª ed. [s.l.] Elsevier, 2011.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Lean seis sigma**. Edição: 1ª. [s.l.]: Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas**. Elsevier Brasil, 2013.

APÊNDICE A - Fluxograma Completo da Proposta

Fluxograma



(Continua)

