

JULIA BOTTEON LOURENÇÃO

Lean Six Sigma em empresas fornecedoras do setor automotivo: estudos de caso múltiplos para identificação de boas práticas e dificuldades na sua implantação e utilização

Guaratinguetá - SP
2016

Julia Botteon Lourenção

Lean Six Sigma em empresas fornecedoras do setor automotivo: estudos de caso múltiplos para identificação de boas práticas e dificuldades na sua implantação e utilização

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

Orientador: Professor Doutor Otávio José de Oliveira

Guaratinguetá - SP
2016

L892l	Lourenção, Julia Botteon Lean Six Sigma em empresas fornecedoras do setor automotivo: estudos de caso múltiplos para identificação de boas práticas e dificuldades na sua implantação e utilização / Julia Botteon Lourenção – Guaratinguetá, 2016. 103 f : il. Bibliografia: f. 88-96 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira 1. Seis Sigma (Padrão de controle de qualidade) 2. Produção enxuta 3. Indústria automobilística I. Título CDU 658.56
-------	--

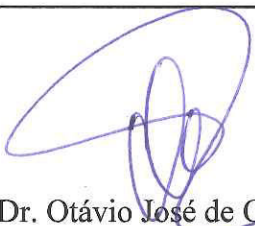
JULIA BOTTEON LOURENÇÃO

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

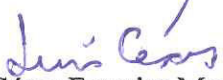
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

Prof. Dr. Armindia Eugênia Marques Campos
Coordenadora

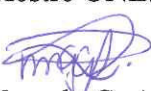
BANCA EXAMINADORA:



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



Luis César Ferreira Motta Barbosa
Mestre UNESP-FEG



Paula Marcela G. Alves de Freitas
UNESP-FEG

Dezembro de 2016

DADOS CURRICULARES

JULIA BOTTEON LOURENÇÃO

NASCIMENTO	11.05.1992 – Torrinha / SP
FILIAÇÃO	Carlos Henrique Lourenção Suzana Paula Botteon Lourenção
2012/2016	Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, na Faculdade de Engenharia no Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Dedico este trabalho à minha avó Therezinha, por ser uma mulher muito além de seu tempo e sempre ter nos incentivado a estudar.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela oportunidade de chegar até aqui, em segundo lugar aos meus pais, Carlos e Suzana, e minha irmã Marília que sempre me encorajaram a seguir meus sonhos. Também gostaria de agradecer às meninas da República Bem-Me-Quer por todos os momentos proporcionados ao longo desses cinco anos de faculdade, por terem sido minha família em Guaratinguetá, e terem me ajudado a crescer como pessoa. Às minhas amigas de batalhas diárias Patrícia, Giovana e Thayane, pelas incontáveis vezes em que estudamos, por todo o apoio moral quando eu julgava estar tudo perdido. Por meus amigos de São Bernardo que não desistiram de mim todas as vezes que eu tive que me dividir entre as duas cidades. Ao meu professor Otávio, por toda a paciência em me orientar e a minha amiga Amira, por ter me ajudado durante o desenvolvimento deste trabalho. A todos aqueles que de alguma maneira fizeram parte da minha trajetória em Guará, muito obrigada!

LOURENÇÃO, J. B. **Lean Six Sigma em empresas fornecedoras do setor automotivo: estudos de caso múltiplos para identificação de boas práticas e dificuldades na sua implantação e utilização.** 2016. 104f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

O ambiente industrial caracteriza-se pela concorrência acirrada e clientes cada vez mais exigentes, fazendo com que as empresas busquem melhorias contínuas no modo de gerir e operar seus processos produtivos a fim de manterem-se modernizadas. Para superar esses obstáculos e encará-los como oportunidades, elas adotam algumas ferramentas, políticas e métodos de gestão, operação e produção, como por exemplo, o *Lean Six Sigma*. Considerando a metodologia *Lean Six Sigma* como importante maximizador de resultados empresariais, este Trabalho de Graduação propõe um estudo de caso em três empresas fornecedoras do setor automotivo, com o objetivo de identificarem-se boas práticas e principais dificuldades na implantação e utilização desta metodologia ou de parte dela, em empresas do setor. Foi construído um referencial teórico que embasasse um roteiro de entrevistas e desse suporte a uma visão crítica quanto a empresas que utilizam o *Lean Six Sigma*. Foram consultadas três empresas do setor automotivo que utilizam *Lean Six Sigma*, *Lean Manufacturing* ou *Six Sigma* com ferramentas complementares e entrelaçadas, para desenvolver uma análise sobre quais as reais boas práticas e dificuldades enfrentadas durante a implementação destas metodologias.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Six Sigma, Six Sigma, Lean Manufacturing, Setor Automotivo.*

LOURENÇÃO, J. B. **Lean Six Sigma em empresas fornecedoras do setor automotivo: estudos de caso múltiplos para identificação de boas práticas e dificuldades na sua implantação e utilização.** 2016. 104f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

The industry environment is characterized by fierce competition and customers much more critical, making the companies look for continuous improvement in the way they manage and operate their productive processes to be modernized. To overcome these obstacles and envisage like an opportunity, they adopt some tools, policies, methods of management, operation and production, for example, Lean Six Sigma. Considering the Lean Six Sigma methodology like an important maximizer of business results, this Graduation Project proposes a case study in three companies that are suppliers in automotive sector, with the objective to identify good practices and difficulties in the implementation and utilization of this methodology at companies in the sector. A theoretical background was organized to give base for an interview script and a critical vision about companies that use Lean Six Sigma. The companies that were consulted apply Lean Six Sigma, Lean Manufacturing or Six Sigma with complementing or interlaced tools to develop an analyze about real good practices and difficulties envisaged during the implementation of these methodologies.

Keywords: *Lean Six Sigma, Six Sigma, Lean Manufacturing, Automotive Sector.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sete tipos de desperdícios	16
Figura 2 - 4Ps do Modelo Toyota.....	17
Figura 3 - Os 5S.....	25
Figura 4 - SMED	30
Figura 5 - Conhecimento da gestão visual	31
Figura 6 - Pilares do <i>Total Productive Maintenance</i>	36
Figura 7 - Etapas de mapeamento	37
Figura 8 - Símbolos do processo MFV	39
Figura 9 - Símbolos dos materiais do MFV	39
Figura 10 - Símbolos de informações do MFV	39
Figura 11 - Símbolos Gerais do MFV	40
Figura 12 - Estatísticas do Six Sigma.....	42
Figura 13 - Estrutura de um programa Six Sigma e suas regras.....	45
Figura 14 - Comparação do ciclo DMAIC com o PDCA de Melhorias	47
Figura 15 - Ciclo DMAIC	48
Figura 16 - Elementos da estratégia da metodologia.....	51
Figura 17 - Ciclo de fases Lean Six Sigma	55
Figura 18 - Tipos de pesquisa científica.....	60
Figura 19 - Fluxograma de Plano de Atividades	63
Figura 20 - Instruções para o DMAIC.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Fatores Críticos do Lean Six Sigma.....	59
Quadro 2- Boas Práticas do Lean Six Sigma	82
Quadro 3- Dificuldades do Lean Six Sigma	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LM	Lean Manufacturing
STP	Sistema Toyota de Produção
SS	Six Sigma
LSS	Lean Six Sigma
JIT	Just in Time
SMED	Single Minute Exchange Die
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seketsu e Shitsuke
TQM	Total Quality Management
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
WIP	Work in Process
GV	Gestão Visual
TPM	Total Productive Maintenance
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
MP	Manutenção Permanente
OEE	Overall Equipment Effectiveness
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
PEM	Pequenas e Médias Empresas
DFSS	Design for Six Sigma
DMADV	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
PDCA	Plan, Do, Check, Act
CEP	Controle Estatístico de Processo
FTQ	First Time Quality
NAV	Não Agrega Valor
AV	Agrega Valor
5W2H	Who, What, When, Where, Why, How, How Much
FMEA	Failure modes and effects analysis - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO.....	12
1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 LEAN MANUFACTURING	15
2.2 SIX SIGMA	42
2.3 LEAN SIX SIGMA	53
2.4 FATORES CRÍTICOS DO LEAN SIX SIGMA	58
3 MÉTODO DE PESQUISA	60
4 ESTUDOS DE CASO.....	64
4.1 ESTUDO DE CASO 1	64
4.2 ESTUDO DE CASO 2	71
4.3 ESTUDO DE CASO 3	76
5 SISTEMATIZACAO DE BOAS PRÁTICAS E DIFICULDADES	82
6 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE A – Roteiro de entrevistas.....	97

1 INTRODUÇÃO

No contexto de competitividade acirrada e clientes mais exigentes, as empresas precisam investir em inovações que impactem de forma significativa nos seus processos, produtos e serviços, a fim de evitar e eliminar frequentes problemas do cotidiano industrial como: alta variabilidade de produtos e processos, alto índice de inventário (materiais disponíveis em estoque), atrasos na entrega de pedidos, diminuição da capacidade produtiva das fábricas, superprodução, movimentação de produtos e pessoas, e baixa qualificação de funcionários; para tal finalidade é possível fazer uso das ferramentas do *Lean Six Sigma* (SARKAR; MUKHOPADHYAY; GHOSH, 2013; JIRASUKPRASERT et al., 2014; CAMPOS, 2013).

Estes problemas são principalmente recorrentes nas empresas do setor automotivo, que desempenham importante papel no crescimento e desenvolvimento econômico de muitos países. No Brasil, por exemplo, o setor automotivo emprega 5,6% dos trabalhadores da indústria brasileira, e é responsável por 25% do PIB industrial (ANFAVEA, 2014). Para manter-se no mercado competitivo e garantir sua constante evolução e crescimento, empresas do setor automotivo estão buscando soluções que visem a melhoria contínua de seus processos e produtos, tais como o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma* (GONZALEZ; MARTINS, 2014) e mais recentemente o *Lean Six Sigma*.

Lean Manufacturing é uma metodologia utilizada para criar um sistema de produção altamente adaptável às demandas do mercado, baseando-se na busca pela eliminação total de desperdícios e maximização de atividades que agregam valor e benefícios (NAWANIR; TEONG; OTHMAN, 2013).

O *Six Sigma* é uma metodologia estruturada e disciplinada, usada para melhorar o desempenho dos processos e alcançar altos níveis de qualidade a partir da redução da variabilidade, concentrando-se em melhorar o atendimento e a compreensão das necessidades do cliente, adaptando-as aos seus processos produtivos e organizacionais (MIGUEL et al., 2014; ISMYRLIS; MOSCHIDIS, 2013).

Lean Manufacturing e *Six Sigma* partilham muitas semelhanças, como por exemplo, sua origem, pois foram criados pela busca de melhoria dos processos de produção, nos princípios e métodos, nas características estruturais, na necessidade de suporte da gestão, no foco nas exigências dos clientes, além dos dois poderem ser aplicados em outras atividades, e não somente na manufatura. Porém sua força está em completar um ao outro, dando origem

ao *Lean Six Sigma*, mostrando-se altamente eficiente, já que permite que as empresas adeptas dessa metodologia aumentem significativamente o potencial de melhoria de seus processos, serviços e produtos (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Em função do exposto, a questão de pesquisa que norteou o desenvolvimento deste trabalho foi: como as empresas fornecedoras do setor automotivo customizaram a metodologia *Lean Six Sigma* ou alguns de seus elementos para sua realidade? Quais os elementos críticos, as boas práticas e as principais dificuldades no seu desenvolvimento?

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho visa estudar a implantação e utilização da metodologia *Lean Six Sigma* ou parte dela, em três empresas fornecedoras do setor automotivo brasileiro.

Como objetivo específico, o trabalho pretende observar os elementos críticos, analisar o desenvolvimento de boas práticas e principais dificuldades da utilização dessa metodologia em empresas do setor.

1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa está delimitada em relação ao objeto de estudo (*Lean Six Sigma*), em relação ao tipo de empresa estudada (empresas de grande porte, fornecedoras do setor automotivo), em relação recorte geográfico (empresas com atuação no Brasil) e também em sua possibilidade em disponibilizar informações referentes a seus processos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A competitividade no ambiente industrial aumentou consideravelmente, e como consequência direta, a busca por diferentes técnicas e práticas de gestão para alcançar melhor desempenho em todos os processos têm sido uma grande preocupação das organizações interessadas em solidificar sua presença no mercado global. Verifica-se intensamente este movimento em empresas do setor automotivo, que estão desenvolvendo programas para melhorar seus processos de produção, buscando reduzir desperdícios e aumentar os lucros (CAMPOS, 2013).

A indústria automotiva desempenha importante papel na economia brasileira, o qual movimenta uma cadeia considerável que engloba fabricantes, fornecedores de matéria-prima, autopeças, distribuidores, postos de gasolina, seguradoras, oficinas mecânicas, borracharias, empresas de comunicação, agências de publicidade, entre outros. Essa cadeia, que está interligada, emprega milhões de trabalhadores, gera renda familiar e faz a roda da economia girar (ANFAVEA, 2014).

As indústrias do setor automotivo são as mais ativas e envolvidas em esforço de qualidade, baixo custo de produção, atividades de melhoria contínua, desenvolvimento de cadeias de suprimentos e adoção de tecnologia avançada (HABIDIN; YUSOD, 2013).

Qualidade é um pré-requisito e não mais um diferencial em um ambiente de negócios altamente competitivo como este. As indústrias buscam eliminar problemas como mão-de-obra desqualificada, baixo fluxo de informações, matéria-prima de baixa qualidade, falta de organização, gerenciamento e planejamento que contribuem para a má qualidade de produtos, serviços e operações. Uma alternativa a esta situação é o desenvolvimento de programas como *Lean Six Sigma* (PRASHAR, Anupama, 2014).

Lean Six Sigma está em ascensão em diversas empresas, pois se tem mostrado uma excelente ferramenta de gestão ao melhorar o fluxo de processos e operações, aumentando a qualidade dos processos (SARKAR; MUKHOPADHYAY; GHOSH, 2013).

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho se deu pela curiosidade e oportunidade em estudar a aplicação de uma metodologia eficaz como *Lean Six Sigma* e pela necessidade recorrente em trabalhar com melhoria de processos e diminuição de desperdícios no momento presente; o estudo no setor automotivo foi selecionado pela relevância desse campo na economia brasileira e pela inovação constante nesse mercado. Portanto, o interesse em discutir a metodologia com a conveniência de visualizá-la na prática, mostrou-se como uma considerável justificativa para tal realização.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, os quais compreendem um estudo sobre a metodologia *Lean Six Sigma* e sua aplicabilidade nas indústrias nos dias de hoje. O primeiro capítulo é introdutório e contempla uma visão geral a respeito do tema e do trabalho desenvolvido, com justificativas e relevâncias.

O segundo capítulo traz o referencial teórico de *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma*, com as principais ferramentas de cada metodologia, oferecendo uma base ao estudo, de maneira que se tenha suporte para desenvolver o trabalho. Ao final do capítulo são apresentados os fatores críticos de sucesso ou de dificuldade, discutidos e evidenciados pelos autores, ao se consolidar a implementação da metodologia em questão.

O terceiro capítulo abrange o método de pesquisa selecionado para este trabalho, o qual trata de múltiplos estudos de caso, com entrevistas, análises diretas e observações *in loco* para coleta de dados, informações ou recolhimento de opiniões que envolvem perguntas específicas para as questões abordadas. Esse capítulo traz ainda o cronograma e plano de atividades desenvolvido, com as etapas de realização.

O quarto capítulo aborda os três estudos de caso realizados neste trabalho, descrevendo as circunstâncias e cenários de cada uma das empresas quanto ao desenvolvimento, implementação e aplicação do *Lean Six Sigma* como metodologia, selecionando as principais boas práticas e dificuldades desencadeadas em cada caso.

O quinto capítulo sintetiza e discute as boas práticas e dificuldades discutidas no capítulo quatro, de maneira a apresentar um resultado para este trabalho de graduação.

O sexto capítulo conclui as atividades desenvolvidas neste trabalho, com todas as lições aprendidas, resumindo o conhecimento adquirido durante sua execução.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A concorrência e as necessidades dos clientes mais exigentes têm forçado as organizações a melhorarem continuamente a qualidade de seus produtos, processos e serviços, como meio de ganhar vantagem competitiva e estratégica; com essa finalidade diferentes métodos como *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma* vem sendo empregados, buscando reduzir os desperdícios com o processo e aumentar os lucros (SARKAR; MUKHOPADHYAY; GHOSH, 2013; JIRASUKPRASERT et al., 2014; CAMPOS, 2013).

2.1 LEAN MANUFACTURING

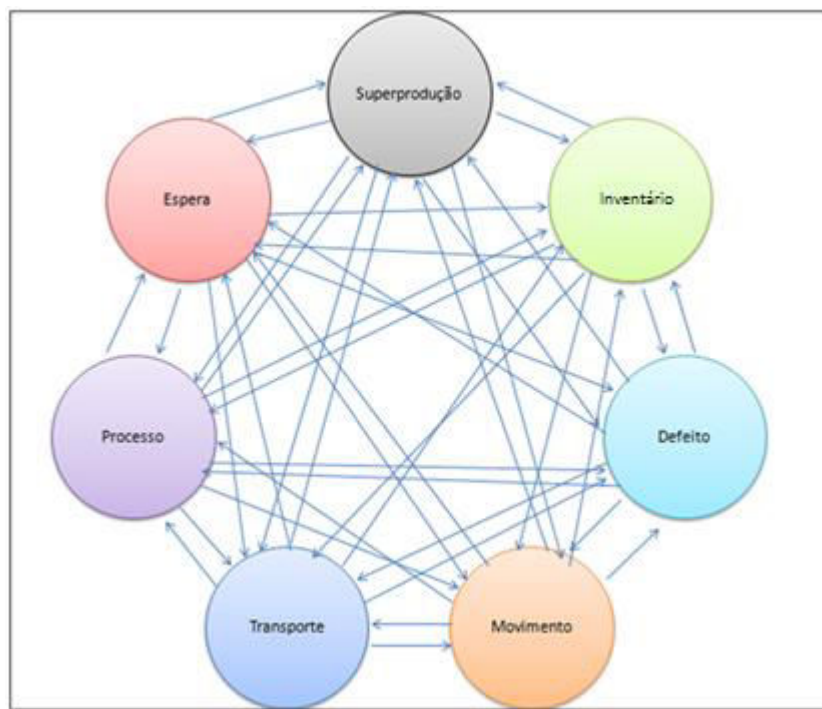
Lean manufacturing (LM) ou Sistema Toyota de Produção (STP) foi originado no chão de fábrica da Toyota *Motor Corporation*, durante o período pós-segunda guerra mundial; o termo *Lean* foi cunhado para descrever um sistema de produção que utiliza menos recursos em comparação com a produção em massa (NAWANIR; TEONG; OTHMAN, 2013).

LM é definido como um sistema de produção integrado destinado a maximizar a capacidade e reutilização, além também de diminuir os estoques e a variabilidade do processo produtivo por meio, principalmente, da eliminação de desperdícios (VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2013). O método é baseado em 5 princípios (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013):

- Valor: criar valor para a organização com base nas necessidades do cliente, preços e prazos de produtos ou serviços;
- Fluxo de Valor: classificar o processo produtivo em três elementos - o processo que gera valor, o processo que não gera valor, porém é essencial, e o processo que gera desperdícios e deve ser eliminado imediatamente;
- Fluxo Contínuo: realização progressiva de tarefas ao longo do fluxo de valor, para que o produto passe pelas etapas de planejamento e execução até chegar às mãos do cliente sem interrupções nos processos;
- Sistema de produção puxada: o consumidor puxa o fluxo de valor. Os produtos não são mais estocados e tornam-se valorizados, ou seja, a empresa vai produzir somente aquilo que foi solicitado pelo consumidor; e
- Perfeição: consiste no aperfeiçoamento contínuo dos processos, produtos, técnicas e conduta.

O STP tem como finalidade eliminar sete tipos de desperdícios, que estão interligados entre si (Figura 1), ou seja, a existência de um corresponde à existência de todo o restante, sendo eles: superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos, possibilitando então gastar menos esforço humano, menos estoques, menos tempo para desenvolver produtos, e menos espaço para se tornar altamente responsiva à demanda dos clientes, ao mesmo tempo, produzindo produtos de qualidade de forma mais eficiente e econômica (CHAUHAN; SINGH, 2012).

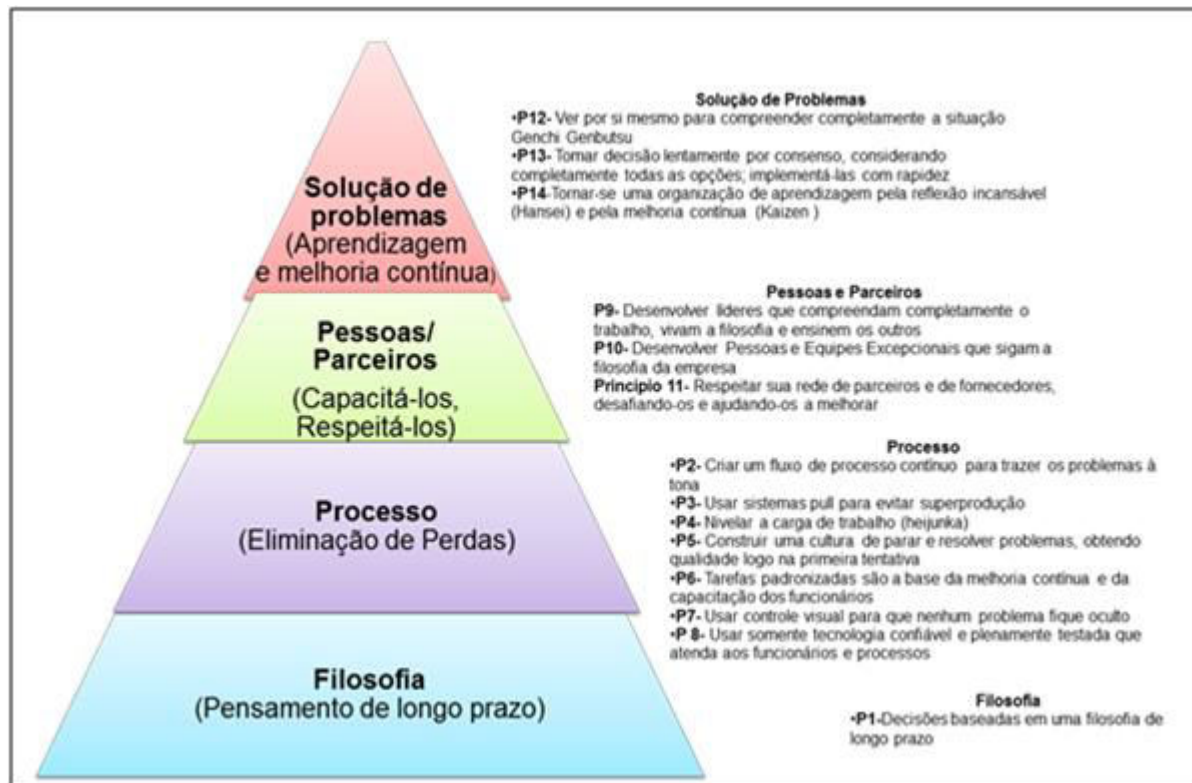
Figura 1 - Sete tipos de desperdícios



Fonte: Arya; Jain (2014)

O STP apresenta 14 princípios, subdivididos em quatro categorias, conhecidas como 4Ps do modelo Toyota (Figura 2), que abordam um conjunto de ferramentas que consolidam a metodologia *Lean* e permitem a sua implementação (GAO; LOW, 2014).

Figura 2 - 4Ps do Modelo Toyota



Fonte: Gao; Low (2014).

Outra classificação correspondente aos cinco princípios *Lean*, também correlacionada com o modelo 4Ps, foi apresentada por Meiling et al. (2012), porém é mais específica, pois subdivide-se em 14 princípios:

- Princípio 1- Decisões baseadas em uma filosofia de longo prazo: o STP trabalha com o propósito que vai além de ganhar dinheiro, ela sustenta o propósito de gerar valor ao cliente, à sociedade e funcionários. Esta filosofia desenvolve uma visão de longo prazo e trabalha para alcançá-la, substituindo as perdas financeiras de curto prazo.
- Princípio 2- Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona: segundo o STP a existência de um fluxo contínuo por toda a organização é a chave para o processo de melhoria contínua. A criação de um fluxo de materiais e informações que una pessoas e processos garante que os problemas apareçam de forma imediata, além de contribuir para o desenvolvimento dos trabalhadores.
- Princípio 3- Usar sistemas puxados para evitar superprodução: o STP trabalha com processos puxados, ou seja, só oferece aos seus clientes o que eles precisam, na hora certa e na quantidade necessária; a reposição de estoques é iniciada pelo consumo. A adoção de sistemas puxados minimiza trabalho e inventário estocando pequenas quantidades de cada produto, realizando a reposição baseada no que o consumidor realmente retira.

- Princípio 4- Nivelar a carga de trabalho (heijunka): trata-se de um princípio fundamental para a realização de processos puxados. Quando se aplica o STP, a primeira coisa a fazer é equilibrar ou nivelar a produção, ou o heijunka. O nivelamento da produção em volume e em combinação de produtos apresenta grandes benefícios em todo o fluxo de valor, incluindo a possibilidade de planejar cada detalhe da produção e planejar práticas de trabalho.

- Princípio 5- Construir uma cultura de parar e resolver problemas, obtendo qualidade logo na primeira tentativa: trata-se de um princípio baseado no jidoka, de interromper o processo para aumentar a qualidade; nenhum processo ou produto pode ter continuidade na linha de produção se contiver anormalidade, deve-se parar imediatamente a linha e corrigir o erro, evitando assim a repetição do mesmo e/ou gastos com inspeção e conserto depois que os erros acontecem.

- Princípio 6- Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários: padronização é a essência da metodologia Lean e forma a base da melhoria contínua, estabelecendo melhores práticas para qualidade, tempo, custo e segurança. A padronização de processos não envolve apenas a minimização de variações, mas também a realização de atividades *kaizen* para atingir a melhoria contínua.

- Princípio 7- Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto: no chão de fábrica usa-se gestão visual com o objetivo de tornar o processo transparente e assim, permitir facilmente a detecção de anormalidade ou defeitos. Trata-se de diversas ferramentas de controle visual, bem como as práticas de 5S.

- Princípio 8- Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos: no STP a adoção de uma tecnologia somente realiza-se quando é exaustivamente testada, comprovando ser confiável e o quanto suporta o fluxo contínuo na operação e adequa-se à pessoas.

- Princípio 9- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e ensinem os outros: o STP busca fortalecer os líderes da organização, a medida que seu trabalho não é visto apenas como cumprir tarefas, mas como exemplos da filosofia, eles entendem detalhadamente os processos da organização e devem se aperfeiçoarem de modo a transmitirem os fundamentos da filosofia Lean.

- Princípio 10- Desenvolver Pessoas e Equipes Excepcionais que sigam a filosofia da empresa: no STP cria-se uma cultura forte que perpetua valores e crenças, busca-se sempre aperfeiçoar pessoas e equipes que trabalhem para a constante melhoria da filosofia *Lean*, a

fim de elevar a qualidade e produtividade, além de os tornarem dependentes para a resolução de problemas.

- Princípio 11- Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar: o STP considera seus fornecedores parceiros da empresa, por isso devem ser incentivados e apoiados, através do estabelecimento de uma relação estável e de longo prazo, com respeito, troca de informações e cooperação, facilitando a integração de esforços conjuntos no funcionamento de processos, solução de problemas e melhoria contínua.

- Princípio 12- Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*): um elemento crítico da STP é o *genchi genbutsu*, interpretado no sentido de ir à fonte para compreender totalmente a situação real, observar e analisar em profundidade o que esta acontecendo. Não se limita a mostrar determinação dos líderes para resolver problemas, mas o mais importante, ele suporta a expectativa de que os líderes devem ser fontes confiáveis de tecnologia e decisões.

- Princípio 13- Tomar decisão lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez: antes de qualquer tomada de decisão. No STP são feitas discussões com todos os envolvidos a respeito dos problemas e soluções, considerando todas as ideias e opiniões (prática informal conhecida como *nemawashi*), apesar de consumir tempo, este processo amplia o leque de soluções, e uma vez que a decisão for tomada, o palco estará pronto para uma rápida implementação.

- Princípio 14- Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (*hansei*) e pela melhoria contínua (*kaizen*): é considerado o principal princípio, pois está diretamente ligado com a melhoria contínua e manutenção de melhoria, em que através da reflexão (*hansei*) incansável é possível identificar imediatamente uma perda, para que os funcionários utilizem um processo *kaizen* para eliminá-la. Trata-se de um processo a manter e utilizar as melhores práticas desenvolvidas pela equipe/setor em cada novo projeto ou troca de gestão.

Profissionais empregam diferentes ferramentas *Lean* de acordo com cada tipo de ambiente de trabalho; tem-se como um desafio identificar a ferramenta mais adequada com base no processo de produção recorrente em cada empresa (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013).

Os métodos e ferramentas *Lean* têm ajudado organizações manufatureiras a melhorarem suas operações e processos (BELEKOUKIAS; GARZA-REYES; KUMAR, 2014), concentrando-se principalmente em explorar formas de identificar e eliminar os sete tipos de desperdícios que não acrescentam valor para o cliente ou para a organização (TYAGI et al., 2015). Belekoukias et al. (2014) consideram *Just in Time* (JIT), *Total Productive Maintenance* (TPM), automação, mapeamento de fluxo de valor (MFV) e kaizen/melhoria contínua como alguns dos métodos essenciais da abordagem *Lean* (BELEKOUKIAS; GARZA-REYES; KUMAR, 2014).

A seguir será exposto de forma abrangente e clara algumas das principais ferramentas, abordagens/metodologias da filosofia *Lean Manufacturing*.

JUST IN TIME

O conceito *Just in Time* (JIT) desenvolvido pela Toyota é considerado o principal pilar do STP e é uma abordagem para desenvolver e operar um sistema de manufatura (GONZALEZ; MARTINS, 2014), capaz de atender a demanda de clientes no exato momento o qual foi solicitado e com maior qualidade (SINGH; AHUJA, 2013).

A adoção do JIT permite que uma empresa reaja imediatamente e com muita precisão às exigências do cliente e do mercado (DANESE; ROMANO; BORTOLOTTI, 2013), já que está atrelado a uma série de princípios ou técnicas com o objetivo de melhorar a produtividade, lucros e qualidade, eliminando resíduos no sistema de produção (ZHA; YU, 2014), baseando-se no Sistema de Produção Puxada, em que o processo, desde a solicitação de matéria-prima até o produto final, só acontece quando for requerido pelo cliente (SINGH; AHUJA, 2013).

O objetivo fundamental do JIT é eliminar todos os resíduos do ciclo de produção através da melhoria contínua, pois ele reduz a complexidade de solicitação do material, a necessidade de rastreamento do chão de fábrica, matéria-prima, bem como WIP (*work in process* - quais tarefas estão sendo executadas em determinado ponto de processo), inventários, e sistemas de aquisição; auxilia na produção de acordo com *takt time* (tempo de produção disponível pelo número de unidades a serem produzidas em função da demanda, ou seja, o ritmo de produção necessário para atender a demanda) (SINGH; AHUJA, 2013; DANESE; ROMANO; BORTOLOTTI, 2013).

Uma importante mudança que ocorre como consequência da implementação do JIT é a substituição das tradicionais linhas retas pelas linhas-U, que facilitam a produção puxada, e onde os operadores tem a visão de toda a linha do processo produtivo, além de melhorar a comunicação e colaboração mútua do grupo (ZHA; YU, 2014).

As vantagens implicadas na utilização do JIT estão relacionadas com a redução de estoque, fluxo ininterrupto de material, redução de ciclos de entrega, aumento da dependência e confiança nas operações de planejamento logístico (PRASHAR, 2014).

JIDOKA

Jidoka ou automação é um conceito criado pelos japoneses, (PETRI et al., 2014), é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção (STP) e está ligado especificamente ao controle de qualidade da produção sem a necessidade de supervisão humana constante, atrelado à parada imediata de operação da linha de produção quando surge um problema (BELEKOUKIAS; GARZA-REYES; KUMAR, 2014).

A automação visa à redução dos defeitos de qualidade através do uso de ferramentas que incluem plataformas de provas de erro (*poka-yoke*) e controle visual de sistemas (BELEKOUKIAS; GARZA-REYES; KUMAR, 2014).

Na linha de produção existe um controle visual que não necessita da supervisão humana, direcionando a força de trabalho para atividades que agregam valor (PETRI et al., 2014). Segundo Petri et al. (2014), esse controle visual é utilizado para notificar a situação das máquinas e da linha de produção inseridas no processo, o que ajuda a detectar a raiz do problema de qualidade, quando este ocorre. Em um eventual problema, a linha de produção é imediatamente interrompida até que a causa seja apurada e finalmente eliminada (SUNDARA; BALAJIB; KUMAR, 2014).

KANBAN

Kanban é uma palavra japonesa que significa registro visível ou parte visível, trata-se de uma das ferramentas do LM e refere-se a um tipo de sinal, como, por exemplo, cartões *kanban* (RAHMAN; SHARIF; ESA, 2013).

A utilização do sistema *kanban* é uma decisão estratégica operacional para ser utilizada em linhas de produção quando a demanda de produtos está disponível (RAHMAN; SHARIF; ESA, 2013).

O *kanban* é uma ferramenta simples e eficaz essencial nos sistemas puxados (POWELL; SKJELSTAD, 2012); é uma estratégia de controle de produção que visa controlar o WIP de um sistema, mantendo uma resposta satisfatória às demandas dos clientes (TURNER et al., 2014).

No processo de fabricação, a abordagem *kanban* fornece um meio visual de gerenciamento do fluxo em um processo, onde são criadas placas de sinais de acordo com sua capacidade, e um cartão é associado a cada atividade (TURNER et al., 2014). Uma vez que todas as cartas tenham sido associadas, nenhum outro trabalho pode ser iniciado até que alguma peça de trabalho esteja concluída e seu respectivo cartão esteja disponível (TURNER et al., 2014).

Existem diversos parâmetros da estratégia *kanban* para um determinado tipo de ambiente de produção, alguns fatores como nível de instabilidade do sistema, fator de carregamento, número de produtos, natureza da produção e o estilo de gestão são considerados critérios importantes e críticos na determinação da escolha estratégica (FACCIO; GAMBERI; PERSONA, 2013).

Para assegurar o bom funcionamento das linhas de produção, o *kanban* exige compromisso de fornecedores na prestação de serviços rápidos para abastecimentos eficazes de matérias-primas, já que o processo requer um nível mínimo de estoques na linha de produção, no qual o número de inventários deve ser igual aos números de produção. Existem cinco critérios importantes na escolha de fornecedores: qualidade, disponibilidade para trabalhar em conjunto, competência técnica, localização, e preço (RAHMAN et al; 2013).

A utilização de sinais visuais para sincronizar o fluxo de trabalho com a capacidade de processo pode limitar a interrupção dos trabalhos, minimizar o excesso de inventário ou gerar atraso por escassez, evitar o retrabalho desnecessário e fornecer um meio de controle do processo (TURNER et al., 2014; POWELL; SKJELSTAD, 2012).

HEIJUNKA

Heijunka é o termo japonês usado para nivelamento da produção, uma estratégia utilizada pelo LM para eliminar o excesso de produção (DEIF; ELMARAGHY, 2009).

O nivelamento da produção é o processo no qual as linhas de produção de modelos mistos e unidades de produção estão devidamente organizadas, e não são fabricadas em uma ordem aleatória, o que minimiza as variações no consumo de peças e carga de trabalho nos centros de produção (MARKSBERRY; BADURDEEN; MAGINNIS, 2011).

O nivelamento da produção tem sido usado para fazer um sequenciamento otimizado de vários modelos de produtos (ou variantes de produtos) durante a fabricação, de modo que os picos e vales na demanda por produtos sejam suavizados em todo o período de planejamento para permitir reduções de custos globais e maior eficiência (MARKSBERRY; BADURDEEN; MAGINNIS, 2011).

O nivelamento da produção atinge a capacidade de balanceamento e sincronização de todas as operações de produção num dado ciclo, suprimindo a demanda pelos produtos de um modo preciso e flexível, ou seja, significa que após a normalização, os componentes aleatórios de altas frequências e a produção de todos os produtos num dado turno serão equivalentes à demanda (DEIF; ELMARAGHY, 2009).

Muitos estudos comprovam que a adoção simultânea de técnicas de produção JIT, tais como *cellular manufacturing*, SMED, *small lots*, *kanban* e *heijunka*, aumenta a eficiência e desempenho de entrega (DANESE; ROMANO; BORTOLOTTI, 2012). A implementação bem sucedida de ferramentas e princípios do LM (*kaizen*, *kanban*, SMED, *tpm*, *poka-yoke*) resulta em sistemas de produção com alta velocidade de entrega e flexibilidade, que melhoram o nivelamento da produção total (DEIF; ELMARAGHY, 2009).

5S

5S é um método/filosofia japonesa usado para criar e manter um ambiente de qualidade em uma organização, refere-se às iniciais de 5 palavras: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seketsu* e *Shitsuke* (ALESSANDRO; MALCOLM; ANTONY; CHANG, 2013; CHANG; CHEN, 2014). Os autores Suárez-Barraza e Pujol (2012) e Gupta e Kumar (2015) definem os 5S da seguinte maneira:

- *Seiri* (Triagem): refere-se ao primeiro passo do 5S em que a ideia é eliminar os itens desnecessários no ambiente de trabalho, ajudando na eliminação de ferramentas quebradas, sucatas e acessórios obsoletos. Um conjunto de critérios são levantados como: qual a quantidade necessária? Qual a frequência em que é necessário? É útil? Após responder

tais questões, são colocadas *tags* vermelhas no que não é mais útil e posteriormente, são eliminados da organização;

- *Seiton* (Ordenar): Refere-se ao segundo passo do 5S em que cada item tem seu lugar dentro da organização. É uma etapa fundamental pós *Seiri*, o lugar de cada item deve ser claramente identificado para o uso diário, através de um controle visual, para isso, então, são utilizadas cores a fim de que a identificação seja rápida, além do armazenamento dos itens semelhantes juntos, e a utilização de racks, placas de identificação, e numeração;

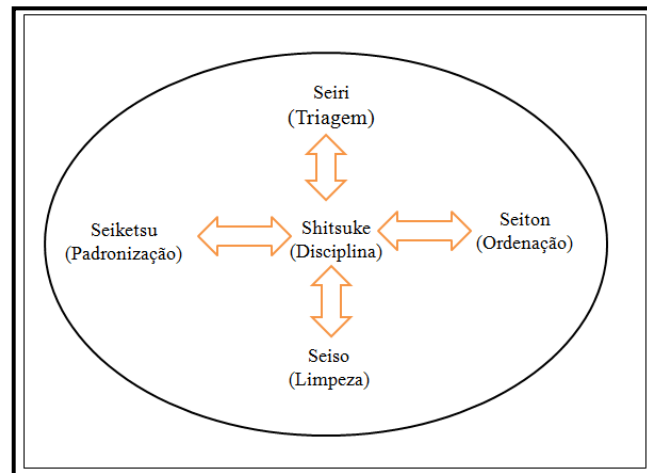
- *Seiso* (Limpar): Refere-se ao terceiro passo do 5S. É a limpeza preventiva com o objetivo de manter o ambiente de trabalho limpo, ou sujá-lo o mínimo possível. A manutenção preventiva garante um ambiente de trabalho mais seguro e confortável, mantém equipamentos e máquinas em bom estado, além de agir como um fator motivacional para os trabalhadores;

- *Seiketsu* (Padronizar): O quarto passo refere-se à manutenção dos três passos anteriores através da padronização/normalização, normalmente são realizadas auditorias que têm pontuações e devem ser atribuídas para áreas de responsabilidade. Além disso, esse passo preza pelo bem estar e saúde dos funcionários. Costuma-se realizar programas como, por exemplo, a prática de exercícios físicos e relaxamento; e

- *Shitsuke* (Disciplina): é o S mais importante, já que todos os outros passos estão diretamente relacionados a ele (Figura 3). Para conquistar e manter os demais passos, *Shitsuke* está focado na pessoa em si, com o desenvolvimento de hábitos de melhoria e mudança através da autodisciplina. Quando uma equipe é formada por pessoas disciplinadas nota-se melhoria no ambiente de trabalho, pois há redução de estresse e tensão do dia a dia. Acompanhamento e aconselhamento constante de cada funcionário, seguidos por condecorações (através de bônus salarial ou certificados) são meios de incentivar a disciplina.

Diversas abordagens de melhoria como: Sistema Toyota de Produção, *kaizen*, TQM (Total Quality Management), utilizam 5S como parte integrante de seus sistemas devido a sua enorme contribuição, seja na implementação e/ou manutenção destas filosofias (SUÁREZ-BARRAZA; PUJOL, 2012). No STP, por exemplo, é necessário estabelecer os dois primeiros Ss (*Seiri* e *Seiton*), que servem de base, em qualquer organização, para um processo de padronização e eliminação dos excessos (SUÁREZ-BARRAZA; PUJOL, 2012).

Figura 3 - Os 5S



Fonte: Suarez-Barraza; Pujol (2012)

Considerada como requisito básico para o desenvolvimento de sistemas de produção puxada e pré-requisito fundamental para o pensamento *Lean* (e também para a eliminação de desperdício e de normalização), 5S é primordial para a melhoria contínua, além de relacionar-se com algumas normas ISO (SUÁREZ-BARRAZA; PUJOL, 2012).

Em resumo 5S é adequado para intervir em uma variedade de diferentes classes de fabricação mundial e de melhorias de estratégias, incluindo a família ISO (SUÁREZ-BARRAZA; PUJOL, 2012).

KAIZEN

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que significa mudança para melhor, é um importante componente do LM e refere-se a uma filosofia de gestão focada na melhoria contínua dos processos de fabricação, de gestão de negócios, do ambiente de trabalho e dos funcionários (ARYA; JAIN, 2014).

Kaizen não exige em sua execução grandes investimentos, e sim compromisso e esforços contínuos ao observar o processo (ARYA; JAIN, 2014). A participação dos trabalhadores também é crucial: não só os indivíduos devem estar envolvidos na equipe *kaizen* (que pode exigir tempo extra), mas também, devem estar equipados com instalações relevantes (por exemplo, salas de reuniões), habilidades (capacidade de resolução de problemas, análise estatística) e equipamentos (SHANG; PHENG, 2013). Prioridades e metas devem ser estabelecidas de modo a não desperdiçar esforço em projetos com retorno insignificante (SHANG; PHENG, 2013).

Shang e Pheng (2013) citam 3 características do *kaizen*:

1. *Kaizen* é contínuo: esta é a natureza única da prática, visto como uma jornada sem fim para a qualidade e eficiência. Um dos equívocos comuns é que, depois de décadas de *kaizen*, há pouco espaço para melhorias.
2. *Kaizen* é incremental: em contraste com a inovação organizacional ou tecnológica, atividades *kaizen* apreciam melhoria incremental.
3. *Kaizen* é participativo: implica no envolvimento e na inteligência da força de trabalho. Atividades *kaizen* devem envolver todos - a alta gerência, gerentes e trabalhadores.

O objetivo principal do *kaizen* é a eliminação de resíduos, e este sistema pode ser combinado com o mapa de fluxo de valor e o 5S para atingir esses objetivos (ARYA; JAIN, 2014).

Existem vantagens competitivas, as quais os funcionários passam a ter a sua moral, criatividade e motivação elevadas, também auxilia na redução de custos e inventários, aumento da qualidade, e o ambiente de trabalho torna-se mais seguro (ARYA; JAIN, 2014).

Há duas funções principais *kaizen* que exigem atividades diárias da gestão (ARYA; JAIN, 2014):

- *Kaizen* de Manutenção: está relacionado com situações inesperadas ou erros inevitáveis. O objetivo do *kaizen* de manutenção é trazer o sistema de volta as atividades e manter as tecnologias atuais de gestão e normas de funcionamento, através de treinamentos e disciplina;
- *Kaizen* de Melhoria: refere-se às atividades voltadas para elevar os padrões atuais;

Há pelo menos três tipos específicos de *kaizen* (ARYA; JAIN, 2014):

- *Kaizen* orientado para gestão: é o que incide sobre a estratégia da empresa envolvendo todos os funcionários, por isso considerado o mais importante;
- *Kaizen* orientado para grupo: é representado por círculos de qualidade, com exigência de que os funcionários formem um time para solucionar problemas do dia a dia, sem qualquer envolvimento da gestão; e
- *Kaizen* orientado individualmente: deriva do conceito de design de baixo para cima, em que o trabalhador faz uma recomendação para determinado problema enfrentado. Como o trabalhador encontra-se no chão de fábrica, normalmente, tem a visão de quais são as melhores soluções para os problemas.

Singh e Singh (2012) citam as 4 atividades associadas ao evento *kaizen*:

- Zero Defeito: na organização é adotada a mentalidade do zero defeito, no qual os funcionários de maneira espontânea e autônoma focam na melhoria de suas atividades;
- Os Regimes de Sugestão: refere-se ao sistema de sugestão, que avalia, considera e processa as sugestões fornecidas pelos funcionários;
- Política de Implantação: processo pelo qual os objetivos da gestão de topo são promovidos em toda a organização, não sendo necessariamente exigidas atividades resultantes; e
- Atividades de Pequenos Grupos: formam o núcleo de atividade *kaizen* evidente.

Segundo Arya e Jain (2014) *kaizen* está fundamentado nos seguintes princípios:

- *Kaizen* é um sistema orientado para o processo;
- Aperfeiçoamento Contínuo e manutenção dos padrões: visa manter os avanços atingidos, e estar competente a atingir um novo patamar de melhoria quando necessário, para isso os funcionários e a empresa devem estar sempre preparados; e
- Orientação de pessoas: Cada um dos funcionários deve estar envolvido no processo de melhoria.

Segundo Kumar et al. (2015), as principais características *kaizen* permeiam as seguintes ideias:

- É uma intervenção autossuficiente;
- É focada na parte de um fluxo de valor específico;
- Busca a melhoria dos processos existentes ao invés da implementação de soluções que necessitem de investimentos em novas tecnologias; e
- Utiliza o conhecimento dos próprios funcionários para propor melhorias.

EVENTO KAIZEN

Muitas vezes para implementar o LM é utilizado o mecanismo de evento *kaizen*, o qual trata-se de um projeto de melhoria focada e estruturada, que possui objetivos específicos bem definidos para um período de tempo acelerado, e possui uma equipe multifuncional, engajada e comprometida a melhorar uma área de trabalho específica (JIN; DOOLAN, 2014).

Evento *kaizen* assemelha-se ao *kaizen* já que enfatiza a mudança incremental, soluções de baixo custo, capacitação dos funcionários, bem como o desenvolvimento de uma cultura

organizacional de melhoria contínua, mas difere por ter uma natureza de curto prazo (JIN; DOOLAN, 2014).

Deve-se ter o escopo e o objetivo do evento *kaizen* bem definidos antes da sua aplicação, e que seja viável para a composição e tamanho da equipe (KNECHTGES; DECKER, 2014; JIN; DOOLEN, 2014). Os eventos *kaizen* na maioria das vezes compõem-se de seis etapas, sendo elas (KNECHTGES; DECKER, 2014):

- Treinamento: a maioria dos Eventos *kaizen* destina um determinado tempo para aperfeiçoamento da formação de seus participantes em específicas metodologias e ferramentas como, por exemplo, mapa de fluxo de valor, troca rápida de ferramentas, 5S;
- Análise do estado atual;
- Identificação de melhoria: a equipe utiliza metodologias de melhoria como, por exemplo, diagramas espinha de peixe, *brainstorming* e análise de Pareto, para identificar medidas para atender às métricas estabelecidas para o evento;
- Implementação;
- Teste/Avaliação: a equipe trabalha para implementar e testar as alterações;
- Resultados do relatório: consiste em documentar as alterações e os resultados, e gerar uma lista de itens abertos.

SMED

Tempos de *setup* sempre foram críticos no ambiente manufatureiro (FERRADÁS, SALONITIS; 2013), *Single Minute Exchange Die* (SMED) é uma teoria e um conjunto de técnicas introduzidas por Shigeo Shingo, no Japão, para reduzir os tempos de *setups*, e consiste também em uma ferramenta de gestão do *Lean* (FERRADÁS; SALONITIS, 2013).

LM propõe a produção de uma maior quantidade de produtos em lotes menores, resultando em mais trocas; portanto, uma rápida capacidade de transição é um fator crítico para ser capaz de produzir pequenas quantidades de uma grande diversidade de produtos, com base numa produção puxada (FERRADÁS; SALONITIS, 2013). Neste cenário, SMED mostra-se como um importante aliado para promover a redução do tempo de *setup* (BENJAMIN; MURUGAIAH; MARATHAMUTHU, 2013).

No ambiente de fabricação há dois tipos de operações (ALMOMANI, et al., 2013; FERRADÁS; SALONITIS, 2013):

- Internas: compreendem as atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada, como montagem e desmontagem de ferramentas;
- Externas: compreendem as atividades que podem ser realizadas com as máquinas em pleno funcionamento, por exemplo, transporte de ferramentas para junto das máquinas.

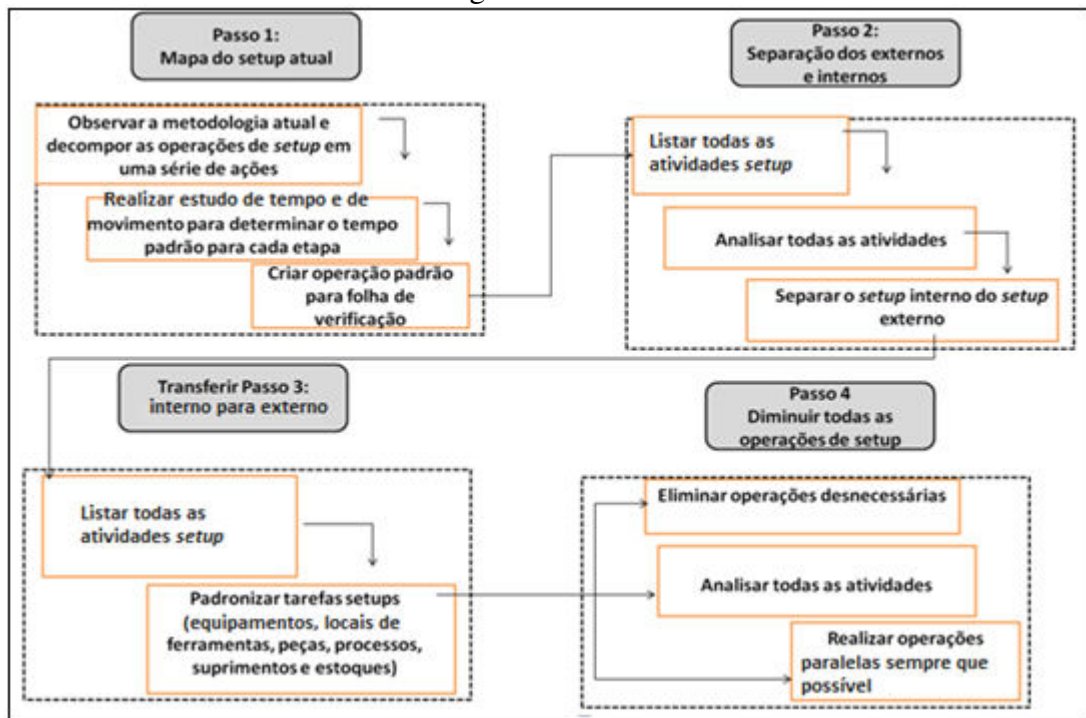
A metodologia SMED é formada por quatro fases individuais (ALMOMANI et al., 2013; BENJAMIN; MURUGAIAH; MARATHAMUTHU, 2013):

- Os *setups* externo e interno não se distinguem: através de cronometragem são identificados os tempos gastos em cada fase do *setup*;
- Separação dos elementos internos dos elementos externos: organizam-se as atividades, classificando-as e separando-as em *setup* externo e *setup* interno;
- Converter *setup* interno em *setup* externo: as atividades internas são convertidas em atividades externas por via da preparação prévia das condições de exploração, padronizando funções importantes; e
- Melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo: todos os aspectos de operações de configuração são simplificados usando vários operadores paralelos que trabalham durante o molde de montagem-desmontagem, investindo em grampos funcionais para fixação mais rápida, utilizando mecanização durante transição como guindastes e controles remotos, a fim de eliminar a necessidade de ajustes.

A utilização da metodologia SMED agrega diversos benefícios como diminuição do tempo de ajuste nas máquinas; melhora da flexibilidade de manuseio do equipamento; trabalho com lotes menores; criação de um fluxo de materiais através da eliminação de espera; e, maximização e disponibilidade da linha de produção, o que minimiza os custos e a capacidade de resposta do sistema produtivo (ALMOMANI et al., 2013).

A Figura 4 mostra esquematicamente as fases de aplicação do SMED.

Figura 4 - SMED



Fonte: Almoni (2013)

Vale notar que para o êxito da metodologia SMED é preciso manter a atenção em alguns outros aspectos que afetam as trocas, como os períodos *run-up* e *run-down* (correspondentes às variações de velocidade ao realizar testes durante o *setup*), a equipe apropriada envolvida na iniciativa, e a manutenção de objetivos claros (FERRADÁS; SALONITIS, 2013).

GESTÃO VISUAL

Gestão Visual ou *Visual Management* (em inglês) ou corresponde a um sistema de melhoria organizacional que pode ser usado em praticamente qualquer tipo de organização para chamar a atenção ao que é importante e para melhorar o desempenho em toda a linha de produção (JACA et al., 2014). Trata-se uma poderosa ferramenta visual para apoiar os processos de gestão e de tomada de decisão nas organizações através da criação de uma estratégia que proporciona informações vitais, logo é um dos elementos essenciais da cultura *Lean* (JACA et al., 2014).

Ferramenta visual é um fator fundamental para sustentar os sistemas de melhoria (JACA et al., 2012). Os dispositivos visuais estão por toda parte e são usados para informar, orientar e instruir sobre muitas das atividades do dia a dia (BELL; Davison, 2013). Elementos

visuais comunicam-se de uma forma diferente da linguagem verbal, e são reconhecidos por sua potência em termos de cognição e memória (BELL; Davison, 2013).

Segundo Jaca et al. (2014) linguagem visual apresenta as seguintes vantagens:

- Fácil assimilação;
- Exposição (os símbolos e imagens são constantes lembretes da mensagem a ser enviada);
- Desencadeamento e apelo de emoções e respostas aos trabalhadores; e
- Unificação (todos os membros da organização têm acesso comum às mesmas informações).

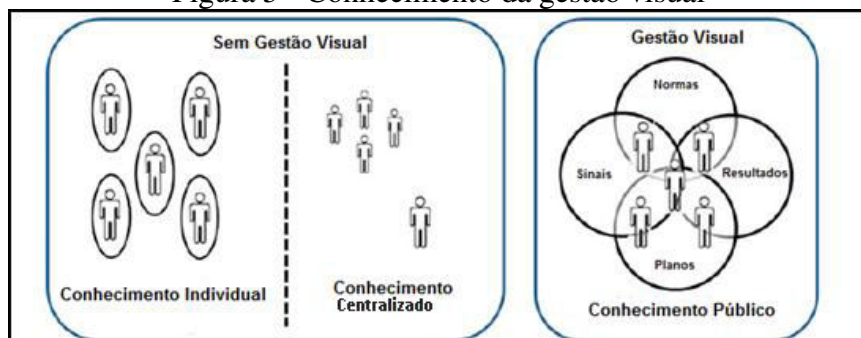
GV é utilizado com vista em sete funções principais: sinalizar participação em grupo; familiarizar os membros com visão empresarial; manter a visão corporativa; alertar membros de uma alteração no ambiente de trabalho; gerir as relações humanas; fornecer caminhos para a expressão; e, transformar o paradigma corporativo (JACA et al., 2014).

GV é um fator importante na comunicação e treinamento em sistemas de manufatura, e é considerado um elemento essencial para a concepção de um sistema de gestão para orientar o processo de melhoria contínua de uma empresa (JACA et al., 2014).

Ferramentas e técnicas típicas da GV podem ser fotos, cartazes, luzes de chamada, luzes Andon, painéis digitais, diagramas de *layout*, gráficos, controles visuais em dispositivos *poka-yoke*, 5S, MFV, *kanban*, diferenciando passarelas de áreas de trabalho, silhuetas pintadas para o ponto onde as ferramentas e equipamentos são armazenados, cartas de controle, entre muitas outras que colaboram nas melhorias pontuais, sendo fácil de usar em tempo útil real (JACA et al., 2014).

Em resumo, GV tenta converter todo o local de trabalho em uma nova fonte de conhecimento que está sempre presente e acessível a todos os trabalhadores, conforme mostrado na figura abaixo (JACA et al., 2014).

Figura 5 - Conhecimento da gestão visual



Fonte: Jaca et al. (2014)

GV ajuda a estimular o envolvimento dos trabalhadores em toda a organização, servindo como base para a melhoria contínua e levando a uma maior sensibilidade para as necessidades dos clientes, melhoria global de satisfação dos clientes, melhoria do conhecimento e habilidades dos funcionários, aumento da satisfação do empregado e um maior empenho e participação dos trabalhadores (JACA et al., 2014).

A melhora de desempenho, desenvolvida por VM através do fornecimento de ferramentas que ajudam os trabalhadores a terem informações para a tomada de decisões de forma rápida e sem supervisão, é um importante benefício da metodologia (KATTMAN et al. 2012).

POKA-YOKE

Várias ferramentas *Lean* como 5S, gestão visual e *poka-yoke* visam facilitar e melhorar a realização do trabalho pelos funcionários (DROTZ; POKSINSKA, 2014). *Poka-Yoke* ganhou destaque quando os fabricantes de automóveis norte americanos começaram a adotar as técnicas *Lean* já difundidas pela Toyota (SOUTHARD; CHANDRA; KUMAR, 2012). É um dispositivo utilizado para evitar ou prevenir as causas de defeitos e/ou para inspecionar o processo produtivo a fim de determinar os itens em conformidade ou com defeito (GITLOW et al., 2013).

Saurin et al. (2012) definem *poka-yoke* como um dispositivo que previne ou detecta anormalidades, que podem ser prejudiciais tanto para a qualidade do produto quanto para higiene e segurança dos funcionários; esse dispositivo aumenta substancialmente a qualidade e confiabilidade de produtos e processos (AMIN et al., 2014).

Segundo Lopes e Quartucci (2013), *poka-yoke* destina-se a evitar a ocorrência de defeitos nos processos de fabricação ou a utilização de produtos causados por falhas ou erros humanos; é composto por dois métodos - controle e alerta - para ajudar na tomada de decisão e resolução de problemas; a técnica identifica erros humanos e cria formas de eliminá-los, a fim de prevenir futuras ocorrências.

Segundo Gitlow et al.(2013) existem três tipos de inspeção:

- Inspeção Julgamento (inspeção em massa): é um processo de triagem de itens em categorias de conformidade e não conformidade;
- Inspeção Informativa (por exemplo, controle estatístico de processo): processo de coleta e análise de dados para evitar que defeitos ou erros ocorram no futuro;

- Fonte de Inspeção: determina se existem condições que podem causar defeitos ou erros em um processo, bem como colabora para a eliminação dos mesmos. Trata-se de inspeção de massa, mas o objetivo é o de diminuir o tempo de ciclo para obter informação sobre a saída de um processo, e não para classificar os defeitos.

Os autores citam diversas classificações para o dispositivo *poka-yoke* e uma delas foi considerada abaixo, a qual apresenta alguns fatores de análise da ferramenta (SAURIN; RIBEIRO; VIDOR, 2012):

- Físicos: quando bloqueiam o fluxo de massa, energia ou informação, e não dependem da interpretação de usuários (por exemplo, uma parede);
- Funcionais: se pode ser transformado ou desativado devido a um evento (por exemplo, um bloqueio ou uma senha), sem depender da interpretação do usuário;
- Simbólicos: quando exigem interpretação dos operadores e ainda estão fisicamente presentes no momento em que é necessário (por exemplo, um sinal de segurança);

Do ponto de vista da qualidade, os dispositivos *poka-yoke* podem ser classificados em proativos (quando evitam anomalias) ou reativos (quando detectam anomalias) (SAURIN; RIBEIRO; VIDOR, 2012):

- Proativo
 - (a) Fonte de inspeção, o que evita a ocorrência de um defeito;
- Reativo:
 - (a) Auto inspeção, que detecta um defeito no momento da operação em que é gerado;
 - (b) Fiscalização sucessiva, que detecta um defeito na operação seguinte à operação em que foram gerados; e
 - (c) Inspeção julgamento, que detecta o defeito após o processamento, em geral através da amostragem.

Segundo Saurin et al. (2012), os dispositivos *poka-yoke* podem ser representados como função de controle e função de advertência:

- Função de controle
 - (a) Desliga a máquina, ou bloqueia fisicamente a continuidade de um processo manual, uma vez que ele detecta a anormalidade;
 - (b) Não permite que o operador escolha como realizar a tarefa, mas obriga-o a realizá-la corretamente; e
 - (c) exclui automaticamente as peças defeituosas para a produção fluir.

- Função de advertência
 - (a) através de dispositivos simbólicos (por exemplo, emissão de luz e/ou alarme sonoro), é alertada a ocorrência de anormalidade.

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Total Productive Maintenance (TPM) é uma metodologia de melhoria desenvolvida pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), orientada à produção a fim de aperfeiçoar a confiabilidade de equipamentos e garantir eficiência na utilização da planta em conjunto com o envolvimento dos funcionários, através de funções fabris como manutenção e engenharia (KAUR; SINGH; AHUJA, 2013). TPM mostra-se muito eficaz para o alcance dos objetivos organizacionais e aquisição de competências fundamentais no ambiente competitivo, já que é uma técnica altamente influente no núcleo de gestão de operações (JAIN; RAJBIR, 2014).

Qualidade e manutenção são fatores vitais para uma organização manufatureira alcançar a sustentabilidade, TPM é uma das melhores ferramentas para tornar as indústrias competitivas e eficazes no domínio da manutenção (KAUR; SINGH; AHUJA, 2013). TPM, através do aumento de disponibilidade de equipamentos existentes, diminui a necessidade de maior investimento de capital e maximiza a utilização dos recursos disponíveis (KAUR; SINGH; AHUJA, 2013).

TPM usa uma série de ferramentas para analisar e resolver problemas de melhoria da qualidade como, por exemplo, análise de Pareto, controle estatístico de processo, técnicas de resolução de problemas (diagramas de *brainstorming* e causa e efeito), sistemas poka-yoke, manutenção autônoma, melhoria contínua, 5S, redução do tempo de *setup*, a minimização de resíduos e análise de gargalo (JAIN; RAJBIR, 2014).

TPM é um programa que se expande no envolvimento de todos, desde a gestão de topo aos empregados em níveis mais baixos, resultando em maior eficácia dos equipamentos ao longo de sua vida, um ambiente de trabalho mais organizado e limpo, além de funcionários com autoestima elevada e maior motivação (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014).

TPM é caracterizada por cinco elementos-chave (JAIN; RAJBIR, 2014):

- Maximiza a eficácia do equipamento;
- Estabelece um sistema de manutenção permanente (MP) para toda a vida útil do equipamento;

- É *cross*-funcional, implementada por vários departamentos (engenharia, gestão de operações e de manutenção);
- Envolve cada funcionário; e
- É baseado na promoção da MP, através da motivação da atividade de pequenos grupos autônomos de gestão.

Inicialmente o objetivo central da TPM era eliminar por completo as seguintes perdas (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014):

- Perdas por quebra;
- Perdas por *setup*;
- Perdas por operação em espera;
- Perdas por redução de velocidade em relação ao padrão normal;
- Perdas por defeito de produção; e
- Perdas com *start up*.

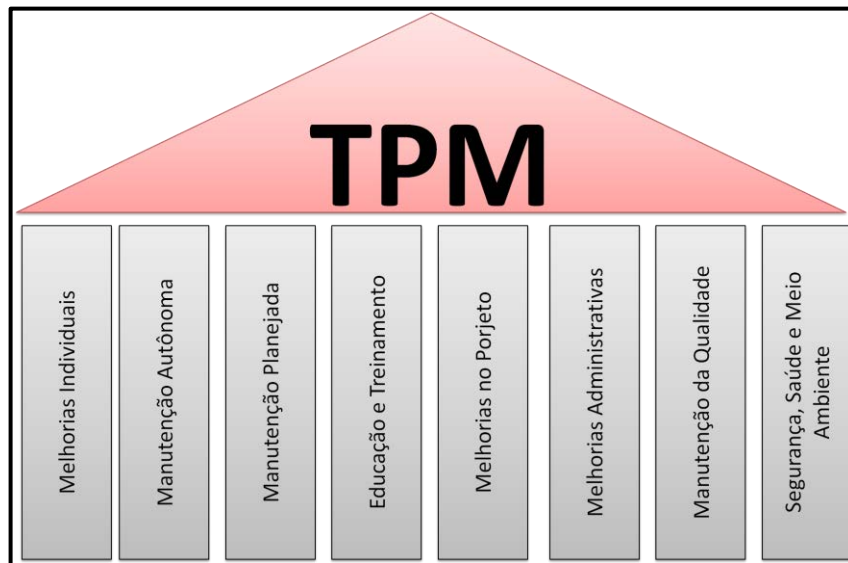
O envolvimento dos trabalhadores e apoio à gestão de topo são os principais fatores de implementação do TPM, além disso, é necessário um compromisso de longo prazo para melhorar a eficácia de equipamentos por meio de treinamento (SINGH et al., 2013). Para o sucesso da metodologia é necessário que se tenha alguns fatores tais como comprometimento e liderança da alta direção, adoção de novas atitudes e valores pelos trabalhadores, o que representa um processo demorado, por isso TPM gera resultados em longo prazo (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014). É importante citar que o 5S representa uma base forte e sólida para implementações de longo prazo como TPM (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014).

O plano de práticas para a implementação TPM envolve oito pilares (Figura 6) que resultam em um aumento substancial da produtividade do trabalho, redução dos custos de manutenção e paradas de produção (JAIN; RAJBIR, 2014):

- Melhorias Individuais;
- Manutenção Autônoma;
- Manutenção planejada;
- Educação e Treinamento;
- Desenvolvimento político
- Melhorias Administrativas;
- Manutenção da Qualidade; e

- Segurança, saúde e meio ambiente.

Figura 6 - Pilares do *Total Productive Maintenance*



Fonte: (Jain; Rabjir (2014))

Existem várias maneiras de medir o desempenho de fabricação, e uma abordagem comum é a OEE (*overall equipment effectiveness*), utilizada pela TPM, que permite medir a produtividade em operações de fabricação (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014). Trata-se de uma ferramenta quantitativa que estabelece metas de produção e incorpora ferramentas de gerenciamento de práticas e técnicas para alcançar uma visão equilibrada da disponibilidade do processo, eficiência de desempenho e taxa de qualidade. Além disso, OEE identifica oportunidades de melhoria e direciona o foco dos esforços de melhoria em áreas relacionadas com a eficiência e eficácia do equipamento (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014). OEE é o produto entre a disponibilidade do equipamento (sem tempo de parada), a taxa de qualidade e o desempenho, e identifica o tempo de produção o qual é realmente produtivo (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014).

O sucesso da implementação de um programa de TPM pode melhorar o desempenho de fabricação, levando a organização a alcançar uma vantagem competitiva trazendo uma ampla gama de benefícios como redução da quebra inesperada de máquinas, o que acaba resultando na melhoria dos lucros, melhoria da produtividade, custo, qualidade, tempo de entrega, segurança e moral dos empregados (KUMAR; SONI; AGNIHOTRI, 2014).

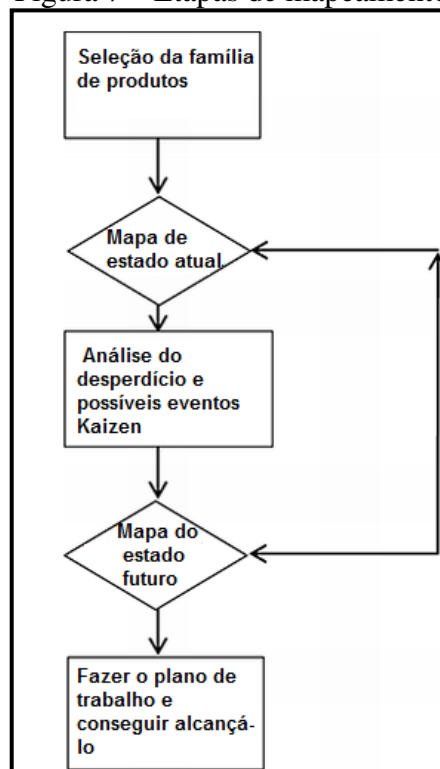
MAPA DE FLUXO DE VALOR

Mapa de Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (em inglês) ou foi originalmente concebido como um instrumento para auxiliar na análise e melhoria dos processos industriais (LIBRERATO et al., 2014). É uma ferramenta qualitativa, que formou-se a partir dos princípios do *Lean Manufacturing*, usada para descrever como a produção opera ou como deveria operar para melhorar o fluxo de valor; MFV representa a informação de fluxo e de material para melhorar o processo de identificação de resíduos e suas fontes (LIBRERATO et al., 2014; VINODH, ARVIND, SOMANAATHAN, 2013).

O MFV identifica os desperdícios e suas fontes, desenvolve um fluxo simplificado, revela oportunidades de melhoria e agrega valor ao cliente (LIBRERATO et al., 2014). É uma importante ferramenta para as empresas que desejam implementar o LM (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

A construção de modelagem segue as etapas bem definidas, a partir da seleção da família de produtos, seguida pelos projetos do estado atual e futuro, e, finalmente, a última etapa envolve a elaboração de um plano de trabalho para alcançar o estado futuro (LIBRERATO et al., 2014). As etapas de mapeamento podem ser vistas na figura abaixo:

Figura 7 – Etapas de mapeamento



Fonte: Jasti Krishna; Sharma (2014)

Antes de desenhar o mapa do estado atual, é feita a seleção de quais produtos vão ser mapeados, em geral não é necessário mapear todos os produtos e processos, apenas os mais significativos (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

MAPA DO ESTADO ATUAL

A primeira etapa para criar um MFV é reunir dados que refletem a situação atual no sistema (SINGH; SINGH, 2013). O mapa de estado atual possui informações como tempo de operação, número de operadores necessários, inventário do processo, tempo de ciclo e tempo de troca. O estado atual do mapa é útil também para identificar o problema existente em cada estação de trabalho na linha de fabricação. Para a elaboração do estado atual necessita-se de (SINGH; SINGH, 2013):

- Documentação de informações sobre o cliente;
- Estabelecimento do fluxo de processo;
- Coleta de dados (tempo de ciclo, tempo disponível, estoque em processo, etc.);
- Documentação de informações do fornecedor;
- Estabelecimento do fluxo de informações; e
- Quantificar o *lead time* (tempo desde o início até o encerramento do processo)

de produção e tempo de processamento.

MAPA DE ESTADO FUTURO

O Mapa de estado futuro é construído com incorporação de várias modificações e sugestões baseadas nas observações do mapa de estado atual (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014; LIBRERATO et al., 2014).

A estruturação do mapa de estado futuro é realizada com base nos princípios e diretrizes do LM, sendo algumas delas como a taxa de produção definida com base no *takt time*, o cronograma de produção baseado em operação gargalo, tentativa de manter o fluxo contínuo ou incorporar sistema de produção puxada e realização da melhoria do processo global através do tempo do ciclo ou do tempo de redução (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014; LIBRERATO et al., 2014).

PLANO DE MELHORIAS

A última etapa estabelece um plano de implementação das melhorias, que inclui tarefas, responsabilidades e metas a serem atingidas, para alcançar a situação futura (SINGH; SINGH, 2013).

Para traçar os processos de produção em mapas usam-se símbolos padronizados para tipificar produtos, operações e fluxos de informações. Na Figura 8 encontra-se a simbologia dos processos (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

Figura 8 - Símbolos do processo MFV

Símbolo	Título	Símbolo	Título
	Fornecedor ou Cliente		Processo
	Processo Compartilhado		Caixa de Dados
	Célula de Trabalho		

Fonte: Jasti Krishna; Sharma (2014)

Os ícones e símbolos utilizados para desenhar os mapas de fluxo de valor foram desenvolvidos pelo *Lean Enterprise Institute* (LEI), e na Figura 9 estão alguns exemplos de símbolos de materiais (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

Figura 9 - Símbolos dos materiais do MFV

Símbolo	Título	Símbolo	Título
	Remessas		Inventário
	Retirada		Push arrow
	Supermercado		Estoque de Segurança
	Pista FIFO		Remessa Externa (envio/ recebimento)

Fonte: Jasti Krishna; Sharma (2014)

O MFV utiliza símbolos peculiares e padronizados e novos símbolos podem ser criados novos símbolos de acordo com a necessidade. Na figura 10 encontram-se os principais símbolos de informação.

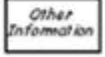
Figura 10 - Símbolos de informações do MFV

Símbolo	Título	Símbolo	Título
	Informação Verbal		MRP/ERP
	Sequência Pull		Controle da Produção
	Informação Eletrônica		Programação Vá Ver
	Manual de Informações		Caixa Heijunka
	Kanban de Sinalização		Posto de Kanban
	Kanban de Produção		Kanban de Retirada

Fonte: Jasti Krishna; Sharma (2014)

Os símbolos podem ser usados para representar outras ações, desde que a definição seja normalmente entendida e consistente. Na Figura 11 são expostos os símbolos de informações gerais (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

Figura 11 - Símbolos Gerais do MFV

Símbolo	Título	Símbolo	Título
	Necessidade de Kaizen		Operador
	Outra Informação		Cronograma

Fonte: Jasti Krishna; Sharma (2014)

O MFV pode ser empregado em qualquer indústria e em qualquer atividade; sua aplicação contribui para a redução do tempo de processamento, do tempo de espera, do inventário, do espaço de armazenagem, além do aumento de produtividade (JASTI KRISHNA; SHARMA, 2014).

A implementação do LM é um processo de longo prazo de aplicação e de constante melhoria (CHAUHAN; SINGH, 2012). Pode-se citar e descrever 6 pontos chaves essenciais para o sucesso da implementação do método (CHAUHAN; SINGH, 2012; GHOSH; Malay, 2013):

- Qualidade total imediata: encontrar a raiz dos problemas, ir em busca do zero defeitos;
- Minimização do desperdício: eliminação de todas as atividades que geram desperdício e otimização dos recursos escassos;

- Melhoria contínua: consiste em melhorar a qualidade, aumentar a produtividade, reduzir os custos e aumentar o trânsito de informações;
- Processos puxados: os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção;
- Flexibilidade: produzir diversos tipos de produtos com eficiência, sem que isto afete a produção devido à diferença de tamanho dos lotes; e
- Liderança: LM é uma metodologia “top down”, necessita do comprometimento e suporte da liderança em todos os processos de implementação, a fim de ser guiada com base em planejamento e execução.

Esta metodologia, se bem desenvolvida, implementada e utilizada, gera inúmeros benefícios, dos quais se destacam (NAWANIR; TEONG; OTHMAN, 2013; CHAUHAN; SINGH, 2012; GUPTA; ACHARYA; PATWARDHAN, 2013):

- Redução de prazos de entrega;
- Aumento de receita de vendas;
- Custos operacionais mais baixos e aumento dos lucros;
- Relações de fornecedor e satisfação do cliente aprimorada;
- Redução de inventário;
- Retenção e aumento da moral dos funcionários;
- Melhoria da qualidade (processos e produtos);
- Criação de capital de giro adicional para novos projetos; e
- Espaço para estoque reduzido.

Apesar das melhorias geradas pelo LM, verificam-se algumas dificuldades para sua concreta implementação (VINODH; ARAVINDRAJ; SOMANAATHAN, 2013), tais como falta de formulação científica para o processo de transformação associado à metodologia, grande resistência por parte de funcionários em aceitar a metodologia e readaptar suas técnicas de trabalho, ausência de planejamento para implementação e treinamento, e ausência de pessoas treinadas com conhecimento da metodologia (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013).

2.2 SIX SIGMA

Seis Sigma ou *Six Sigma* (em inglês) (SS) foi desenvolvido pela Motorola, e já demonstrou seu sucesso em inúmeras organizações no mundo, pois compreende um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial, com a redução dos defeitos e erros em qualquer processo (DESHMUKH; CHAVAN, 2012).

SS é uma sistemática altamente disciplinada, com foco nas necessidades do cliente e é orientada para o lucro, atuando por meio de ferramentas de melhoria de gestão de negócios e gestão de projetos (LAUREANI; ANTONY, 2012; JIRASUKPRASERT et al., 2014; DESHMUKH; CHAVAN, 2012; UR REHMAN et al., 2013).

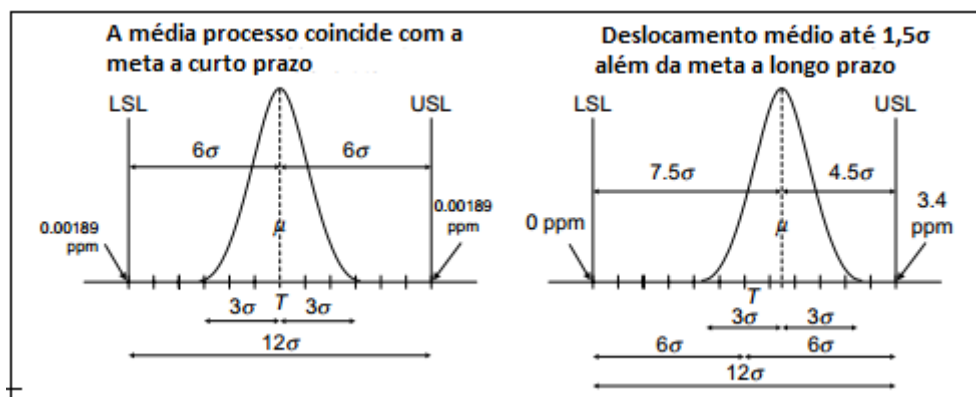
De acordo com Reosekar e Pohekar (2014), o foco de *Six Sigma* está em produzir os produtos sem defeitos, com a busca da eliminação do desperdício, o qual um defeito é considerado um desperdício.

Ainda segundo Reosekar e Pohekar (2014), SS é uma meta de operação de melhoria da qualidade com o objetivo de reduzir o número de defeitos para tão baixo quanto 3,4 partes por milhão de oportunidades/atividades ou 0,0003 por cento, que corresponde a 99,9997% de perfeição do processo.

Essa porcentagem corresponde a um desempenho que está a uma distância de seis desvios padrão (6σ) de ambos os limites de especificação, quando seu valor médio é igual ao valor alvo (MARQUES et al., 2013).

Em longo prazo, tal processo é suficientemente completo ao ponto que podem ocorrer mudanças de até 1.5σ de sua posição central mesmo que uma característica medida esteja fora dos limites especificados, como pode ser observado na Figura 12 (MARQUES et al., 2013):

Figura 12 - Estatísticas do Six Sigma



Fonte: Marques et al. (2013)

Algumas bases que orientam o SS são o *kaizen*, que corresponde à melhoria contínua do processo, e o TQM (*Total Quality Management*- Gerenciamento Total da Qualidade) (KORNFELD; KARA, 2013). SS foca na resolução dos problemas de qualidade, independentemente do custo, e baseia-se no lucro orientado (KORNFELD; KARA, 2013; REOSEKAR; POHEKAR, 2014).

Alguns dos pressupostos do modelo de SS se assemelham aos do TQM: satisfação das necessidades dos clientes, uso disciplinado de fatos reais, dados estatísticos e verificação, melhoria contínua e forte apoio dos líderes da empresa (MIGUEL; CARVALHO, 2014).

O principal objetivo de SS é o de melhorar o desempenho de um processo específico, considerando um único projeto por vez, para que este tenha um bom resultado (MARQUES et al., 2013). É importante compreender não somente os processos em si, mas também qual o impacto destes sobre os clientes interno e externo, para que suas exigências sejam sempre atendidas (MARQUES et al., 2013).

O SS não é o cumprimento das normas e requisitos internos da empresa, mas sim, é definido como uma medida de qualidade ou esforço produtivo que visa atingir os objetivos estratégicos traçados pela organização, através da eliminação de atividades que não acrescentem valor ao processo, proporcionando uma positiva mudança cultural (MIGUEL; CARVALHO, 2014).

SS gera economia para as organizações, porque é baseado em uma metodologia de solução de problemas estruturada em dados estatísticos e é conduzida exclusivamente por um entendimento de acordo com as necessidades do cliente, suportado por uma massa crítica de melhoria com visão de especialistas e gestores organizacionais em todos os níveis da organização, incluindo o nível executivo (HEAVEY; MURPHY, 2012).

Com base em Carvalho e Pinto (2014), a principal razão para adotar o SS é o aumento da qualidade e produtividade. Ismyrlis e Moschidis (2013) sugerem os fundamentos básicos do SS considerando os seguintes elementos:

- Modelo estruturado chamado DMAIC, que possui como objetivo melhorar os processos já existentes;
- Concentração na qualidade, ou seja, concentração no cliente e nas características do produto que são cruciais para a sua satisfação;
- Projeto para SS (DFSS – Design for Six Sigma), que é um procedimento estruturado realizado na fase da concepção do produto ou de um processo, de modo a prevenir defeitos. Também conhecido como DMADV (definir, medir, analisar, projetar, verificar); e

- Resultados da sua aplicação geralmente expressos em termos financeiros, tais como:

- (1) tempos de ciclo;
- (2) qualidade do produto;
- (3) entrega do produto;
- (4) uso do espaço no chão de fábrica;
- (5) medição da produtividade;
- (6) desempenho do fornecedor em comparação com a necessidade organizacional;
- (7) rentabilidade; e
- (8) quota de mercado.

A melhoria do processo gerada pelo SS também pode ser expandida para melhorar outras funções (GIJO et al., 2014). SS é uma filosofia de gestão estratégica que pode ser aplicada a qualquer tipo de processo para eliminar a causa raiz de defeitos (MARQUES et al., 2013; ISMYRLIS; MOSCHIDIS, 2013; GIJO et al., 2014).

Um líder de equipe com experiência, que coordena os projetos principais em uma organização tende a ter sucesso em seus trabalhos, e essa chance melhora com a aplicação do SS (EASTON; ROSENZWEIG, 2012). Uma das principais razões para este achado é de que o líder da equipe de projeto normalmente seleciona o problema para trabalhar, e, quando experiente, apresenta boas ideias a respeito de como proceder para resolver tais problemas, que geralmente envolvem metas de crescimento (EASTON; ROSENZWEIG, 2012).

A implementação bem sucedida e crescente dos métodos SS tem sido possível devido à seleção de projetos de melhoria de certas organizações pela gestão de líderes (RAY; DAS, 2010). O envolvimento da administração superior oferece suporte e é necessário para ganhar participação de todos os níveis da organização (RAY; DAS, 2010).

A maioria dos projetos que incluem a ferramenta SS são processos orientados, aplicados em departamentos que consistem em diversas atividades; se os projetos obtiverem sucesso, o esforço de melhoria é desenrolado da forma mais ampla em toda a organização (RAY; DAS, 2010).

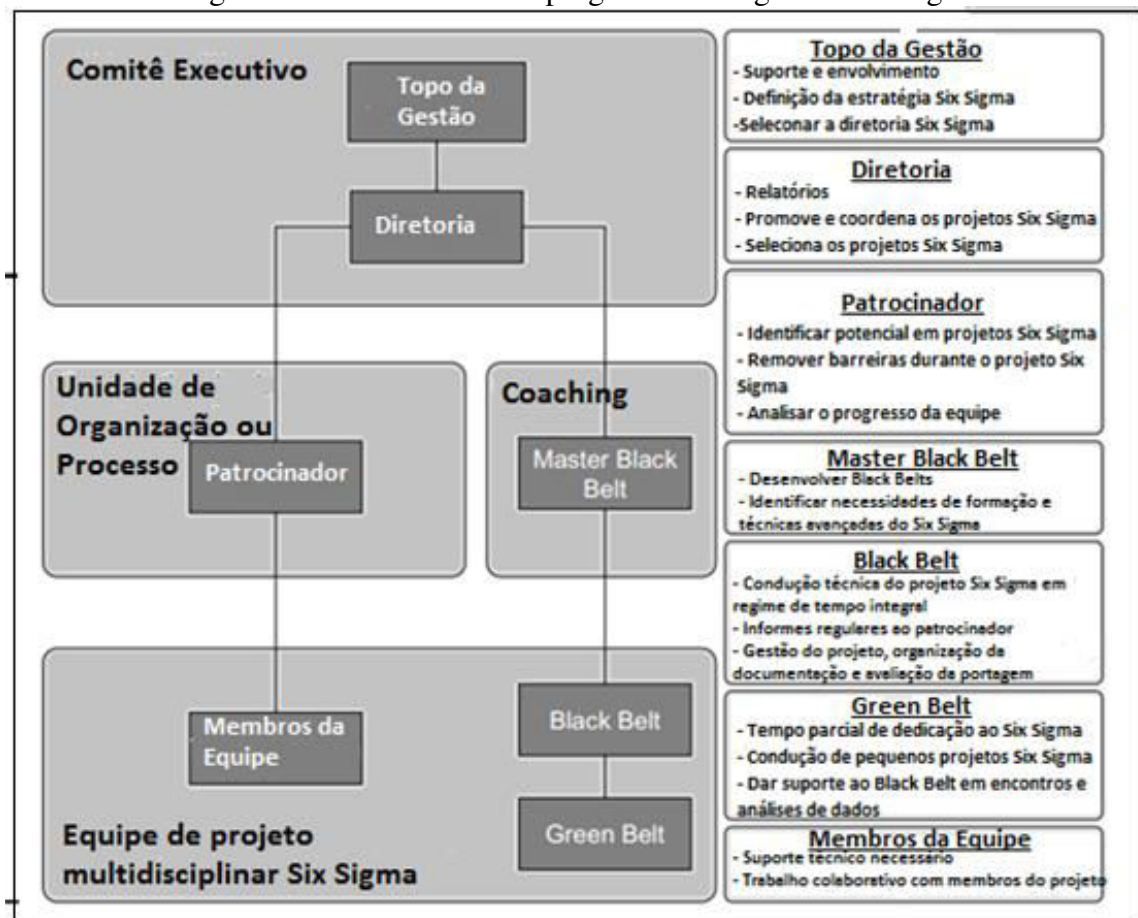
De acordo com a ideia fomentada por Marques et al. (2013), SS possui algumas tendências relacionadas ao foco no cliente, e são impulsionadas por líderes (*Green belt*, *Black belt*, *Master Black belt*), que orientam os processos, desencadeiam projetos de objetivos

variados (custos, qualidade, velocidade de produção) identificados pela estratégia empresarial, e fazem uso de algumas ferramentas de otimização de processos e de análise estatística.

A fim de desenvolver com eficácia e sustentar um sistema SS, há um conjunto de fatores críticos que devem ser reconhecidos como contribuintes para o sucesso da iniciativa dentro de uma organização (MARQUES et al., 2013). A implantação global de um programa SS exige a existência de uma estrutura de papel apropriado com níveis específicos de responsabilidades, conhecimento e qualificação. Esta estrutura é conhecida como "sistema de correia" (MARQUES et al., 2013), e pode ser visualizada na Figura 13.

Um estudo realizado por Carvalho e Pinto (2014) que aborda a aplicação do SS em 46 empresas brasileiras destacou a estrutura do “belt” (especialista capaz de conduzir projetos de melhoria contínua, e que também atua como consultor). Observou-se que 50% das empresas empregam um *master black belt*, 86% possuem um *black belt* e 75% um *green belt*, enquanto 6% e 11 % empregam *yellow* e *white belt*. As empresas também apresentaram uma estrutura diferenciada que compõe os *champions*, *black belts* e *green belts*.

Figura 13 - Estrutura de um programa Six Sigma e suas regras



Segundo Andersson et al. (2014), *Six Sigma* pode ser aplicado em muitos processos e contextos diferentes, com variadas concepções do produto. No entanto, o SS tem alguns componentes principais que incluem uma infraestrutura de decisões claras, baseadas em fatos, métodos e ferramentas eficazes e eficientes, com acompanhamento e *feedback* sistemático nos resultados, programas de treinamento abrangentes e procedimentos uniformes para a melhoria e concepção de produtos, processos e sistemas (ANDERSSON et al., 2014).

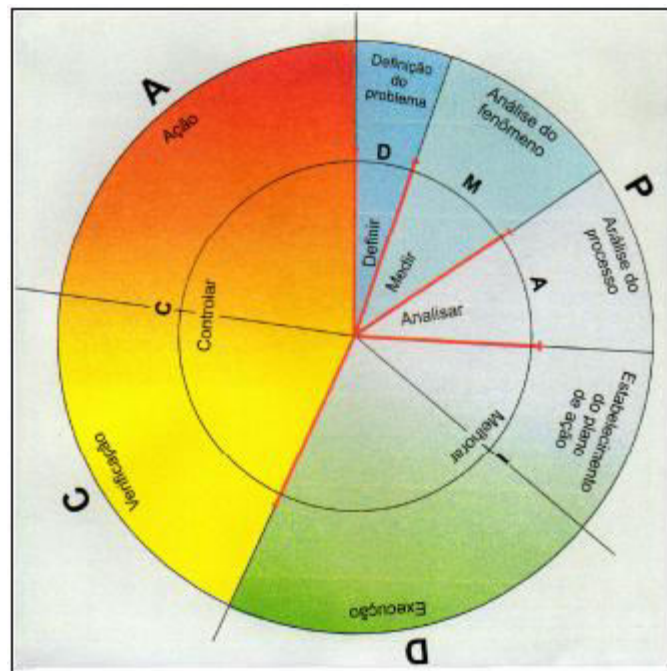
Existem dois tipos de ciclos de melhoria em SS: um para os processos/produtos existentes e um para novos produtos. O ciclo de melhoria de processos existentes é o DMAIC; e o DMADV é usado para a concepção de um novo processo/produto (ANDERSSON et al., 2014).

DMAIC

O ciclo DMAIC (*Define*-definir, *Measure*-medir, *Analyse*-analisar, *Improve*-melhorar, *Control*-controlar), conforme Jirasukprasert et al. (2014), está voltado para melhorar processos já existentes. Argumenta-se que a qualidade de um projeto DMAIC deve ser julgada com base em sua contribuição para a melhoria contínua, assim, "o ganho qualitativo no processo de conhecimento" e "facilidade de controle do processo de melhoria" são duas importantes medidas de qualidade do projeto (MANDAL; Purnendu, 2012).

DMAIC se assemelha ao ciclo de aprendizagem e melhoria contínua dos processos conhecido como Ciclo PDCA (*Plan*-Planejar, *Do*-Fazer, *Check*-Verificar, *Act*-Agir) como cita Jirasukprasert et al. (2014), enquanto o PDCA é mais uma definição para os estudiosos do difícil processo de planejar, DMAIC indica passo a passo como os problemas devem ser abordados, agrupando ferramentas de qualidade e métodos de trabalho de melhoria, ao estabelecer uma rotina padronizada para resolver problemas, enquanto o PDCA. A Figura 14 compara DMAIC e PDCA de acordo com suas respectivas fases.

Figura 14 - Comparação do ciclo DMAIC com o PDCA de Melhorias



Fonte: Aguiar (2006)

Conforme Jirasukprasert et al. (2014), os usuários do DMAIC podem tomar decisões e medidas de ação baseadas em fatos reais e científicos, e não somente na experiência e conhecimento, como ocorre em muitas organizações, especialmente as pequenas e médias empresas (PME).

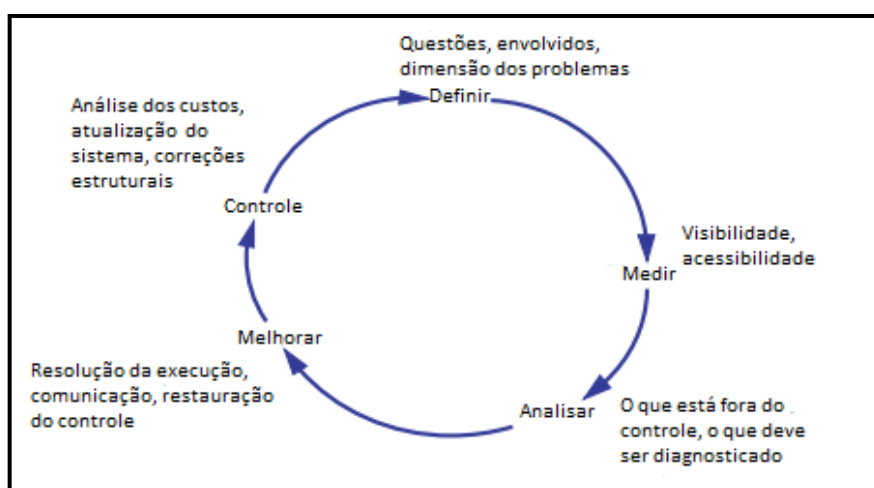
Esse modelo possui 5 fases, formando um ciclo (Figura 15), todas importantes para o alcance do objetivo (JIRASUKPRASERT et al., 2014):

- Definir o Problema: define-se o objetivo do projeto, o papel da equipe e as exigências e expectativas do cliente a partir da opinião dos *stakeholders*;
- Medir os principais aspectos: quantificar e investigar fatores que identifique as relações de causa e efeito. Seleção de elementos de medição para serem melhorados, proporcionando uma estrutura para avaliar o atual desempenho, bem como avaliar, comparar e posteriormente acompanhar as melhorias e a capacidade do processo;
- Analisar: identificar a origem dos problemas, suas causas, e meios para solucioná-los. Esse estágio foca a causa raiz dos problemas, buscando entender os defeitos, bem como comparar e priorizar oportunidades de melhoria com antecedência;
- Melhorar o Processo: por meio da análise de dados, otimiza o processo pela aplicação de ferramentas e técnicas. Esta etapa também se concentra no uso de

experimentação e técnicas estatísticas para gerar possíveis melhorias e reduzir a quantidade de problemas e/ou defeitos;

- **Controlar:** controlar os processos a fim de se evitar erros. Fazer uso de sistemas de controle para monitorar os processos. A última etapa assegura que as melhorias do DMAIC sejam sustentadas e que o desempenho em curso seja monitorado. As melhorias de processos também devem ser documentadas.

Figura 15 - Ciclo DMAIC



Fonte: Mehrjrdi (2013)

Mandal (2012) propôs que para esclarecer o método DMAIC, é necessário que a qualidade de um Projeto DMAIC seja julgada com base em sua contribuição para a melhoria contínua, para que haja ganho qualitativo no processo de conhecimento e facilidade de controle do processo melhorado.

Uma equipe que desenvolve um projeto utilizando o DMAIC necessita seguir dois importantes critérios para abordagem de melhoria e de tomada de decisão: melhoria contínua do processo e facilidade de controle do processo aperfeiçoado (MANDAL; Purnendu 2012).

Em um estudo de “Liderança em Serviços de Saúde”, Laureani, Malcolm e Antony (2013) realizaram um levantamento de registros médicos contendo informações importantes dos pacientes, as quais eram consultadas durante todo o tratamento. A intenção era que esses registros estivessem disponíveis no tempo e local necessários para o bom funcionamento dos hospitais (LAUREANI; MALCOLM; ANTONY, 2013). A equipe envolvida no projeto analisou o processo e concluiu que os registros médicos nem sempre estavam disponíveis no momento e local da cirurgia programada, ocasionando atraso e eventual cancelamento de um procedimento (LAUREANI; MALCOLM; ANTONY, 2013). A metodologia DMAIC foi utilizada a fim de gerenciar o projeto:

- Definir Metas: foi utilizada a teoria de restrições para identificar possíveis bloqueios do processo, e descobriu-se que um entrave era a ausência de prontuário médico para o paciente;
- Mensurar e Identificar: foi definida uma métrica para o fracasso do processo (caso não houvesse agenda disponível para pedido de cirurgia) e foi medida a taxa de sucesso para o processo. Os alunos também estimaram o tempo de trabalho desperdiçado;
- Análise: foram utilizadas árvores lógicas e em seguida, uma matriz de causa-efeito para identificar as causas para indisponibilidade de registros médicos;
- Melhorar o Processo: foram criadas listas de verificação e acompanhamento de procedimentos para garantir que registros médicos estivessem disponíveis quando necessário; e
- Controle: o novo processo foi documentado e procedimentos de monitoramento, medição, controle e comunicação em curso foram colocados em conjunto com os serviços competentes das partes interessadas.

Existe um resultado significativo na mudança de comportamento quando aplicado o SS, por exemplo, segundo Matthew (2013). Em um estudo de aplicação de SS em *healthcare delivery* promovido por Laureani, Malcolm e Antony (2013), por exemplo, o método DMAIC foi amplamente utilizado na área da saúde e é hoje considerado um componente integral na obtenção de bons resultados com mudança positiva no comportamento dos usuários, o que interfere diretamente no processo.

DMADV

Uma variação do DMAIC é o modelo DMADV (Definir, Mensurar, Analisar, Desenhar, Verificar), também conhecido como DFSS (*Design For Six sigma*), segundo Marques et al. (2013), está voltado para a fase de desenvolvimento de produtos e processos visando prevenir erros. Está dividido em 5 fases (MARQUES et al. 2013):

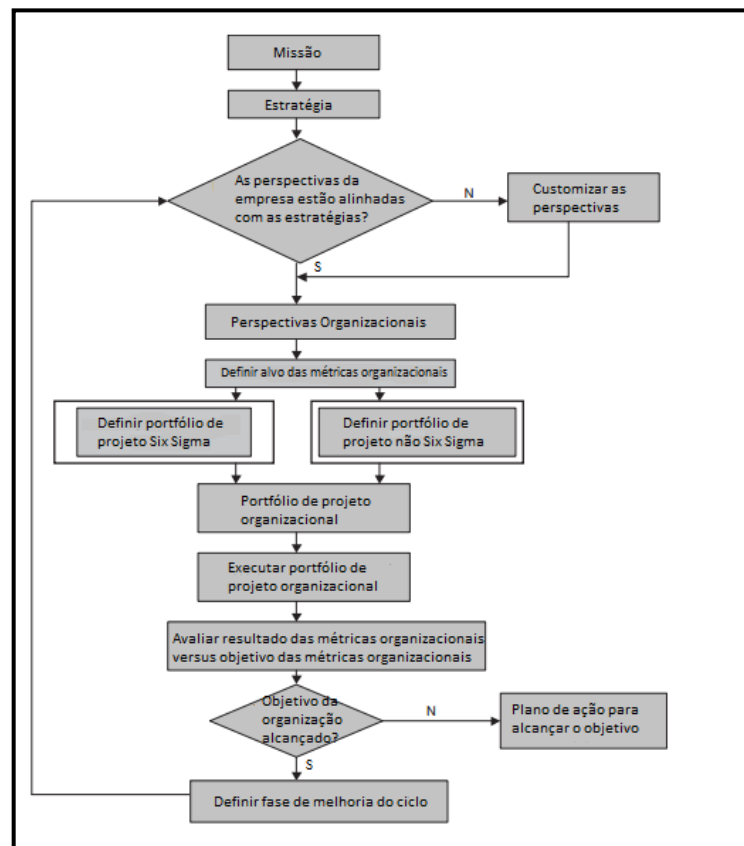
- Definir metas: definir objetivos que sejam consistentes com as necessidades dos clientes e com a estratégia da empresa;
- Mensurar e identificar: identificar e quantificar características que são importantes para a qualidade, processo e produto;

- Analisar: analisar para desenvolver e selecionar melhores alternativas, projetos e processos;
- Projetar detalhes: projetar detalhes, otimizar o projeto e planejar a verificação do projeto; e
- Verificar o projeto: analisar os processos e realizar testes, além de implementá-los.

O fluxograma presente na Figura 16 permite que a organização personalize as perspectivas e, em seguida, suas bases, para definir um projeto SS e um projeto de não-SS (HEAVEY; MURPHY, 2012). A carteira organizacional total pode consistir em *Define-Measure-Analyse-Improve-Control* (DMAIC) e definir a iniciativas SS, junto com outras áreas como a de gerenciamento de projetos (HEAVEY; MURPHY, 2012). Para cada métrica organizacional, a organização terá de estabelecer vários níveis do subprocessos na organização e, em seguida, decidir sobre o mix de projetos e quais as execuções de prioridade (HEAVEY; MURPHY, 2012).

Com diferentes áreas de trabalho, o projeto tem uma visão mais abrangente, alinhando vários elementos estratégicos para uma eficaz e eficiente execução correta, com desempenho de melhoria e potencial de trazer benefícios significativos para a empresa (HEAVEY; MURPHY, 2012).

Figura 16 - Elementos da estratégia da metodologia



Fonte: Heavey; Murphy (2012)

O principal objetivo do SS é aumentar a rentabilidade das organizações, através da melhora da qualidade e aumento da satisfação do cliente (JULIEN; HOLMSHAW, 2012). Para Ur Rehman et al. (2013), o princípio fundamental do SS é reduzir continuamente a variação do processo e, portanto, eliminar os defeitos em produtos e serviços. Do ponto de vista do negócio, o SS pode ser descrito como um processo que permite que as empresas se concentrem drasticamente em melhorias contínuas e inovadoras nas atividades diárias de negócios (MARQUES et al., 2013). O sucesso da implementação do SS depende de alguns fatores como (MIGUEL; CARVALHO, 2012; ISMYRLIS; MOSCHIDIS, 2013):

- Desenvolvimento e compromisso: SS é uma metodologia top-down, o que significa que a tentativa de melhoria, começa a partir da gestão de topo, e se faz necessária a participação de liderança em todas as fases de sua implementação;
- Formação adequada: SS com seu sistema de papel estruturado e tem como requisito a formação adequada e contínua dos funcionários envolvidos na sua execução;
- Mudança cultural: É a capacidade da organização para adotar e implementar facilmente, novas ideias, conceitos, metodologias e ser flexível na tomada de decisões para a melhoria contínua;

- Utilização de ferramentas estatísticas da qualidade e análise de dados: o uso de ferramentas e técnicas para análise de dados e tomada de decisão é considerado essencial. SS implementa métodos para mensurar o desempenho após a sua aplicação, de modo a representar o sucesso da mesma, como por exemplo, vantagem financeira que expressa a realização do método; e
- Estratégia de negócios: a metodologia deve estar indissolúvelmente ligada à estratégia da organização.

Há muitos benefícios que podem ser gerados com aplicações bem sucedidas de SS, sendo os principais (MIGUEL et al., 2014; ISMYRLIS; MOSCHIDIS, 2013):

- Diminuição dos custos da organização;
- Aumento da qualidade e da produtividade de produtos e serviços;
- Aumento do número de clientes;
- Eliminação das atividades que não acrescentam valor ao processo;
- Mudança cultural positiva na organização;
- Melhora a precisão da alocação de recursos;
- Satisfação dos clientes e dos funcionários,
- Melhora no tempo de ciclo do processo e da prestação de serviços, além de trabalho em equipe multifuncional em toda a organização,
- Aumento significativo nos lucros; e
- Independência dos funcionários para solucionar problemas.

Também se ressalta a importância da maior satisfação do cliente, que aumenta as cotas da empresa no mercado e, por consequência, a rentabilidade do negócio (REOSEKAR; POHEKAR, 2014). Segundo Heavey e Murphy (2012), SS oferece às empresas uma série de intervenções e ferramentas estatísticas que podem levar a rentabilidade e ganhos numericamente significativos em qualidade.

Apesar dos grandes benefícios proporcionados por esta metodologia, ela apresenta possíveis dificuldades em sua implementação, como ausência de suporte da alta administração, dificuldade na manutenção do método, dificuldade de envolver as pessoas para padronizar as variáveis do processo de controle, etc. (MIGUEL; CARVALHO, 2014; GIJO et al., 2014).

2.3 LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma (LSS) é a fusão das metodologias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* a fim de melhorar a qualidade, eliminar desperdícios e reduzir a variabilidade (AL-NAJEM; DHAKAL; LABIB, 2013; LAUREANI; ANTONY, 2012; FRANCHETTI; BARNALA, 2013; HABIDIN; YUSOD, 2013). É uma estratégia de negócios que estabelece uma cultura e meio ambiente para a criação e inovação (LAUREANI; MALCOLM; ANTONY, 2013). LSS utiliza ferramentas de ambos os métodos, a fim de obter o melhor dos dois (AL-NAJEM; DHAKAL; LABIB, 2013; LAUREANI; BRADY; ANTONY, 2013; PAMFILIE; PETCU; DRAGHICIC, 2012).

LM e SS têm suas origens na melhoria dos processos de produção (NICOLETTI, 2013; GREMYR; FOUQUETE, 2012). LM é uma filosofia que visa à eliminação de desperdícios, ou seja, otimizar tempo, materiais e esforços com o objetivo de que todas as etapas do processo passem a adicionar valor a partir da perspectiva do cliente (NICOLETTI, 2013; GREMYR; FOUQUETE, 2012). Já o SS é projetado para reduzir a variabilidade do processo e melhorar a eficácia global (NICOLETTI, 2013; GREMYR; FOUQUETE, 2012).

LSS centra-se na contínua excelência operacional, buscando melhoria na satisfação do cliente, reduzindo custos de qualidade, aumentando a velocidade do processo e, por sua vez, aumentando a vantagem competitiva (HABIDIN; YUSOD, 2013). LSS é uma prática gerencial que ajuda na criação de valor por meio da eliminação de desperdícios que formam o processo, eliminando as causas do defeito no produto (HABIDIN; YUSOD, 2013).

O principal potencial visto na fusão do LM e SS é o alcance melhorias na qualidade, redução da variação e aumento da velocidade do fluxo dos processos de desenvolvimento (GREMYR; FOUQUETE, 2012).

Com base em Nicoletti (2013), LSS combina o melhor das duas metodologias: o que provém do SS ajuda a reduzir o número de defeitos e a variação de as saídas; já no contexto de LM, auxilia na redução do ciclo e os prazos de entrega.

O LSS é um método de melhorar a qualidade e rentabilidade com base no controle estatístico de um processo (YOUSSOUF; RACHID, 2014). É um estilo de gestão que se baseia em um controle rígido de uma organização dedicada a um projeto de gestão (YOUSSOUF; RACHID, 2014).

Segundo Laureani, Malcolm e Antony, 2013 (2013), LSS utiliza ferramentas de ambas as metodologias, principalmente 5S e o ciclo DMAIC (ambos já citados anteriormente), aumentando a velocidade ao mesmo tempo, aumentando a precisão do processo.

A união das duas metodologias tenta fornecer capacitação de alto nível nas fases do processo de análise, de modo que os funcionários tenham verdadeiro domínio do processo (PAMFILIE; PETCU; DRAGHICIC, 2012).

O principal potencial visto na fusão do LM e SS é o alcance melhorias na qualidade, redução da variação e aumento da velocidade do fluxo dos processos de desenvolvimento (GREMYR; FOUQUETE, 2012).

A integração entre LM e SS é atingida misturando os seus princípios e utilizando o ciclo DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar) como um quadro de melhoria contínua, em que se aplicam ferramentas do LM em cada uma das fases para aprimorá-las (CHANG; CHEN 2014), fazendo esforços para reduzir os defeitos de produção e variabilidade do processo, juntamente com o processo de simplificação e padronização e redução de resíduos (TENERA; PINTO, 2014).

Hilton e Sohal (2012) afirmam que a característica importante de uma empresa LSS é que ela permite a *black belts* executarem projetos de acordo com a estrutura DMAIC, utilizando vários instrumentos estatísticos e ferramentas *Lean*. No entanto, Laureani e Antony (2012) apontam que não existe nenhuma norma de certificação para a estrutura de *Lean Six Sigma Belt*.

O principal apelo de LSS para a indústria é de que o componente LM garante resultados mais rápidos, mais baratos e mais visíveis em comparação com SS e, por isso, recomenda-se que projetos LSS devem conter como primeiros passos uma orientação SS que teria um duradouro impacto sobre os esforços de melhoria (ASSARLIND; AABOEN, 2014). Enquanto as ferramentas *Lean* garantem resultados rápidos e engajamento da equipe, SS permite maiores resultados de melhorias (CHANG; CHEN 2014).

Quando implantados simultaneamente, *Lean* e SS ajudam a realizar atividades de melhoria para que as organizações se tornem capazes de alcançar vantagens competitivas (ASSARLIND; AABOEN, 2014).

Com base no SS e LM, são desenvolvidos modelos de projeto sustentados pelo ciclo DMAIC, em que cada fase estabelece um objetivo (ASSARLIND; AABOEN, 2014). Este ciclo já foi descrito e detalhado na seção correspondente a explicação de SS, e é redirecionado

para a metodologia LSS; nas duas situações de aplicabilidade (SS e LSS) é desenvolvido de maneira semelhante (ASSARLIND; ABOEN, 2014).

Sarkar, Mukhopadhyay e Ghosh (2013) propõem sucintamente o ciclo DMAIC para a metodologia LSS (Figura 17):

- Definir: Qual é o problema? Será que existe?
- Medir: Como é o processo de medida? Como é a realização?
- Analisar: Quais são as causas mais importantes de defeitos?
- Melhorar: Como vamos remover as causas dos defeitos?
- Controlar: Como controlar processos e mensurar dados?

Figura 17 - Ciclo de fases Lean Six Sigma



.Fonte: Nicoletti (2013)

Habidin e Yusod (2013) e Assarlind, Bäckman, e Gremyr (2013) ressaltam um conjunto comum de fatores necessários para o sucesso da implementação do LSS:

- Clientes: as organizações precisam saber ouvir as necessidades do cliente e atender suas expectativas através de métodos gerenciais de qualidade e melhorias nos processos de produção;
- Liderança: a presença de liderança na organização impulsiona a implementação global do LSS, o qual requer um compromisso de todos os níveis de gestores, a fim de fornecer treinamento, recursos, conhecimento e autoridade para a resolução de problemas. A eficácia de liderança, comunicação, e colaboração permitem o envolvimento dos trabalhadores em contínua melhoria nas atividades, além de uma melhor divulgação de informações de operação e estratégia de organização na gestão de melhoria da qualidade;
- Foco no Sistema Métrico: impulsiona os funcionários a buscarem sempre melhorias em suas atividades, aumento do conhecimento e compreensão do processo de operação e ferramentas de tomada de decisão gerencial - quando os funcionários passam a

entender o sistema de medidas para atingir os objetivos da organização, eles sentem-se incentivados a executar seu papel na equipe e buscar resultados de melhorias;

- Relacionamento com Fornecedor: é necessário ter uma relação de cooperação entre organização e cliente, a fim de melhorar a qualidade do produto, o sistema de pedidos de compra e gestão, e melhorar em longo prazo a parceria estratégica;
- Procedimento Estruturado: procedimento padronizado gera melhorias, através de ferramentas de engenharia de qualidade e aplicação de técnicas, é considerado como fundamental no planejamento e na melhoria de produtos e processos; e
- Informação de Qualidade e Análise: a aplicação do método LSS fornece informações que ajudam a controlar a gestão, processos e a tomada de decisão por meio do uso de ferramentas e técnicas estatísticas. A análise das informações facilita a gestão a tomar decisões eficazes na gestão de qualidade;

Black Belts são líderes responsáveis por grandes mudanças nos processos, e que trabalham efetivamente com projetos maiores, constroem uma linha de raciocínio sobre SS, enquanto também utilizam livremente a metodologia de *Lean* (ferramentas e ideias), devido a extensa formação e conhecimento especializado (ASSARLIND; BÄCKMAN; GREMYR, 2013). Sendo assim, é notória a visão de SS e sua infraestrutura organizacional com a utilização do sistema *Belt* como bases para o LSS (ASSARLIND; BÄCKMAN; GREMYR, 2013).

LSS permite criar ferramentas para a análise e solução de problemas mais adequados ao perfil da organização, além também de criar uma infraestrutura focada na melhoria de todos os processos da empresa e ser capaz de aumentar o fluxo e velocidade nos processos de desenvolvimento (AL-NAJEM; DHAKAL; LABIB, 2013; HABIDIN; YUSOD, 2013; GREMYR; FOUQUETE, 2012; NICOLETTI, 2013; SARKAR; MUKHOPADHYAY; GHOSH, 2013).

Laureani e Antony (2012) e Franchetti e Barnala (2013) citam os benefícios, amplamente destacados do LSS no meio industrial:

- Garante que serviços/produtos estejam em conformidade com o que o cliente precisa (voz do cliente);
- Reduz o desperdício de processos;
- Reduz o custo da má qualidade;
- Reduz a incidência de produtos defeituosos/transações;
- Encurta o tempo de ciclo;

- Entrega do produto/serviço certo, na hora certa no lugar certo;
- Aumenta a satisfação do cliente;
- Aumenta a reputação do negócio;
- Gera possibilidade de novos negócios; e
- Fornece estrutura para mudança cultural da organização.

Gremyr e Fouquete (2013) relatam que os benefícios mais comuns do LSS são a redução de desperdícios e a melhoria da qualidade, uma vez que os conceitos de desperdício e qualidade são de natureza ampla e abrangem uma grande variedade de vantagens. Um benefício menos esperado, o que não é comumente associado com os dois conceitos distintos de LM e SS, é uma melhoria da capacidade organizacional para alcançar a inovação (GREMYR; FOUQUETE, 2013).

Muitas organizações falham ao implantar o método LSS devido à falta de um projeto/planejamento para aplicá-lo, ausência de foco em medidas que conduzam a implantação, incluindo fraca liderança na habilidade de gerenciamento (HABIDIN; YUSOD, 2013; AL-NAJEM; DHAKAL; LABIB, 2013).

As transformações dos sistemas tradicionais para LSS estão cheias de desafios e obstáculos (NORDIN et al., 2010). AL-Najem; Dhakal; Labib (2013), Franchetti e Barnala (2013) e Laureani e Antony (2012) citam as principais barreiras para o desenvolvimento desta metodologia:

- Cultura da empresa;
- Investimentos e custos;
- Dificuldade em compreender o método e seus benefícios; e
- Resistência dos funcionários.

Albliwi et al.(2014) apontam que os programas de melhoria falham devido à má implantação. No entanto, ressaltam oito importantes características que LSS tenderá ao alcance do sucesso. Estas características são:

- Criação da expectativa dos resultados;
- Determinação de uma liderança sênior de gestão;
- Utilização de uma abordagem disciplinada (DMAIC);
- Projeto de rápida conclusão (3-6 meses);
- Definição clara de sucesso;

- Infraestrutura;
- Concentração em clientes e processos; e
- Utilização de abordagem estatística.

Assarlind, Bäckman e Gremyr (2013) citam que embora as barreiras para a implementação de LSS sejam bastante dispersas, um denominador comum é que muitas das barreiras discutidas não estão relacionadas com a aplicação de ferramentas e métodos, mas sim alinhadas a questões organizacionais. Ter um escopo do projeto adequado e alinhá-lo às necessidades do negócio é uma questão fundamental para um nível mais operacional (ASSARLIND; BÄCKMAN; GREMYR, 2013).

2.4 FATORES CRÍTICOS DO LEAN SIX SIGMA

Os principais fatores críticos deste trabalho foram obtidos através de um referencial teórico, os quais os autores citados neste trabalho julgam importantes para a implementação, consolidação e manutenção do *Lean Six Sigma*. O Quadro 1 apresenta os fatores com os respectivos autores que os citaram. Estabeleceu-se um ranking baseado no número de vezes o qual cada fator foi citado, caracterizando o grau de importância dado na literatura a cada um. Há destaque para o DMAIC, como fator crítico mais citado no referencial teórico; tal fato evidencia sua importância para a metodologia *Lean Six Sigma* e para as metodologias adjacentes. Em segundo lugar encontra-se a Melhoria Contínua, pois se trata de uma importante prática inserida em diversas outras ferramentas como DMAIC e *kaizen*.

O fator Equipe está intimamente ligado a Motivação dos funcionários, guiados por uma essencial Liderança a qual direcionará os projetos, por isso ambos os fatores são tidos como relevantes no Quadro 1. O Suporte da Alta Administração e os Recursos Humanos representam a concepção de que o *Lean Six Sigma* não deve ser apenas de um setor da empresa, mas sim, é necessário estar presente desde o diretor até o operador.

Quadro 1- Fatores Críticos do *Lean Six Sigma*

Fatores críticos/Autores	SUPESH et al., 2012	KUMAR et al., 2014	KUMAR, AMIT, 2014	MOSCHIDIS, ISMYRLIS, 2013	MIGUEL, CARVALHO, 2014	HABIBIN, YUSOD, 2013	ASSARLIND et al., 2013	AL-NAJEM et al., 2013	LAUREANI et al., 2013	UZ-ZAMAN; KARIM, 2013	FOUQUET, GREMYR, 2012	ZHA, YU, 2013	NICOLETTI, 2013	CHAUHAN, 2012	JACA et al., 2014	LAUREANI, JUJI, 2012	JIRASUKPRASERT et al., 2014	MURPHY, 2012	MARQUES et al., 2013	ALBULVI et al., 2014	GAO, LOW, 2012	JAIN, ARYA, 2014	ANDERSSON et al., 2014	MANDAL, 2012	GREMYR et al., 2013	REOSEKAR, POHEKAR, 2014	TYAGI et al., 2015	KARIM, ZAMAN, 2013	BELEKOUKIAS et al., 2014	DANESE et al., 2014	JAIN et al., 2014	GUSMAN et al., 2013	NAWANIR et al., 2013;	GUPTA et al., 2013	Número de citações		
DMAIC																																				11	
Melhoria Contínua																																					10
Motivação																																					9
Inovação																																					8
Produção Puxada																																					8
Cliente																																					7
Diminuição da Variabilidade																																					7
Fornecedores																																					7
Mudança Cultural																																					7
Liderança																																					7
Eliminação dos Desperdícios																																					6
Suporte da Alta Administração																																					6
Ferramentas <i>Lean</i>																																					5
Lucro																																					5
Sistemas de produção puxada																																					5
Comunicação																																					4
Gestão de Projetos																																					4
Melhoria dos Processos																																					4
Recursos Humanos																																					4
Treinamento																																					4
Qualidade do Produto																																					3
Sistema <i>Belt</i>																																					3
Equipe																																					2
Ferramentas Estatísticas																																					2
Planejamento Estratégico																																					2
Infraestrutura																																					1

Fonte: Autor

A Diminuição da Variabilidade e a Eliminação dos Desperdícios, rankeados nas posições 6 e 7, respectivamente, apresentam conceitos substanciais do LSS, juntamente com as Ferramentas Estatísticas (relacionadas ao *Six Sigma*) e também a Produção Puxada, que buscam melhorar os resultados de uma organização.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho é classificado como empírico, baseado na experiência comum e na observação dos fatos, e possui objetivo de pesquisa exploratória, uma vez que visa tornar o problema mais explícito por meio de levantamento bibliográfico, de entrevistas e documentos (MIGUEL, 2012).

Quanto à abordagem, é considerada qualitativa, pois se trata de uma pesquisa descritiva e não quantificável. Pesquisa qualitativa é aquela que investiga aspectos da vida social que não são possíveis de serem realizados pela pesquisa quantitativa. Associada com uma variedade de perspectivas teóricas, a pesquisa qualitativa utiliza vários métodos para focar nos significados e na interpretação dos fenômenos e processos sociais no contexto particular em que eles ocorrem (JUPP, 2006). A pesquisa qualitativa pode se dar a partir de um estudo de caso, que é o estudo minucioso de um fenômeno, neste caso um fenômeno organizacional ou um número reduzido deles. É a abordagem indicada para responder questões do tipo “como” e “porque” (HYDE, 2000).

É um trabalho aplicado quanto à sua natureza, pois a pesquisa objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos (MIGUEL, 2012).

Nessa pesquisa optou-se pela realização de estudos de casos múltiplos como procedimentos técnicos, pois segundo Stavros e Westberg (2009), este método fornece ao pesquisador um rico conjunto de dados e aborda os resultados do estudo com maior credibilidade devido ao trabalho simultâneo com múltiplas fontes de evidências, tornando-o, portanto, mais robusto. Miguel (2007) sugere que se utilizem os seguintes instrumentos de coleta de dados em estudos de caso: entrevistas (estruturadas, semiestruturadas ou não estruturadas), análise documental, observações diretas e observação *in loco*. Isso permite que o pesquisador alcance maior validade construtiva da pesquisa. Neste trabalho foram utilizadas análises de documento, observação *in loco* e entrevista semiestruturada. As informações delas provenientes foram trianguladas de forma a se construir uma sólida interpretação da realidade estudada.

Análise de documentos é, de acordo com Jupp (2006), o estudo detalhado de documentos da empresa, podendo assumir uma variedade de formas, desde as informações escritas até puramente visuais. Sua importância pode ser encontrada nas circunstâncias

históricas da produção, na circulação e recepção e também nas funções sociais, interpretações, efeitos e utilizações que podem ser associados a eles.

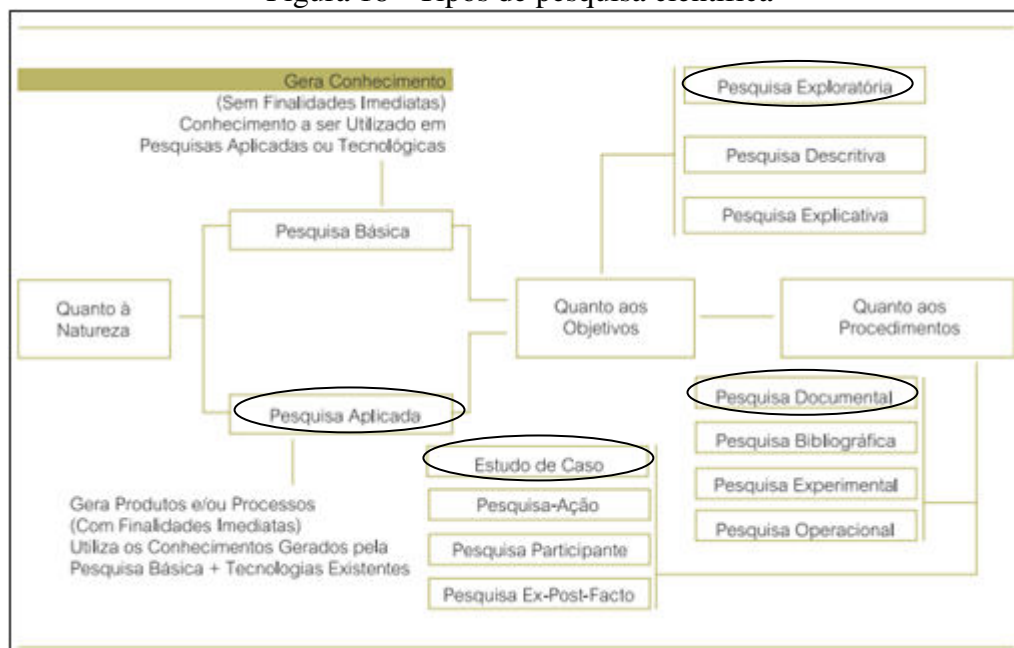
A observação *in loco* é importante para presenciar fatos que às vezes não são expostos em uma entrevista ou verificados em uma análise de documentos. Miguel (2007) afirma que visitas ao “chão de fábrica” são importantes no sentido de verificar presencialmente o fenômeno estudado.

A entrevista é um método de coleta de dados, informações ou recolhimento de opiniões que envolvem uma série de perguntas específicas para as questões abordadas. Uma entrevista representa um encontro ou diálogo entre as pessoas onde as interações pessoais e sociais ocorrem. Tal fator enriquece a pesquisa qualitativa, pois permite ao entrevistador acompanhar as reações do entrevistado (expressões faciais, gestos, modo de falar, etc.) quando questionado sobre algo (JUPP, 2006). No presente trabalho foram entrevistados os Gerentes de Produção e os eventuais gestores responsáveis pelo *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* ou *Lean Six Sigma*, conforme o caso.

É importante destacar que, segundo Miguel (2007), o método de estudo de caso não permite a generalização estatística, apenas analítica a qual foi levado seriamente em consideração.

A Figura 18 simplifica a estruturação do método escolhido diante das possibilidades de desenvolvimento em pesquisas científicas.

Figura 18 - Tipos de pesquisa científica



Fonte: Adaptado de Prodanov; Freitas (2013)

As três empresas industriais as quais foram selecionadas para estudo seguem os seguintes critérios: ter implementado a metodologia *Lean Six Sigma* ou parte substancial dela, ter uma imagem vinculada à melhoria e inovação, ter interesse em participar da pesquisa e permitir a aplicação dos instrumentos de coleta de dados supracitados.

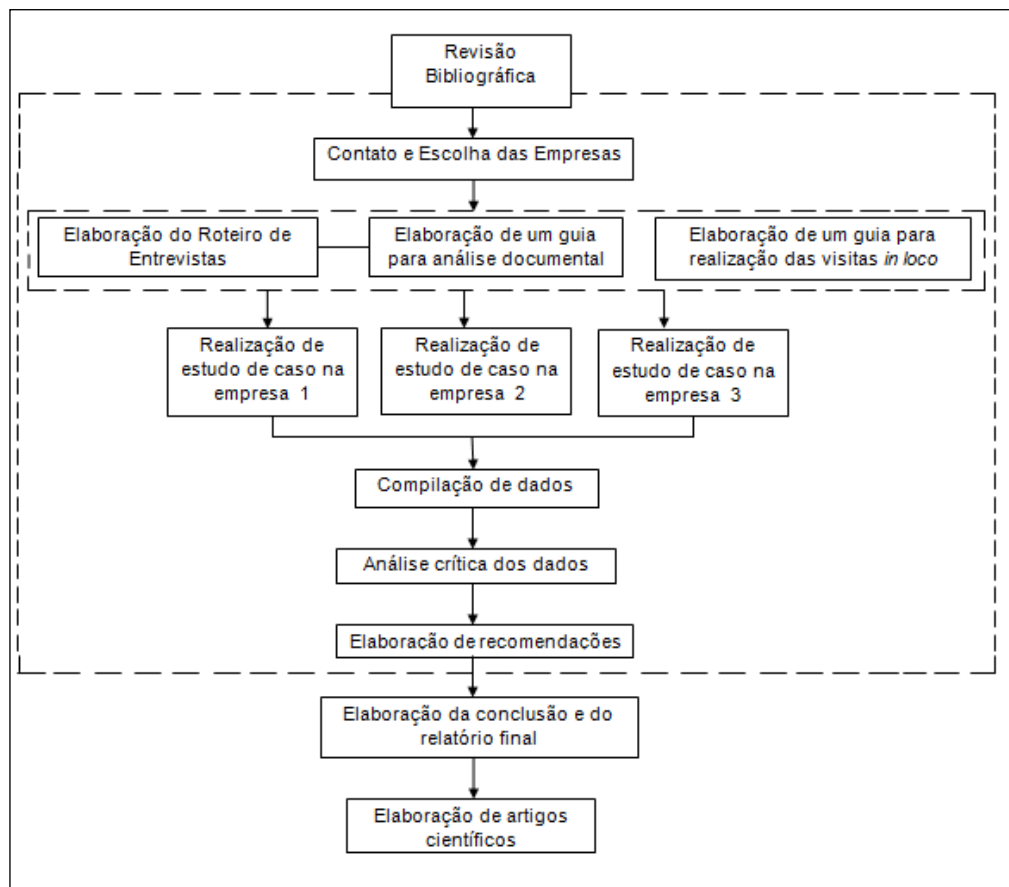
Com base na lista de fatores críticos presentes na seção anterior, foi possível desenvolver o protocolo de coleta de dados (APÊNDICE A), o qual sustentou e orientou o desenvolvimento dos roteiros de entrevista para obtenção de informações, que por meio de análises de conteúdo foram destacadas as principais boas práticas e dificuldades de implementação e utilização do *Lean Six Sigma*.

Destaca-se que esta pesquisa está diretamente associada a uma pesquisa maior do orientador, sendo uma parte integrante dela. Também estão inseridos nesta pesquisa maior um projeto de doutorado e outro de mestrado.

Esta aluna-pesquisadora cursou disciplinas que deram suporte e viabilização desta pesquisa. As disciplinas são: História da Ciência e Metodologia Científica, Economia, Teoria Geral da Administração, Direito, Estatística, Estatística Aplicada à Engenharia de Produção, Controle Estatístico de Qualidade, Teoria e Modelagem de Sistemas, Sistemas de Informação, Pesquisa Operacional, Estudos de Marketing, Engenharia Econômica e Sistemas de Custos, Sistema de Informação Gerencial.

A Figura 19 apresenta o fluxograma de atividades desenvolvido durante esse trabalho.

Figura 19 - Fluxograma de Plano de Atividades



Fonte: Autor

4 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo serão apresentados os três estudos de caso realizados em empresas fornecedoras do setor automotivo. As três situações compreendem a utilização da metodologia *Lean Six Sigma*, ou *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* com ferramentas compostas.

As entrevistas realizadas foram baseadas em um protocolo de dados (APÊNDICE A), para adquirirem informações relevantes que pudessem agregar a este estudo. Complementando as entrevistas, ocorreram visitas *in loco* em duas das três empresas, onde foi possível visualizar a aplicação das ferramentas e as mudanças proporcionadas por elas.

Os funcionários os quais auxiliaram esta pesquisa foram selecionados com base em seus cargos de liderança e relação de proximidade com a utilização das metodologias ou aplicação de tais.

A seguir, seguem os estudos de caso abordados, e suas respectivas análises.

4.1 ESTUDO DE CASO 1

A primeira empresa a ser estudada é uma multinacional de grande porte fornecedora do setor automotivo a mais de 100 anos; é uma das maiores fabricantes de rodas, chapas e chassis no mundo.

A empresa implementou parcialmente o *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, e disponibilizou dados a respeito das duas metodologias para elemento de estudo a fim de contribuir com os objetivos deste trabalho. O meio de coleta de dados foi feito através de entrevistas realizadas com três funcionários: Gerente de *Lean Manufacturing*, Gerente de Fornecedores e Gerente *Six Sigma*.

A situação organizacional da entidade caracteriza-se pela existência de departamentos de melhoria contínua separados para *Lean* e *Six Sigma*, e devido a estas condições, as metodologias serão exploradas separadamente.

O primeiro contato com a metodologia *Six Sigma* foi no ano de 2004, em que começaram a surgir os primeiros projetos, os quais tinham o objetivo de reduzir variabilidade dos processos e reduzir os custos de produção; em 2010 houve uma iniciativa de criação de Departamentos de Melhoria Contínua, onde se instaurou o *Lean Manufacturing*, não inserido

a projetos específicos como o SS, mas com aplicação de suas ferramentas no cotidiano da fábrica para diminuir desperdícios de produção.

Tratemos inicialmente do *Six Sigma*. A empresa trabalha com formação de times de funcionários para o desenvolvimento de cada projeto SS. Os passos para a formação das equipes SS foram dados inicialmente através de um treinamento externo *green belt* com apresentação de ferramentas estatísticas (gráfico de controle, Pareto, projeto de experimentos), de qualidade, ciclo DMAIC e outras fundamentações expostas inicialmente à gerência e algumas diretorias, e posteriormente repassados a colaboradores previamente selecionados, indicados por seus coordenadores. O procedimento de indicação por coordenador é praticado ainda nos dias de hoje e ocorrem com formação anual de turmas, ou a cada dois anos.

A figura dos “*belts*” é prevista pela ideia de Marques et al.(2013), como já citado anteriormente, como uma tendência em projetos tanto de SS quanto de *Lean*, ou ambos integrados. As pessoas capacitadas pelo *green belt* da empresa em questão, as quais desenvolvem os projetos SS, tendem a estar envolvidas em novos projetos, pois são cadastradas num banco de dados e podem ser requisitadas futuramente para contribuição de novas ideias. O Sistema *Belt* é tido como fator crítico dessa pesquisa e ressalta-se aqui a importância da formação de uma equipe que faz uso da metodologia *Lean Six Sigma* e adjacentes.

Após o treinamento, unem-se grupos de quatro ou cinco funcionários multifuncionais (de áreas diversas como processos, produção, compras, vendas), com a intenção de definir um problema da fábrica que necessita de uma solução como, por exemplo, retrabalho, diminuição do tempo de *setup* (tempo decorrido para o ajuste de um processo em execução até a inicialização do próximo processo) e redução de sucata. Cada grupo formado conduz um projeto de melhoria, mesmo que os integrantes não tenham correlação entre seus trabalhos; e esta característica de equipe é fundamental, uma vez que os grupos envolvem pessoas de diferentes áreas, que contribuem com diferentes pontos de vista.

Os desperdícios são mensurados diretamente no processo produtivo, gerenciados por indicadores tais como: percentual de retrabalho, sucata, produtividade, tempo de máquina parado ao mês, em que todos podem ser tratados tanto no *Lean* quanto no *Six Sigma*. A necessidade de mensuração dos desperdícios viabiliza ou não o desenvolvimento e condução de projetos SS.

Para a instituição, a figura de um líder na condução dos projetos é essencial, ele não dispõe de uma capacitação diferente, pois sua tarefa é manter o foco do grupo, organizar reuniões e ser o ponto de comunicação com os gestores. Não há hierarquia. Em certa ocasião houve tentativa de criar um grupo sem um líder oficial, mas notou-se maior dificuldade de evolução e falta de organização. Como sugere a literatura deste trabalho, a liderança é um fator crítico essencial; cabe ressaltar nesse contexto de estudo que não há existência de hierarquia nos times, pois a figura do líder é apenas para orientação, e não possui responsabilidades sobressalentes.

O foco dos projetos é fazer uso da metodologia SS para a condução do ciclo DMAIC, incluindo também as ferramentas de qualidade, medição e análise. Os projetos são tidos como plano de fundo para exercício das ferramentas e tem durabilidade de seis a oito meses acrescida de uma fase de trabalho de campo.

A companhia elabora um contrato ao início do programa para esclarecimento do cenário atual, definição de metas pretendidas, *stakeholders*, definição de pessoas que acompanharão o grupo (denominadas *coachings*), qual o prazo de término e quais as datas de apresentação de resultados periódicos para a diretoria (ação intitulada *checkpoint*). Através dos *checkpoints* e pelas seções de *coaching* é que a gerência avalia e traz feedbacks para o projeto.

Ao término do programa, cada grupo apresenta seu trabalho aos outros participantes e aos gestores. É exposto o que foi alcançado, quais os aprendizados, quais as ferramentas utilizadas, qual a redução dos desperdícios e todo o desenvolvimento e resultados. Ressalta-se que para um grupo receber certificação *green belt* ao término do projeto, não se avalia o cumprimento das metas, mas sim o que é conquistado como um todo.

Um desafio perceptível aos projetos é a necessidade de comprometimento da alta direção como figura de liderança, pois quando os diretores não estão diretamente envolvidos, interessados e cobrando resultados, a tendência é de que os funcionários se acomodem.

Assim como discutido na revisão bibliográfica, houve resistência natural dos funcionários, o que é tido como situação frequente quando ocorre uma mudança de hábitos dentro de uma organização.

Uma dificuldade evidente captada ao conversar com os funcionários é a necessidade de dedicação de tempo extra das pessoas envolvidas, pois é necessário conciliar o projeto e as atividades cotidianas de trabalho habitual.

Como definido por Marques et al. (2013), por meio de análises estatísticas aplicadas ao ciclo DMAIC é possível identificar um processo fora dos limites de especificação. Para a empresa, a correção da variabilidade é tida pelas fases “mensurar” e “analisar” do DMAIC, em que se levanta grande quantidade de informação do processo, produto e desempenho, e assim são utilizadas ferramentas que tratam os dados (planejamento de experimento, gráficos de Pareto, estudos estatísticos) que auxiliam na interpretação e evidenciam comportamentos que os levem as causas de variação de padrão. Todo processo possui variação, porém dependendo das especificações do cliente, o processo será tratado de uma maneira diferente. O que é comum é a maneira com que se esclarecem as causas, que são obtidas através das ferramentas principalmente pela matriz de causa e efeito, assim como citado por Laureani, Malcolm e Antony (2013).

Sobre a manutenção da melhoria contínua, também proposta na última fase do DMAIC, são realizadas auditorias internas na organização, acompanhamentos do próprio grupo de execução do projeto e *checklists* de produção, para garantir que as melhorias alcançadas sejam mantidas.

Na empresa em questão, o funcionário tem total liberdade para opinar no projeto mesmo quando não participa da equipe de execução, como, por exemplo, o operador da máquina em estudo, que pode sugerir ideias, principalmente porque detém maior conhecimento do processo. Quanto mais bem envolvido o colaborador está, melhores são os resultados do grupo (um grupo de quatro ou cinco pessoas inclui 70 pessoas indiretamente). É papel do coordenador e gerente permitir a liberdade de expressão do funcionário.

Outra dificuldade identificada ocorre quando um projeto é desenvolvido e evidencia ganhos, mas quando é apresentado às respectivas áreas já na fase de “controle” do ciclo DMAIC, ainda são detectadas algumas perdas consideráveis em relação ao processo, que são inferiores à condição anterior, mas não alcançam a solução em sua totalidade. Esta questão torna-se um impasse e indaga a viabilidade de dar sequência à fase de controle do projeto, ou ainda de se retornar às etapas anteriores e estudar o projeto novamente.

Ao final do projeto, o cenário inicial e o cenário final são comparados, e é quando se consegue mensurar quantitativamente os desperdícios e gastos; ao se diminuir os desperdícios, consequentemente há diminuição de custos e naturalmente se aumenta a margem de lucro da empresa, seguindo a percepção de lucro orientado discutido por Kornfeld e Kara (2013) e Reosekar e Pohekar(2014).

Uma forma de gestão do conhecimento corresponde aos chamados diretórios comuns do sistema, que dividem informações; os quadros de gestão a vista; e, reuniões das áreas, em que se apresentam os trabalhos em andamento.

O investimento inicial para implementação do *Six Sigma* na empresa foi unicamente destinado aos treinamentos, porém atualmente os treinamentos são ministrados pelos próprios gestores capacitados, o que não gera custo. Alguns projetos demandam investimento em novos equipamentos, mas em sua maioria não necessitam de recursos.

O SS está intrínseco a projetos internos da empresa, portanto não pode ser identificada uma relação fiel entre a metodologia e os clientes; o que ocorre é o aumento de credibilidade e possível interesse do cliente em conhecer os produtos e dar suporte técnico.

Para este estudo de caso, os principais benefícios do *Six Sigma* para a empresa se relacionam ao aspecto pessoal, de motivação do funcionário, que ganha um conhecimento permanente com o projeto, o que naturalmente aumenta o desempenho e performance da equipe; um bom resultado econômico, financeiro, ganho em qualidade, com redução de retrabalho, sucata, *setup*; e além disso, o SS ajuda as pessoas a terem maior compreensão dos processos.

Quanto à execução do *Lean Manufacturing*, foi implantado recentemente na empresa e evoluiu à maneira que existiam algumas situações rotineiras as quais demandavam outras ferramentas não incorporadas pelo SS.

Em 2012, algumas dificuldades tornaram-se notórias, principalmente quanto à logística interna da fábrica, pois a organização cresceu e aumentou sua capacidade produtiva, mas não houve nenhum tipo de preocupação relacionada ao layout operacional. Essa situação motivou a gerência a buscar alternativas para diminuir a trajetória da linha de produção; para isso criou-se, *a priori*, uma área de *Lean Manufacturing* desassociada à área de Melhoria Contínua, para buscar estratégias mais flexíveis e eliminar os fatores NAVs (que não agregam valor). Hoje a área de *Lean* e melhoria contínua são um único segmento focado em três caminhos:

1. Projetos de melhoria: nível 1 - *kaizen*, nível 2 - mega *kaizen*, nível 3 - projetos com características SS, de maior complexidade;

2. *Kaizen*: solicitado pela gerência e aplicado diretamente nas áreas de necessidade, que tem como objetivo principal disseminar cultura de trabalho em grupo e ferramentas do *Lean*, com aproximadamente 180 pessoas envolvidas dentro da fábrica (é a vertente de maior credibilidade para resultados);

3. Times naturais: criação de times autogerenciáveis internos à fábrica, para que se desenvolvam dentro das próprias áreas, com responsabilidades e indicadores que meçam seus resultados. Hoje são 17 times envolvendo aproximadamente 180 pessoas com conceitos básicos do LM, a tendência é alcançar todos os colaboradores, para que recebam treinamento de ferramentas da qualidade para resolução de problemas.

Por meio de filosofias como *kaizen*, que potencializam processos específicos de melhoria, surgiram resultados muito positivos e os projetos relacionados à movimentação ganharam maior espaço e visibilidade.

Algumas dificuldades surgiram, pois a implementação demandava mudanças de layout e parada da linha, o que acabava atrasando a velocidade do processo produtivo e gerava contratempos para atender aos pedidos.

O *Lean* envolveu mudança da cultura organizacional, o que gerou resistência de alguns colaboradores, assim como no *Six Sigma* (situação já esperada como prescrito anteriormente), mas através de treinamentos, a equipe encontrou oportunidades para trabalhar melhor, a resistência diminuiu e houve adaptação comportamental.

Outro contraponto é que os departamentos da organização apresentavam muita autonomia em seus respectivos processos, e o *Lean* requeria um trabalho em fluxo, sendo assim, houve dificuldade para o alinhamento do sistema. A diretoria tomou providências através da organização de reuniões com os gestores das áreas.

Quanto ao apoio da administração, foram nomeadas algumas figuras importantes, consideradas facilitadoras: o coordenador, o gestor dos projetos de melhoria, o gestor *kaizen* e um diretor dos times naturais.

Um fator de destaque na implementação do *Lean* foi relacionado à iniciativa de *brainstormings*, o qual se reúne um grupo e o desafia a enxergar novas oportunidades. Quando os processos são analisados, as possibilidades de melhoria são evidenciadas, buscando projetos inteligentes de grandes oportunidades e baixos custos, já que não existe um centro de custo específico para esse propósito.

Para as primeiras aplicações do *Kaizen* houve treinamento ministrado por uma empresa especializada, mas os grupos de projeto contam hoje com os conhecimentos de pessoas internas. Existem funcionários *master black belts* capacitados a dar o treinamento, o que ocorre quando há demanda.

A comunicação de *start* dos projetos é dada por reuniões com os envolvidos da área, juntamente com os *sponsors* (patrocinadores), gerentes e diretores, onde são estabelecidos os

objetivos, as metas, quais as restrições quanto ao indicador de qualidade e definição de prazos, e também um contrato para oficializar o projeto.

Para gerenciar um projeto *Lean* é criado um grupo multifuncional com pessoas de diferentes departamentos, e a própria equipe é estimulada a identificar uma pessoa chave para assumir a liderança. Diferentemente do que ocorre no *Six Sigma*, apenas o líder possui certificação, normalmente *green belt* ou *white belt*.

Na empresa há utilização do CEP (Controle Estatístico de Processo) para identificar e dimensionar a variabilidade do processo, e também para entender a ocorrência de melhoria ou não. Quando identificada, a variabilidade sofre uma investigação de causa, porém em processos instáveis há uma dificuldade em reparar esta causa. Como citado na revisão bibliográfica, Jain e Rajbir (2014) propôs no TPM (*Total Productive Maintenance*) uma série de ferramentas para analisar e resolver problemas de melhoria da qualidade e uma das principais é o CEP e Gitlow et al. (2013) afirmou que o CEP é um exemplo de Inspeção Informativa onde há coleta e análise de dados para evitar que defeitos ou erros ocorram no futuro.

Os desperdícios da organização são conhecidos por uma análise de mapeamento simples que identifica os AVs e NAVs (o que agrega e o que não agrega valor). Existem *kaizens* significativos, que motivam a continuidade do *Lean*, devido aos resultados positivos de diminuição de tempo de processo.

A empresa utiliza ferramentas de comunicação em todos os departamentos que incluem a Gestão Visual, *Kaizen*, Indicadores de Performance, Qualidade e Produção, pois todos os desempenhos são medidos e devem estar alinhados. Outras ferramentas como Mapeamento de Fluxo de Valor, 5s, TPM, Kanban e Pokayoke estão sendo estudados para puxar processos que ainda são empurrados, também para melhorar o fluxo contínuo e diminuir os desperdícios de movimentações descritos.

O Controle de Performance é dividido em duas partes: qualidade (fase de contenção e na sequência, fase de causa-raiz) e compras (é medida a performance de entrega aos fornecedores quanto a atrasos).

Os *feedbacks* de qualidade podem ser processos internos e externos (quando ocorre um problema com o cliente), seguem normas e possuem certificados. As reclamações são tratadas em três linhas de trabalho:

1. Ações de contenção: quando a saída do produto é bloqueada;

2. Disposição: ação imediata sobre o produto tida como retrabalho ou alteração no processo;

3. Ações corretivas: trata com abrangência para não acontecer recorrência.

O *feedback* do projeto como um todo é designado como *checkpoint*, para que os *sponsors* avaliem e corrijam as falhas. Existem também indicadores que evidenciam as transformações através de operações de controle, inspeções finais, auditorias internas e auditorias de produto (tratadas pela equipe da qualidade), pois os produtos possuem muitas variáveis dimensionais.

Os resultados dos projetos *Lean* são medidos e validados com a equipe de controladoria: todo e qualquer ganho é considerado uma melhoria, principalmente aqueles que envolvem redução de gastos. Essa apresentação de resultados promove a motivação dos funcionários.

Apesar dos programas *Lean* e *Six Sigma* não terem sido implementados no mesmo período na empresa, hoje pode se afirmar que de certa forma eles se integram, seja na filosofia comum de melhoria contínua, como também na utilização de metodologia e ferramentas que são compartilhadas/emprestadas para a execução de projetos *Lean* ou *Six Sigma*.

Foi questionado perante a empresa, qual o motivo de não utilizarem a metodologia *Lean Six Sigma* como padrão para os projetos e a resposta permeia a ideia de que as metodologias *Six Sigma* e *Lean Manufacturing* foram implementadas em diferentes momentos na organização para finalidades distintas, e que agora já estão enraizadas com tais estruturas. A utilização das ferramentas como complementares, atende hoje as necessidades da empresa, não sendo necessário, por enquanto, alterar as atividades e projetos em execução.

Uma observação importante deve ser feita: não foi possível realizar análise documental e visita *in loco* na linha produtiva.

4.2 ESTUDO DE CASO 2

A segunda empresa a ser estudada neste trabalho consiste em uma automobilística multinacional de grande porte, que está a mais de 100 anos no mercado mundial e há 90 anos instalou sua primeira planta no Brasil. A planta a qual foi estudada emprega aproximadamente 4 mil funcionários e é responsável pela produção de 5 diferentes linhas de carro.

A entidade em questão já utilizava *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* como metodologias separadas, mas com ferramentas complementares; desde 2014 vem

desenvolvendo seus primeiros projetos *Lean Six Sigma* em processos pontuais, com o objetivo de identificar, controlar e eliminar causas especiais de variação inerentes a estes processos, assim como propõem, entre outros autores, Laureani e Antony (2012).

Os projetos *Lean Six Sigma* tem duração de aproximadamente oito meses (um pouco além da proposta de Albliwi et al.(2014), que prevê projetos de 3-6 meses) e estão sendo trabalhados em processos de fornecedores considerados em módulos de vida avançados (são fornecedores os quais desenvolvem programas para novos projetos) ou também módulos de vida correntes (em que após o lançamento, o produto passa a ser corrente na linha de produção), onde se intensificam.

A ideia de aplicação da metodologia LSS surgiu pela visualização de uma oportunidade de melhoria em uma linha de produção de um fornecedor. Este estudo de caso aborda um projeto piloto em uma linha de canaletas e que está sendo replicado para novas ocasiões. A finalidade do projeto era diminuir o número de refugos e aumentar o número de *First Time Quality* (FTQs), também conhecidas como “peças boas na primeira vez”.

Um dos principais problemas encontrados no processo era que os dados de controle medidos estavam equivocados, pois não eram monitoradas linhas de produção exclusivas, e sim uma análise única para a área inteira, ou seja, um bom resultado compensava um mau resultado, o que não dava a dimensão exata do problema; a forma de medir a voz do processo (todas as atividades que não agregam valor, mas suportam a fabricação do produto) estava equivocada.

Além disso, outro grande empecilho era que as dimensões do produto da linha em estudo estavam fora dos limites de controle. Antes do projeto, esses parâmetros não eram medidos e, a partir dos conceitos do LSS, passaram a ser calculados e reestabelecidos dentro dos limites. O operador que exerce a atividade de rotina dificilmente tem a percepção de refugos e retrabalhos como situação fora da normalidade quando aquilo já está intrínseco ao processo.

Para formar o time do projeto piloto LSS não foi necessário que a empresa investisse em treinamentos, pois os colaboradores envolvidos já possuíam capacitação; o time do projeto era formado por um *black belt* que liderou o projeto, um líder executivo, um *green belt*, um coordenador, operadores de manufatura e um *white belt*. Os integrantes eram tanto da empresa quanto do fornecedor, trabalhando em parceria. De maneira geral, os treinamentos acontecem à medida que a empresa necessita de um funcionário capacitado em determinado setor e

busca-se uma consultoria externa para dar suporte a esta capacitação. Como citado na literatura, a presença de uma estrutura *belt* é fundamental para a ocorrência de projetos LSS.

Como fator crítico de relevância desta pesquisa, o processo em questão envolve a figura de um líder *black belt*, que reage e toma decisões em posição de liderança quando alguma situação afasta-se do planejado. A literatura deste trabalho enfatiza a importância da figura do líder, proposta por Meiling et al. (2012) ao transcrever sobre o Princípio 9 como fator crítico do *Lean Manufacturing*.

Não é demandada nenhuma verba específica para a execução dos projetos, pois geralmente não existem custos diretos, apenas custos indiretos de disponibilidade de pessoas.

Segundo Jirasukprasert et al. (2014), o DMAIC é a principal ferramenta da metodologia *Lean Six Sigma*; a organização também utiliza o ciclo DMAIC como ferramenta-chave, e possibilita que o ciclo oriente o sequenciamento de atividades a serem desenvolvidas, no qual em cada fase são estabelecidos objetivos.

Em cada fase do processo, a equipe necessita ser muito meticulosa, para não correr o risco de levantar os dados inadequadamente. Segundo Laureani, Malcolm e Antony (2013), as atividades de cada fase devem ser muito bem estabelecidas. Para a empresa, foi muito importante trabalhar e desenvolver corretamente as exigências na fase de Definição, pois esta fase não pode deixar dúvidas para as próximas etapas do processo.

Em literatura existem as causas comuns e as causas especiais de variação de processo. Para empresa, são consideradas como condições de causas comuns: o efeito do material, método, efeito de mão de obra, meio de medição, material propriamente dito e meio ambiente, que variam entre si ou podem variar isoladamente; tais causas são passíveis de serem trabalhadas em projetos de melhoria contínua como os projetos LSS. As causas especiais de variação são tendenciosas e não tem previsibilidade, mas não acontecem de forma aleatória e não são possíveis de receber avaliação estatística adequada, e desta maneira o processo não tem confiabilidade pra afirmar que aquela amostragem representa a população, portanto é preciso tratar e eliminar essas causas.

A equipe de gerenciamento utilizou algumas ferramentas como mapa de fluxo de valor, sipoc, diagrama de Pareto, análise de sistemas de medição (calibração), análise estatística, diagrama de Ishikawa, matriz de causa e efeito, teste de hipótese, 5W2H (*Who, What, When, Where, Why, How, How Much*), FMEA (*Failure modes and effects analysis* - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), plano de ação com interligação entre os resultados das análises obtidas na aplicação de cada ferramenta.

O desenvolvimento de um Mapa de Fluxo de Valor foi fundamental para se alcançar um *overview* da situação-problema, em que foram estabelecidas as entradas e saídas do processo. Foram identificadas atividades que não agregavam valor, mas que por serem inerentes ao processo, não poderiam ser eliminadas e, portanto, era necessário trabalhá-las para diminuir tempo de execução, alcançar resultados melhores e mais confiáveis para se permitir análise estatística.

Em uma visão geral, a análise estatística aplicada em determinadas fases do DMAIC foi o que norteou o desenvolvimento do projeto e deu suporte à obtenção dos resultados. Foram estudadas causas comuns através de gráficos de controle (cartas de controle por variáveis ou cartas de controle por atributos) a fim de entender as variações de processo.

Como havia diversas causas, foi desenvolvida uma matriz de causa e efeito onde foram dispostos os itens prioritários do diagrama de Ishikawa e por *brainstormings* de avaliação, o time LSS foi capaz de identificar várias possibilidades, e as principais se concentraram em falta de treinamento, falta de padronização de trabalho, variação dimensional do material e falta de manutenção padronizada nas máquinas.

Na fase de melhoria do projeto ocorreu identificação das causas da variação dimensional do produto; foram utilizadas, através de um plano de ação, técnicas para reduzir a dispersão das causas.

As principais medidas tomadas foram:

1. Realização de teste de hipóteses para padronização do *setup* das máquinas com a inclusão ou não de uma escala para diminuir o tempo de atividade; concluíram que a escala era relevante;
2. Revisão dos planos de manutenção preventiva e preditiva; e
3. Realização de treinamento para trabalho padronizado (fez com que avaliassem funcionários mais/menos preparados para determinado tipo de trabalho, com uma metodologia inicial pré-definida). Procuraram envolver o operador através de entrevista e construíram um sequenciamento de atividades.

O plano de ação desempenhado pela empresa teve objetivo de elevar o patamar daquela situação considerada ruim, para uma nova condição de melhoria de qualidade.

Outras ferramentas utilizadas na fase de melhoria foram o 5W2H e FMEA o que possibilitou balancear o cenário inicial e o novo cenário.

Na fase de controle foi realizada uma nova avaliação estatística, para que fosse confirmada a capacidade sigma melhorada após o desenvolvimento do projeto *Lean Six Sigma*.

Para a empresa, o trabalho em equipe é fundamental em um projeto *Lean Six Sigma*, porque são permitidas diversas visões no processo com conhecimento agregado e liberdade para o colaborador sugerir ideias. Os valores da organização propõem que sem um time, o projeto tende a ser fracassado, pois o que viabiliza um bom relacionamento e produtividade na equipe é a não censura de informações, o *brainstorming* e a presença de facilitador de ferramentas.

Quanto à motivação das equipes da empresa, é trabalhada constantemente ao apresentar os *feedbacks* tanto positivos, quanto negativos, os quais são interpretados com graus de certificação; conforme os times implementam as práticas LSS e melhoram resultados. Segundo Kumar (2014), a criatividade e motivação elevadas auxiliam na redução de custos e inventários, aumento da qualidade, e o ambiente de trabalho torna-se mais seguro.

A empresa deste estudo de caso tem grande preocupação com a gestão do conhecimento, e trabalha com acompanhamento de planejamento estratégico, documentado em bancos de dados específicos, principalmente por situações de experiências negativas, para se armazenar as *lessons learned* (lições aprendidas), para que sejam consultadas em uma próxima oportunidade.

A seleção dos fornecedores da organização é feita por meio de fatores estratégicos tanto de fornecimento quanto de preço; o relacionamento entre a empresa e o fornecedor é inconstante, devido às relações comerciais e estratégicas flutuarem com o mercado. Neste caso, existe um reconhecimento de parceria para com os fornecedores, uma premiação que é variável devido às mudanças do cenário de negócios. Como um dos 14 princípios propostos Meiling et al. (2012) e Gao (2012), o princípio 11 busca respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

Quanto aos clientes, existem diversos departamentos da empresa para tratá-los, e são tidas basicamente duas vertentes: as vozes negativas e as vozes positivas. A primeira é de fácil identificação, porque é reativa (existe algo errado e é necessário reparar); a segunda é mais complexa por interpretar as opiniões principalmente pela tendência do mercado (o que está sendo feito realmente agrada os clientes?). É mais fácil atender o que o cliente reclama, mas é difícil compreender o que ele espera do produto. Vale ressaltar que o *Lean Six Sigma* não afetou diretamente no aumento de clientes, mas trouxe melhoria nas relações externas.

Quando se desenvolve um projeto *Lean Six Sigma*, as pessoas envolvidas dificilmente conseguem mensurar as dificuldades exatas que encontrarão pela frente, mas a maior dificuldade encontrada durante um projeto LSS é o engajamento das pessoas envolvidas; também existe o contraponto de formação do time de colaboradores adequados alinhados em sintonia com o projeto, o que conseqüentemente, é uma tarefa difícil.

O conhecimento adquirido pela equipe após um projeto é imenso, pois as pessoas adquirem experiência e visão mais crítica por detalhes. Além disso, fica evidente o quanto uma atividade cotidiana pode ser mascarada por quantificar um processo ineficiente ao qual pode ser tratado e melhorado.

A engenharia da empresa tem estudado o DFSS (*Design for Six Sigma*). Citado por Marques et al. (2013), o DFSS está voltado para a fase de desenvolvimento de produtos e processos visando prevenir erros, e é considerado uma derivação do DMAIC. Os treinamentos são oferecidos dentro e fora da fábrica, e muitos deles pelo computador como complemento das aulas presenciais. Não existe periodicidade, apenas identificação de necessidades de treinamento.

Uma boa prática desenvolvida foi absorver o conhecimento do projeto e fazer abrangência pra outros casos, em que primeiramente o projeto *Lean Six Sigma* ocorreu em uma linha de produção, e foi replicado para outras linhas em outros fornecedores.

4.3 ESTUDO DE CASO 3

O terceiro estudo de caso é referente a uma empresa química americana, presente em mais de cinquenta países, reconhecida como uma das cinco maiores do mundo na indústria de revestimentos, que está no mercado desde o início do século XIX. No Brasil conta com dois sites e aproximadamente 400 colaboradores; sua responsabilidade, entre outras atividades, é a de produção de tintas de revestimento para o setor automobilístico.

Esta organização trabalha com um setor da empresa dedicado exclusivamente ao *Lean Six Sigma*, cujo foco é desenvolver a melhoria contínua.

A concepção da metodologia na empresa foi uma ordem corporativa externa, intitulada pelo CEO da empresa; foi nomeado um diretor global específico para desenvolver áreas *Lean Six Sigma* nas filiais e implantar a filosofia de tomada de decisão baseada em fatos e dados. A visão do LSS para a empresa propõe uma postura mais madura e profissional

diante de um conflito, por meio da mensuração do problema, o entendimento da situação e posterior tomada de ação.

Desde o surgimento da ideia até a elaboração dos primeiros projetos *Lean Six Sigma* desenvolveu-se um trabalho de aproximadamente um ano, para que fosse criada uma estrutura para dar suporte e gerar liderança ao programa, com a contratação de consultoria especializada para dar treinamento e formação das primeiras turmas.

Os treinamentos iniciais foram focados nos gerentes e diretores para capacitá-los como figura de *sponsors*, para desenvolver visão crítica de utilização dos recursos; pessoas chave com perfil para mudança são identificadas e treinadas como *green belts*.

Assim como foi proposto por Marques et al. (2013), existe uma hierarquia, ou “sistema de correia”, a área de LSS da empresa em questão se estrutura com o *black belt*, que atua como um *coach* e auxilia o desenvolvimento dos projetos menores, assistindo a aplicação correta das ferramentas, principalmente no decorrer do ciclo DMAIC, mas a própria área interessada no projeto é que especifica os envolvidos para qualificação *green belt* ou *kaizen* líder, tornando-os capazes de liderar e executar as ações. Por vezes ocorrem falhas nesse tipo de estrutura e o *black belt* é quem acaba conduzindo os projetos por falta de estímulo dos colaboradores, tal situação varia muito de time para time.

A responsabilidade da área LSS sob os projetos é tida como uma perspectiva estratégica; quando acontecem projetos de grandes escopos e envolvimento de varias áreas, o *black belt*, por ter uma visão macro, faz o link entre todas as áreas. Cada área envolvida tem *green belts*, mas é o *black belt* é quem orienta todos, que transita entre todas as áreas, tem maior facilidade por estar fora da estrutura e tem mais flexibilidade com apoio da alta direção.

Quanto ao apoio da alta direção, não existe verba destinada ao *Lean Six Sigma*, as ações ocorrem via *payback*, ou seja, quando o projeto apresenta uma viabilidade e é atrativo financeiramente, então é possível dar andamento; mas não existe *budget* destinado ao LSS, a avaliação é de projeto a projeto. Em alguns casos é necessário solicitar verba, mas desta forma se torna um projeto da área de engenharia e não mais de *Lean Six Sigma*.

Os projetos *Lean Six Sigma* na empresa em questão podem acontecer de duas maneiras: a primeira ocorre quando surge uma necessidade de melhoria em algum processo o qual a pessoa evidencia uma dificuldade cotidiana; a outra situação ocorre quando surge uma ideia de melhoria, o colaborador propõe um projeto e pede apoio de um *sponsor* para fazer o projeto acontecer. Assim como discutem Gremyr e Fouquete (2012), o LSS sustenta

circunstâncias de melhorias na qualidade, redução da variação e aumento da velocidade do fluxo dos processos, o que permite tais projetos se desenvolverem.

A principal ferramenta utilizada pela organização é o ciclo DMAIC, o mesmo proposto por Sarkar, Mukhopadhyay e Ghosh (2013) neste referencial teórico, em que cada fase é incorporada com diversas outras ferramentas como Mapa de Fluxo de Valor, análise estatística do processo com gráficos de controle, 5s, gráficos de pareto, *kaizen*, FMEA, SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*); dependendo das informações necessárias, são selecionadas ferramentas mais viáveis para a aplicação. Não é obrigatoriedade seguir todas as fases do DMAIC em todos os projetos, geralmente são realizadas análises de valor do que é proveitoso desenvolver.

Outra ferramenta muito utilizada pela empresa é o TPM, já descrito neste trabalho. A equipe de manutenção está desenvolvendo planos com base em históricos e indicadores OEE das máquinas, para diminuir as ações corretivas que atrasam processos e aperfeiçoar ações preventivas e preditivas, que tendem a diminuir erros e paralisações.

No último ano a organização aplicou a ferramenta 5S em suas áreas fabris; “despoluiu” os corredores, pintou faixas para organizar o ambiente, destinou espaços específicos a determinados tipos de materiais. O resultado do trabalho foi um ambiente mais limpo, organizado, que facilita encontrar ferramentas e materiais e evita perda de tempo por essa razão.

Quanto ao acompanhamento do projeto, é desenvolvido um plano de comunicação de como o projeto será desenvolvido; isso acontece na primeira fase do DMAIC, que é a fase de definição, e a partir deste ponto é definida a periodicidade das reuniões de controle (reuniões semanais ou quinzenais), com posterior reunião de fechamento.

A maior dificuldade na atuação do LSS na empresa é manter o envolvimento das pessoas, pois é preciso administrar as atividades cotidianas em paralelo com as demandas do projeto. A política da instituição propunha o colaborador *green belt* dedicasse 25% do seu tempo a projetos *Lean Six Sigma*, mas na prática não é o que acontece.

Outra dificuldade encontrada pela organização é que por vezes o gestor da área não é adepto da metodologia LSS; alguns funcionários em cargos de liderança não absorvem a cultura, o que dificulta o progresso das atividades e acaba desmotivando os colaboradores. Esse tipo de situação vai ao encontro do que foi proposto por Chauhan e Singh (2012), que indicam o apoio dos cargos de gestão como um dos seis pontos chave para o sucesso desse

tipo de metodologia, pois se não existe apoio do time, há dificuldade em apresentar bons resultados e acaba por limitar o avanço.

As tratativas em situações como a citada acima ocorrem por meio de apoio e intervenção de pessoas da alta gerência, que possuem maior poder de convencimento, autoridade e são adeptas da cultura *Lean Six Sigma*.

O que viabiliza um bom relacionamento e produtividade na equipe é a seleção adequada dos times, e durante o projeto é o foco no resultado. Assarlind, Bäckman, e Gremyr (2013) dizem que a liderança é um dos fatores de sucesso para a aplicação do LSS; na empresa em questão, o líder deve conduzir as pessoas para não saírem do foco e não perderem o relacionamento interpessoal.

Ao aplicar um novo projeto, geralmente encontra-se resistência de funcionários mais conservadores; as pessoas mais novas tendem a ter maior aceitação para mudanças; geralmente as mudanças são apresentadas aos operadores e usualmente estão ligados ao projeto.

Durante um projeto todas as decisões são tomadas em equipe, ou seja, os funcionários tem total liberdade para expor suas ideias; ao término, existe uma reunião denominada reunião de sucessão, com a definição das responsabilidades a partir dali, e cabe aos líderes de projeto decidirem quem irá adquirir tais responsabilidades.

A fábrica em questão não trabalha com o conceito de produção puxada, pois não existe uma linha de produção ou esteiras, a indústria trabalha por fabricação em bateladas de tinta ou resina.

Na empresa em estudo, a gestão do conhecimento acontece por meio de *savings*, em que são reportados os resultados dos principais projetos realizados e qual a economia proporcionada pelos mesmos. Alguns projetos são apresentados para o *site* inteiro (administrativo e fábrica), outros se limitam ao nível operacional fabril; para o *sponsor* é realizada uma apresentação formal dos resultados obtidos.

Existem ainda alguns programas como “Ideias em Ação” em que são divulgadas via web ou nos painéis de comunicação (localizados em corredores e salas comuns), todas as iniciativas relacionadas a melhorias, inclusive os projetos. Esse tipo de programa trouxe resultados muito positivos, estreitando a comunicação e criando um canal entre diretoria e fábrica, em que os colaboradores se sentem ouvidos.

Sobre a melhoria contínua na organização, existem planos de ação *kaizen* para melhoria de qualidade de processo, com métricas anuais relacionadas à eficiência de

materiais, custo da má qualidade e custo por quilograma produzido. Todas as ações são voltadas a esses indicadores, que buscam melhoria de desempenho. Arya e Jain (2014) estudaram o *kaizen* como uma filosofia de gestão focada na melhoria contínua dos processos de fabricação, de gestão de negócios, do ambiente de trabalho e dos funcionários, e trazem no referencial teórico deste trabalho, a concepção de que o *kaizen* é fundamental em aplicações *Lean Six Sigma*.

Quanto ao controle estatístico, alguns produtos da fábrica possuem controle laboratorial, mas o que ocorre normalmente é baseado em alguma investigação; hoje não existe ação procedimental. A área de processos se dedica a garantir que a produção trabalhe com o mínimo de variação possível, não necessariamente ligado ao LSS.

Para a empresa, a influência do LSS na eliminação dos desperdícios se manifesta pelo caminho ao qual se estimula a detectar a causa raiz de um problema com eficiência, condicionando as pessoas a uma visão crítica e objetiva.

Ao início de cada projeto é definida uma métrica primária a qual se determina qual o objeto de estudo a ser melhorado. No encerramento, os resultados são mensurados por meio da medição desta métrica e de uma análise sobre o que as ações impactaram. A análise não é com base em ganho financeiro (este é resultado de uma melhoria de eficiência, é consequência), mas sim sobre tempo de processo, tempo de mão de obra, qualidade, defeitos e reprocessos.

A manutenção dos projetos de *Lean Six Sigma* na empresa ocorre não somente com a fase de controle do ciclo DMAIC, mas também através de um banco de dados com uma lista de projetos com suas características, prioridades e objetivos. Conforme os projetos se encerram, buscam-se novas oportunidades. Quanto aos treinamentos, existem tentativas de reciclagem de pessoas para realizarem novos projetos.

Um grande problema encontrado na implementação do *Lean Six Sigma* foi trabalhar com a expectativa da alta gerência, pois as pessoas focavam apenas na parte financeira, e não prestavam atenção na eficiência e bons resultados de processo que a metodologia poderia trazer.

Outro grande impasse foi que a princípio formavam-se muitas turmas de *green belts*, com apresentação dos fundamentos do DMAIC, mas o processo era muito mecanizado, com muita informação e pouco aproveitamento, ou seja, com poucos projetos LSS em execução. Hoje estão trabalhando com uma menor quantidade de projetos LSS, porém com pessoas mais bem selecionadas para os treinamentos e maior qualidade.

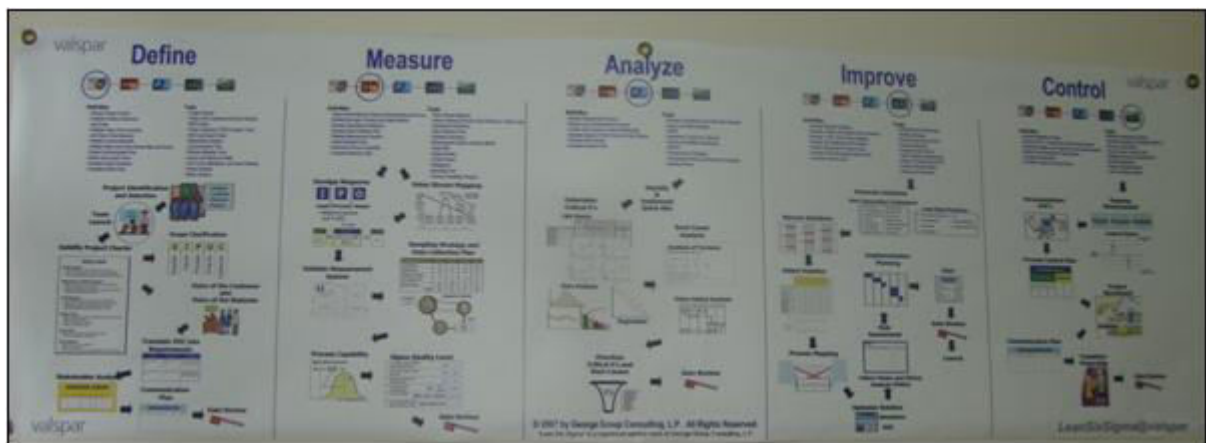
Assim como preveem Assarlind e Aaboen (2014) nesta literatura, o LSS tornou a empresa mais competitiva.

O LSS é um programa interno da empresa, para o cliente é pouco relevante ou positivo, não é considerado efetivamente um diferencial.

O gerenciamento de estoques da empresa não está relacionado com o *Lean Six Sigma*; a área de planejamento e controle da produção possui um sistema métrico de estoque por negócio (três negócios), desses três negócios, é considerada uma proporção de estoque de matéria prima, produto intermediário e produto acabado; o controle é realizado por meio de uma previsão de demanda.

O DMAIC tornou-se uma cultura da empresa, em que se propõe aplicar as cinco fases ou parte delas em qualquer processo que necessite de mudança e tomada de decisão. Tendo isso em vista, foram espalhados cartazes ou chamativas em quadros de avisos que estimulem a prática do Lean Six Sigma na empresa.

Figura 20 - Instruções para o DMAIC



Fonte: Empresa (2016)

Este estudo de caso foi mais tangível por ser possível ter visita *in loco*, análise documental de resultados e maior proximidade com os projetos, o que permitiu um trabalho com maior clareza sobre o processo.

5 SISTEMATIZACAO DE BOAS PRÁTICAS E DIFICULDADES

O desenvolvimento deste trabalho se baseou em três estudos de caso os quais apresentaram uma série de características semelhantes entre si ou pontuais, adaptadas a cada realidade de seus processos. A seguir será possível visualizar uma sistematização das principais boas práticas e dificuldades enfrentadas pelos colaboradores ao praticarem a metodologia *Lean Six Sigma* em seus processos.

Quadro 3 – Boas práticas do Lean Six Sigma

FUNCIONÁRIOS	1. Motivação dos funcionários, que ao trabalharem em projetos novos e com diferentes pessoas, observavam outras oportunidades fora da rotina de trabalho; 2. Liberdade de expressão do funcionário, que é capaz de expor suas ideias nos projetos, com ganho de visibilidade; 3. Investimento da empresa no colaborador, por meio de treinamentos internos e externos, agregando positivamente em suas qualificações; 4. Motivação dos funcionários, que é gerada através de feedbacks positivos e negativos, que estimulam uma competição saudável e permitem melhoria constante na empresa; 5. Criação de projetos de comunicação, que estreitam o canal entre diretoria e fábrica, em que os colaboradores se sentem ouvidos;
FERRAMENTAS	6. Prática de <i>braintormings</i> que permitem a geração de novas ideias e oportunidades; 7. Aplicação do <i>kaizen</i> , o que gerou resultados positivos de diminuição de tempo nos processos; 8. Interligação entre os resultados das análises obtidas na aplicação das ferramentas; 9. Ações de melhoria contínua em seus processos, com determinação de métricas específicas a serem trabalhadas; 10. Incentivo à cultura de eliminação dos desperdícios a qual possibilita que as pessoas pensem de maneira mais crítica e objetiva; 11. Desenvolvimento de planos de manutenção que diminuem desperdício de tempo e melhoram os processos;
PROCESSOS	12. Capacidade de mudança dos processos, com estímulo a um processo mais veloz e flexível como fator crítico para o desperdício; 13. Desenvolvimento de um fluxo do processo de entradas e saídas para se obter um <i>overview</i> do processo; 14. Mensuração de dados que antes não eram calculados;
EQUIPE	15. Estímulo do trabalho em equipe, que permite diversas visões no processo com agregação de conhecimento; 16. A presença de um líder para conduzir o projeto é fundamental para que não haja perda de foco; e 17. Saber selecionar adequadamente os participantes do projeto, para que não haja conflito e que o projeto tenha bom desenvolvimento.

Fonte: Produção do próprio autor (2016)

As boas práticas relacionadas aos funcionários convergem para o investimento da empresa para com o colaborador, que se sente valorizado e, por consequência, mais motivado a trabalhar. Outra característica apresentada refere-se à liberdade de expressão do funcionário, que, ao expor suas ideias, se sente pertencente ao projeto. Tais práticas são fundamentais para um bom desenvolvimento de projeto que necessita do envolvimento das pessoas para obtenção de sucesso.

Quanto às ferramentas, a concepção que permeia é a aplicação de ferramentas que visem todo e qualquer tipo de eliminação de desperdício e que incentivem a melhoria contínua nos processos. Os *brainstormings* permitem o levantamento de ideias, essencial em projetos *Lean Six Sigma*, que buscam novas possibilidades de operação.

Desenvolver um *overview* do processo, relacionado também a ferramenta de mapa de fluxo de valor, é tido como boa prática por facilitar as atividades do processo e buscar melhorias a elas.

A formação de equipes bem estruturadas com a figura do líder e a seleção adequada dos integrantes permite um bom desempenho do projeto, pois o relacionamento interpessoal é fator determinante para tomadas de decisões.

Os principais fatores de boas práticas comuns a pelo menos dois estudos de caso são a promoção de *brainstormings* que possibilitam a geração de novas ideias, realização de treinamentos dada como um investimento no funcionário, liberdade de expressão ao colaborador como oportunidade de exposição diante dos colegas e investimento em planos de manutenção a fim de se evitar perda de tempo com linhas paradas para possíveis trocas de peça.

Quadro 4 – Dificuldades do Lean Six Sigma

FUNCIONÁRIOS	1. Resistência na implementação, por parte dos funcionários, os quais, certas vezes se opõem a utilizar novas ferramentas ou tratar os processos de maneira diferente; 2. Necessidade de dedicação de tempo extra das pessoas envolvidas, o que ocasiona sobrecarga de trabalho e atrasos na entrega das atividades tanto da rotina do funcionário, quanto dos projetos; 3. Manter o envolvimento das pessoas, pois é preciso administrar as atividades cotidianas em paralelo com as demandas do projeto;
FERRAMENTAS	4. Impasse na fase de controle do projeto quando o processo ainda possui variabilidade, em que são questionadas as possibilidades de revisar o projeto e procurar novas soluções ou dar sequência para finalizá-lo; 5. Medição equivocada dos indicadores; 6. Problemas de ajustes nas máquinas;
PROCESSOS	7. Quando uma equipe trabalha com um processo instável, surgem dificuldades para identificar as causas de variabilidade e corrigi-las; 8. As parada para implementação de ferramentas ou alterações de layout geram atraso na produção da fábrica, pois alteram a rotina e os cronogramas de planejamento de controle; 9. Falta de padronização do trabalho; 10. Dificuldade para alinhar o fluxo de trabalho, pois muitas atividades são sequenciais e interdependentes;
EQUIPE	11. O projeto deixa de ter relevância quando as ideias de um grupo divergem e as mudanças não tem aceitabilidade; 12. Em algumas situações o black belt é quem acaba tomando iniciativa de desenvolver e incentivar os projetos, pois falta estímulo aos funcionários; 13. Formação de muitas turmas green belt e pouco desenvolvimento de projetos LSS com baixo aproveitamento;
EMPRESA	14. Alta gerência focava apenas na parte financeira, e não prestava atenção na eficiência e bons resultados de processo que a metodologia poderia trazer; e 15. Falta de apoio dos cargos de gestão/liderança, o que dificulta o progresso dos projetos e desmotiva os colaboradores;

Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Para a análise de dificuldades se destacam a resistência dos funcionários diante de novas situações e principalmente, o envolvimento dos colaboradores, que necessitam estar alinhados para que o projeto tenha ritmo, o que demanda dedicação de tempo extra de trabalho, situação que por vezes desagrada o colaborador.

Relacionado às ferramentas, surgem dificuldades ao desenvolvê-las quanto ao tratamento de dados estatísticos, e também, na aplicação de ferramentas propriamente ditas como o ciclo DMAIC com fases de tomada de decisão, ou problemas de ajustes de máquinas que refletem a inexperiência de aplicabilidade de ferramentas como SMED, por exemplo.

Um dos maiores impasses encontrados nos processos ocorre devido à falta de padronização das atividades, que dificultam mapeamento e visualização de problemas. Os processos são sequenciais e dependentes, e por consequência, surge uma dificuldade quanto ao alinhamento de fluxo de entradas e saídas em atividades, o que incide diretamente em projetos *Lean Six Sigma*, que visam equalizar tais processos.

Como já citado em boas práticas, a formação de uma equipe bem estruturada é fundamental para a execução de projetos de qualidade, e qualquer situação que vá de encontro a tal prática, é tida como uma dificuldade.

Como fator empresa, é nítido o apoio essencial da alta gerência em execução da metodologia *Lean Six Sigma*; a falta de apoio e incentivo incide diretamente do desempenho dos projetos.

Tratando-se de dificuldades na implementação de projetos Lean Six Sigma, os fatores mais citados pelas empresas correspondem à resistência dos funcionários quanto à utilização de novas ferramentas ou desenvolvimento de novas atividades, engajamento das pessoas que compõem o time LSS para que continuem a se dedicar aos projetos, atividades cotidianas praticadas em paralelo aos projetos e necessidade de apoio de cargos de liderança como fator motivacional para os funcionários.

6 CONCLUSÃO

Os principais temas aqui abordados, unidos à revisão bibliográfica estruturada por recentes publicações nos mais importantes *journals* da área da gestão de qualidade, orientaram a execução deste trabalho, formando uma base teórica sólida, essencial para o desenvolvimento das demais etapas em questão.

Foram listados os fatores críticos, citados pela literatura, os quais os temas DMAIC, melhoria contínua, motivação e inovação tiveram destaque para o desenvolvimento e manutenção da metodologia *Lean Six Sigma*. Com base nesses fatores críticos foi estruturado um protocolo de coleta de dados, que deu suporte para o desenvolvimento dos roteiros de entrevista, com permitiram realização de visitas *in loco*, como na sequência do cronograma.

Este trabalho ficou restrito a três empresas do setor automotivo que implementaram parcialmente ou integralmente ferramentas o *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* ou *Lean Six Sigma*, para melhoria dos processos e como política da empresa. Após uma entrevista com funcionários orientada pelo roteiro, foi obtido o cenário de cada um dos estudos de caso, e as boas práticas e dificuldades foram identificadas. Nos estudos de caso 1 e 3 também foi possível obter uma visita *in loco* para visualização prática da aplicação das ferramentas.

Em sua maioria, as informações obtidas condiziam com o referencial teórico proposto, mas a principal experiência adquirida neste trabalho foi a não existência de um padrão para utilização do *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* ou *Lean Six Sigma*, mas sim uma questão de viabilidade e necessidade. Por vezes determinada ferramenta pode ser aplicada em uma área, mas não consegue ser útil e eficaz em outra, pois pode, por exemplo, ser uma área de gargalo e não ter a capacidade de ser desenvolvida no nível das demais situações.

A metodologia *Lean Six Sigma* oferece muitas ferramentas, porém é necessário que o ciclo DMAIC seja muito bem desenvolvido; é preciso aplicar treinamento e não apenas capacitação, para que seja estimulada a cultura de pensar criticamente neste processo. É preciso focar em melhoria de processo de forma definitiva e não de forma paliativa; não apenas em ferramentas robustas e treinamentos, mas sim resultados efetivos.

É válido ressaltar que os resultados obtidos por aqui se referem a uma amostra de apenas três empresas do setor automotivo, o que pode orientar para fatores críticos do setor em questão. A aplicação do *Lean Six Sigma* e suas ferramentas não podem ser generalizados a toda e qualquer empresa, pois é possível desempenhar diferentes comportamentos em outras organizações.

Este trabalho trouxe uma conceituação geral quanto a implementação do *Lean Six Sigma*; como sugestão de trabalhos futuros, poderiam ser estudadas as práticas em cada fase do ciclo DMAIC, com maior especificação de ferramentas e atividades, para que fosse possível compreender a proporcionalidade de boas práticas e dificuldades em cada etapa do processo.

Este trabalho fica à disposição das empresas em questão para futuras consultas e também para outras companhias que estiverem dispostas a implementar o *Lean Six Sigma*, como orientação para argumentar quanto às boas práticas trazidas pelas ferramentas, e também, como modelo quanto às dificuldades a serem enfrentadas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Sílvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**, Ed. INDG, 2012.
- ALBLIWI, SAJA; JIJU, ANTONY; ABDUL, SARINA; LIM, HALIM; WIELE, Lim Ton. Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. **International journal of quality & reliability management**, v. 31, n. 9, p. 1012 – 1030, 2014.
- ALESSANDRO, L.; MALCOLM, B.; ANTONY, J. Applications of Lean Six Sigma in an Irish hospital. **Leadership in Health Services**, v. 26, n. 4, p. 322 – 337, 2013.
- ALMOMANI, A. M.; ALADEEMY, M.; ABDELHADI, A.; MUMANI, A. A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. **Computers & industrial engineering**, v. 66, n. 2, p. 461-469, 2013.
- AL-NAJEM, M.; DHAKAL, H.; LABIB, A. Lean readiness level within Kuwaiti manufacturing industries. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 3, p.280-320, 2014.
- AMIN, S. S.; ATRE, R.; VARDIA, A.; SEBASTIAN, B. Lean machine manufacturing at Munjal Showa limited. **International journal of productivity and performance management**, v. 63, n. 5, p.644-664, 2014.
- ANDERSSON, R.; HILLETOFT, P.; MANFREDSSON, P.; HILMOLA O. Lean Six Sigma strategy in telecom manufacturing. **Industrial management & data systems**, v. 114, n. 6, p. 904 – 921, 2014.
- ANFAVEA, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. 2014. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em 13 abr, 2014.
- ARYA, A. K.; JAIN, S. K. J. Impacts of kaizen in a small-scale industry of India: a case study. **International journal of lean Six Sigma**, v. 5 Iss: 1, pp.22 – 44, 2014.
- ASSARLIND, M.; AABOEN, L. Forces affecting one Lean Six Sigma adoption process. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 324 – 340, 2014.
- ASSARLIND, M.; BÄCKMAN, K.; GREMYR, I. Multi-faceted views on a Lean Six sigma application. **International journal of quality & reliability management**, v. 30, n. 4, p. 387-402, 2013.
- BELEKOUKIAS, I.; GARZA-REYES, J. A. G.; KUMAR, V. The Impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organizations. **International journal of production research**, v. 52, n. 18, p.5346-5366, 2014.
- BELL, D. Visual Management Studies: Empirical and Theoretical Approaches. **International journal of management reviews**, v. 15, n. 2, p. 167–184, 2013.

BENJAMIN, S. J.; MURUGAIAH, U.; MARATHAMUTHU, M. S. The use Of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. **Journal of manufacturing technology management**, v. 24, n. 5, p. 792-807, 2013.

CAMPOS, L. Lean manufacturing and Six sigma based on brazilian model “PNQ”: an integrated management tool. **International journal of lean Six Sigma**, v. 4, n. 4, p. 355-369, 2013.

CARVALHO, M.; HO, L. L.; PINTO, S. The Six Sigma program: an empirical study of brazilian companies. **Journal of manufacturing technology management**, v. 25, n. 5, p. 602 – 630, 2012.

CHANG, Y.; CHEN, C. Prioritization on 5S activities for a semiconductor wafer fabrication: an empirical study. **International journal of quality & reliability management**, v. 31, n. 4, p.380 – 394, 2014.

CHAUHAN, G.; SINGH, T.O. Measuring parameters of lean manufacturing realization. **Measuring business excellence**, v. 12, n. 3, p. 57-71, 2012.

CHEN, T.; WU, H. Finding the just-in-time service location and path in ubiquitous service network. **International journal of internet manufacturing and services**, v. 3, n. 2, p. 137-147, 2013.

DANESE, P.; ROMANO, P.; BORTOLOTTI, T. Assessing the impact of just-in-time on operational performance at varying degrees of repetitiveness. **International journal of production research**, v. 51, n. 4, 2013, p. 1117-1130, 2013.

DANESE, P.; ROMANO, P.; BORTOLOTTI, T. JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects. **Industrial management & data systems**, v. 112, n. 3, p.441 – 465, 2012.

DEIF, A.; ELMARAGHY, H. Modeling and analysis of dynamic capacity complexity in multi-stage production. **Journal of production planning and control**. v. 20/8, 737-749, 2009.

DESHMUKH, S, V.; CHAVAN, A. Six Sigma and SMEs: a critical review of literature. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 2, p. 157 – 167, 2012.

DROTZ, E.; POKSINSKA, B. Lean in healthcare from employees perspectives. **Journal of health organization and management**, v. 28, n. 2, p. 177-195, 2014.

EASTON, G. S.; ROSENZWEIG E. D. The role of experience in six sigma project success: An empirical analysis of improvement projects. **Journal of operations management**, v.30, n. 7-8, p. 481–493, 2012.

FACCIO, M.; GAMBERI, M.; PERSONA, A. Kanban number optimisation in a supermarket warehouse feeding a mixed-model assembly system. **International journal of production research**, v. 51, n. 10, p. 2997–3017, 2013.

FERRADÁS, P. G.; SALONITIS, K. Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. **Procedia CIRP**, 7, 598-603. doi: 10.1016/j.procir.2013.06.039, 2013.

FRANCHETTI, M.; BARNALA, P. Lean six sigma at a material recovery facility: a case study. **International journal of Lean Six sigma**, v. 4, n. 3, p. 251-264, 2013.

GAO, S.; LOW, S. P. The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction. **Total quality management & business excellence**, v. 25, n. 5, p. 664- 682, 2014.

GHOSH; Malay. Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. **Journal of manufacturing technology management**, v. 24, n. 1, p. 113-122, 2013.

GIJO, E.V; ANTONY, J.; KUMAR, M;; HERNANDEZ, J. An application of Six sigma methodology for improving the first pass yield of a grinding process. **Journal of manufacturing technology**, v. 25, n. 1, p. 125-135, 2014.

GITLOW, H.; ZUO, Q. A.; ULLMANN, S. G.; ZAMBRANA, D.; CAMPO, R. E.; LUBARSKY, D.; BIRNBACH; D. J. The causes of never events in hospitals. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 3, p.338 -344, 2013.

GONZALEZ, R.; MARTINS, M. Mapping the organizational factors that support knowledge management in the Brazilian automotive industry. **Journal of knowledge management**, v. 18, n. 1, p. 152-176, 2014.

GREMYR, I.; FOUQUETE, J. B. Design for Six sigma and Lean product development. **International journal of Lean Six sigma**, v. 3, n.1, p. 45-58, 2012.

GUPTA, S.; KUMAR, S. An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 6, n. 1, p.73 – 88, 2015.

GUPTA, V.; ACHARYA, P.; PATWARDHAN, M. Impact of Lean practices on operations performance and business performance: some evidence from Indonesian Manufacturing companies. **Journal of productivity and management**, v.62, n. 6, p. 1019- 1050, 2013.

HABIDIN, N.; YUSOD, S. Critical success factors of Lean Six Sigma for the Malaysian automotive industry. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n.1, p. 60-82, 2013.

HEAVEY, C.; MURPHY, E. Integrating the Balanced Scorecard with Six Sigma. **The TQM journal**, v. 24, n. 2, p. 108 – 122, 2012.

HILTON, R. J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. **International journal of quality & reliability management**, Vol. 29 Iss: 1, pp.54 – 70, 2012.

HYDE, K.F. Recognizing deductive processes in qualitative research. **Qualitative market research: an international journal**. v. 3, n. 2, p. 82-90, 2000.

ISMYRLIS, V.; MOSCHIDIS, O. Six sigma's critical success factors and toolbox. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 2, p. 108-117, 2013.

JACA, C.; SANTOS, J.; ERRASTI, A.; VILES, E. Lean Thinking with Improvement Teams in Retail Distribution. **Total quality management & business excellence**, v. 23, n. 4, p.449-465, 2012.

JACA, C.; VILES, E.; JURBURG, D.; TANCO, M. Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. **International journal of production research**, v. 52, n.6, p. 1755-1770, 2014.

JAIN, A.; RAJBIR, S. H. B. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p.293 – 323, 2014.

JASTI KRISHNA, N. V.; SHARMA, A. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 5 n. 1, p.89 – 116, 2014.

JASTI KRISHNA, N. V.; SHARMA, A. Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. **International journal of production research**, v. 52, n. 6, p. 1755-1770, 2014.

JIN, H. W.; DOOLEN, T. L. A comparison of Korean and US continuous improvement projects. **International journal of productivity and performance management**, v. 63, n. 4, p.384 – 405, 2014.

JIRASUKPRASERT, P.; ARTURO GARZA- REYES, J.; KUMAR, V.; LIM, M. A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 2-21, 2014.

JULIEN, D., HOLMSHAW, P. Six Sigma in a low volume and complex environment. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 3 Iss: 1, pp.28 – 44, 2012.

JUPP, V. The sage dictionary of social research methods. **Sage Publications Ltd**, p. 79-249, 2006.

KARIM, A.; ARIF-UZ-ZAMAN, K. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. **Business process management journal**, v. 19, n. 1, p. 169-196, 2013.

KATTMAN, B.; CORBIN, T. P.; MOORE, L. E.; WALSH, L. Visual Workplace Practices Positively Impact Business Processes. **Benchmarking: an international journal**, v.19, n. 3, p. 412-430, 2012.

KAUR, M.; SINGH, K.; AHUJA, I. P. S. An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance. **International journal of productivity and performance management**, v. 62, n. 1, p.66-84, 2013.

KNECHTGES, P.; DECKER, M. C. Application of Kaizen Methodology to Foster Departmental Engagement in Quality Improvement. **Journal of the American College of Radiology**, v. 11, n. 12, p. 126-130, 2014.

KORNFELD, B.; KARA, S. Selection of Lean and Six Sigma projects in industry. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 1, p. 4 – 16, 2013.

KUMAR, J.; SONI, V. K.; AGNIHOTRI, G. Impact of TPM implementation on Indian manufacturing industry. **International journal of productivity and performance management**, v. 63, n. 1, p. 44-56, 2014.

KUMAR, R.; SHARMA, M. K.; AGARWAL, A. An experimental investigation of lean management in aviation: avoiding unforced errors for better supply chain, **journal of manufacturing technology management**, v. 26, n. 2, p.231 – 260, 2015.

LAUREANI, A.; ANTONY, J. Standards for Lean six sigma certification. **International journal of productivity and performance management**, v. 61, n. 1, p.110-120, 2012.

LAUREANI, A.; ANTONY, J. Critical success factors for the effective implementation of Lean Six sigma: results from an empirical study and agenda for future research. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 4, p. 274-283, 2012.

LAUREANI, A.; MALCOLM, B.; ANTONY, J. Applications of Lean Six Sigma in an Irish hospital. **Leadership in health services**, v. 26, n. 4, p. 322 – 337, 2013.

LIBRELATO, T. P.; LACERDA, D. P.; ROFRIGUES, L. H.; VEIT, D. R. A process improvement approach based on the Value Stream Mapping and Theory of Constraints Thinking Process. **Business process management journal**, v. 20, n. 6, p. 922-949, 2014.

LOPES, M. E. R. F.; QUARTUCCI, C. H. F. Application of human error theories for the process improvement of Requirements Engineering. **Information Sciences**, v. 20, p. 142-161, 2013.

MANDAL, Purnendu. Improving process improvement: executing the analyze and improve phases of DMAIC better. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 3, p. 231 – 250, 2012.

MARKSBERRY, P.; BADURDEEN, F.; MAGINNIS, M. A. An investigation of Toyota's social-technical systems in production leveling. **Journal of manufacturing technology management**, v. 22, n. 5, p.604 – 620, 2011.

MARQUES, P.; REQUEIJO, J.; SARAIVA, P.; FRAZÃO- GUERREIRO, F. Integrating Six sigma with ISO 9001. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n.4, p. 36-59, 2013.

MATTHEW, J. L. Six Sigma in healthcare delivery. **International journal of health care quality assurance**, v. 26, n. 7, p. 601 – 626, 2013.

MEHRJERDI, Yahia Zare. A framework for Six-Sigma driven RFID-enabled supply chain systems. **International journal of quality & reliability management**, v. 30, n. 2, p. 142 - 160, 2013.

MEILING, J.; BACKLUND, F.; JOHNSON, H. Managing for continuous improvement in off-site construction: evaluation of lean management principles, Engineering. **Construction and architectural management**, v. 19, n.2, p.141-158, 2012.

MIGUEL, Paulo. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, **ABEPRO**, 2012.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MIGUEL, P. A. C.; CARVALHO, M. M. Benchmarking Six Sigma implementation in services companies operating in an emerging economy. **Benchmarking: an international journal**, v. 21, n.1, p. 62 – 76, 2014.

NAWANIR, G.; TEONG, L.; OTHMAN, S. Impact of lean practices on operations performance and business performance: Some evidence from Indonesian manufacturing companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 7, p. 1019-1050, 2013.

NICOLETTI, B. Lean Six Sigma and digitize procurement. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n.2, p. 184-203, 2013.

PAMFILIEA, R.; PETCU, A.; DRAGHICIC, M. The importance of leadership in driving a strategic Lean Six Sigma management. **Procedia – social and behavioral**, v. 58, p. 187-196, 2012.

PETRI, H.; MIKKO, S.; YUQIUGE, H.; PORNTHAP A. Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing. **Computers in industry**, v. 65, n.4, p. 646-656, 2014.

POWELL, D.; SKJELSTAD, L. RFID for the extended lean enterprise. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 3, p.172 – 186, 2012.

PRASHAR, Anupama. Redesigning an assembly line through Lean-Kaizen: na Indian case. **The TQM Journal**, v. 26, n. 5, p. 475-498, 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: **Feevale**, 2013.

RAHMAN, N. A. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. **Procedia Economics and Finance**, v. 7, p. 174-180, 2013.

RAY, S.; DAS, P. Six Sigma project selection methodology. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 4, p. 293 – 309, 2010.

REOSEKAR, R.; POHEKAR, S. Six Sigma methodology: a structured review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 4, p. 392 – 422, 2014.

RYMASZEWSKA, A. D. The challenges of Lean Manufacturing implementation in SMEs, **Benchmarking: an International Journal**, v. 21, n. 6, p.987 – 1002, 2014.

SARKAR, S.; MUKHOPADHYAY, A.; GHOSH, S. Improvement of claim processing cycle time through Lean six sigma methodology. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 2, p. 171-183, 2013.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; VIDOR, G. A framework for assessing poka-yoke devices. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 31, n. 3, p. 358-366, 2012.

SHANG, G.; PHENG, L. S. Understanding the application of *Kaizen* methods in construction firms in China. **Journal of Technology Management in China**, v. 8, n. 1, p.18 – 33, 2013.

SINGH, G.; AHUJA, I. S. Just-in-time manufacturing: literature review and directions. **International Journal of Business Continuity and Risk Management**, v. 3, n. 1, p. 57-98, 2013.

SINGH, J.; SINGH, H. Continuous improvement approach: state-of-art review and future implications. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.3, n. 2, pp.88 -111, 2012.

SINGH, R.; GOHIL, A. M.; DHAVAL, S. B.; DESAI, S. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study. **International Conference on Engineering - Procedia Engineering**, v.51, p. 592-599, 2012.

SOUTHARD, P. B.; CHANDRA, C.; KUMAR, S. RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study. **International journal of health care quality assurance**, v. 25 n.4, p.291-321, 2012.

STAVROS, C.; WESTBERG, K. Using triangulation and multiple case studies to advance relationship marketing theory. **Qualitative market research: an international journal**, V. 12 Iss: 3, pp.307 – 320, 2009.

SUÁREZ-BARRAZA, M. F.; PUJOL, J. R. An exploratory study of 5S: a multiple case study of multinational organizations in Mexico. **Asian Journal on Quality**, v. 13, n. 1, p.77 – 99, 2012.

SUNDARA, A. N.; BALAJIB, R. M.; KUMAR, R. M. S. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. **Procedia Engineering**, v. 97, p. 1875-1885, 2014.

SURESH, S.; ANTONY, J.; KUMAR, M. Six Sigma and leadership: some observations and agenda for future research. **The TQM Journal**, v. 24, n. 3, p. 231 – 247, 2012.

TENERA, A.; Pinto, L.C. A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. **Procedia Engineering**, v. 119, p. 912-920, 2014.

TURNER, R.; INGOLD, D.; LANE, J. A.; MADACHY, R.; ANDERSON, D. Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments. **Procedia Computer Science**, v. 8, p. 309-314, 2014.

TYAGI, S.; CAI, X.; YANG, K.; CHAMBERS, T. Lean tools and methods to support efficient knowledge creation. **International Journal of Information Management**, v.35, n. 2, p. 204 - 214, 2015.

UR REHMAN, H.; AAMIR SAEED, M.; ASIF, M.; ASIM, M. A.; USMAN AWAN, M. A., Application of Six sigma at cell site construction: a case study. **Asian Journal on Quality**, v. 13, n.3, p. 212-233, 2012.

VINODH, S.; ARVIND, K.R.; SOMANAATHAN, M. Development of value stream map for achieving leanness in manufacturing organization. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 11, n. 2, p. 129-141, 2013.

YOUSSEUF, A.; RACHID, C. Contribution to the optimization of strategy of maintenance by Lean Six Sigma. **Physics Procedia**, Volume 55, Pages 512-518, 2014.

ZHA, J.; YU, J. A hybrid ant colony algorithm for U-line balancing and rebalancing in just-in-time production environment. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 33, n. 1, p. 93-102, 2014.

APÊNDICE A – Roteiro de entrevistas

Tipologia da Informação	Fator Crítico	Questões	Instrumento de coleta de dados
1) Informações gerais da empresa	Caracterização da empresa	1.1) Qual o nome da empresa?	Visita ao site da empresa Observação direta de documentos
		1.2) Quais os principais produtos que a empresa fabrica?	
		1.3) A produção é voltada para o mercado externo ou interno?	
		1.4) Qual o número de funcionários da empresa?	
		1.5) Qual o tipo da empresa(pequena/média/grande)?	
		1.6) Qual o tempo de atuação da empresa no mercado?	
2) Visão Geral do Programa <i>Lean Six Sigma</i> na Empresa	Implementação	2.1) Houve capacitação dos envolvidos no programa antes da sua implementação?	Entrevistas com nível estratégico e tático
		2.2) Há quanto tempo implementou o programa <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		2.3) Com qual objetivo implementou o programa <i>Lean Six Sigma</i> na empresa?	
3) Implementação do Programa <i>Lean Six Sigma</i>	Aplicação da Filosofia	3.1) Qual o tempo decorrido entre a implementação e o funcionamento efetivo do programa?	Entrevistas com nível estratégico e tático Observação e Análise de Documentos
		3.2) Em quais áreas/setores da empresa o programa <i>Lean Six Sigma</i> foi adotado?	
		3.3) Qual foi o tempo de implementação do programa <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		3.4) Houve dificuldades durante a implementação do programa? Quais?	
		3.5) Como a empresa superou essas dificuldades?	
		3.6) Nos setores onde foram adotados o programa <i>Lean Six Sigma</i> como os colaboradores reagiram às mudanças que lhes foram exigidas? () Participativos em relação ao processo de mudança; () Submetidos à mudança; () Resistentes à mudança;	

		3.7) Houve resistência de algum setor da empresa durante a implementação do programa Lean Six Sigma? Se sim, indique o setor? 3.7) Qual foi a solução adotada? 3.8) Há algum ponto da implementação do programa que chamou a atenção? Qual?	
4)Contexto Organizacional	Liderança	4.1) Há um plano de liderança para o programa de <i>Lean Six Sigma</i> ?	Entrevistas com o nível tático operacional
		4.2) A pessoa designada para o papel de liderança já era membro da empresa ou foi contratada especificamente para essa função?	
		4.3) Durante a implementação do programa, quando algo não ocorria como planejado, de que forma o líder agia?	
		4.4) Os líderes que dirigem os programas de implementação <i>Lean Six Sigma</i> possuem capacitação: () <i>Champions</i> () <i>Master Black Belts</i> () <i>Black Belts</i> () <i>Green Belts</i> () <i>White Belts</i>	
	Apoio da Administração	4.5) Que tipo de suporte a alta administração oferece na implementação do programa <i>Lean Six Sigma</i> ?	Entrevistas com o nível estratégico e nível tático
		4.6) Existe uma verba destinada ao programa de manutenção e implementação <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		4.8) Há um planejamento estratégico para o desenvolvimento do programa <i>Lean Six Sigma</i> ? (projeto, acompanhamento e <i>feedback</i> ?)	

	Infraestrutura	4.9) Quais mudanças estruturais foram realizada na empresa para a adoção do LSS? Houve construção de salas ou galpões, compra de maquinário, contratação de novos funcionários?	Entrevista com o nível tático, observação direta, análise de documentos, visita <i>in loco</i> .
	Equipe	4.10) Existe uma equipe que segue o sistema <i>Belt</i> ?	Entrevista com nível estratégico e tático
		4.11) Existem funcionários com certificados belt? Quais?	
		4.12) Qual é a importância do trabalho em equipe em um programa de implementação de <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		4.13) O que viabiliza um bom relacionamento e produtividade de uma equipe?	
	Comunicação	4.14) As informações gerais da empresa, seu desempenho e planejamentos futuros, são compartilhados com todos?	Entrevistas com o nível estratégico, tático e o nível operacional Observação.
		4.15) De que maneira foi realizada a comunicação entre o membros dirigentes da implementação do programa <i>Lean Six Sigma</i> e os colaboradores envolvidos?	
		4.16) A empresa possui gestão de conhecimento? Se sim, quais técnicas são utilizadas?	
		4.17) Há alguma ferramenta do <i>Lean Six Sigma</i> que influenciou a comunicação dentro da empresa? Se sim, como?	
		4.18) Quando a empresa decide implementar algum projeto ou solucionar algum problema são ouvidas as opiniões dos funcionários(que estão diretamente relacionados)? Como?	
	Funcionários	4.19) De uma maneira geral, os funcionários que estão envolvidos no programa <i>Lean Six Sigma</i> apresentam maior compreensão do processo de fabricação que estão inseridos em comparação aos	Entrevista com o nível estratégico, tático e operacional.

		outros funcionários?	
		4.20) Os funcionários envolvidos no programa <i>Lean Six Sigma</i> adquiriram autonomia suficiente para resolução de problemas?	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional.
		4.21) A empresa realiza <i>feedbacks</i> para avaliar se os funcionários envolvidos no programa <i>Lean Six Sigma</i> sentem-se motivados?	Análise de documentos entrevista com o nível estratégico
5) Política de Gestão da qualidade	Fornecedores	5.1) Como a empresa seleciona seus fornecedores?	Entrevista com nível estratégico e tático, análise de documentos.
		5.2) Quais critérios são relevantes na escolha?	
		5.3) Como a empresa gerencia o seu relacionamento com os fornecedores?	
		5.4) A empresa presta serviços de consultoria ou assessoria para seus fornecedores?	
		5.5) A empresa avalia seus fornecedores? Como? Quais critérios são levados em consideração?	
	Cliente	5.6) De que maneira a empresa busca conhecer e entender as reais necessidades de seus clientes? Em que medida as atende ?	Entrevista com nível estratégico e tático, análise de documentos.
		5.7) Depois que os clientes recebem seus pedidos, a empresa realiza <i>feedbacks</i> a respeito da qualidade de seus produtos e atendimento? Como?	
		5.8) Como a empresa reage e trata as reclamações de seus clientes?	
	Melhoria Contínua	5.9) A empresa apresenta um plano de ação para a melhoria da qualidade? Se sim, de que forma essa plano abrange os processos e	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional.

		produtos?	
		5.10) Quais os conjuntos de atividades desenvolvidas pela empresa para a manutenção da melhoria contínua?	
		5.11) A empresa utiliza quais das metodologias de solução de problemas?	
		()DMAIC (Definir, mensurar, analisar, melhorar, controlar)	
		()DMADV(Definir, mensurar, analisar, desenhar, verificar)	
		()Outros- Quais?	
	Qualidade dos Produtos e Processos	5.12) De que forma a empresa mede a qualidade de seus produtos?	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional.
		5.13) Quais requisitos são levados em conta?	
		5.14) De que forma a empresa mede a qualidade de seus processos?	
		5.15) Quais requisitos são levados em conta?	
		5.16) A empresa realiza controle estatístico de qualidade em seus processos e produtos? Como?	
	Produção Puxada	5.17) A empresa utiliza sistema de produção puxada? Explique como funciona?	Entrevista com nível estratégico tático
	Treinamento	5.18) Quais os tipos de treinamento são realizados?	Entrevistas com o nível tático e o nível operacional
		5.19) Para que tipo de funcionário destinam-se os treinamentos?	
		5.20) A empresa oferece ou incentiva algum tipo de treinamento relacionado ao sistema <i>Belt</i> ?	
		5.21) Há alguma periodicidade com que eles são realizados?	
		5.22) Como a eficácia dos treinamentos é avaliada?	
	Diminuição da Variabilidade	5.23) Qual o tempo de duração?	
		5.24) Existe um controle estatístico que dimensiona a variabilidade da produção e dos processos?	

		5.25) Como a empresa identifica a variabilidade? Quais ferramentas são utilizadas?	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional.
		5.26) De que maneira a implementação do programa Lean Six Sigma influenciou na diminuição da variabilidade?	
		5.27) Quais as medidas preventivas e corretivas para diminuir a variabilidade?	
	Eliminação de Desperdício	5.28) De que forma são identificados e mensurados os desperdícios da empresa?	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional.
		5.29) De que maneira a implementação do programa Lean Six Sigma influenciou na eliminação de desperdício?	
	Ferramentas	5.30) Quais ferramentas estatísticas a empresa utiliza?	Entrevista com nível estratégico, tático e operacional, visita <i>in loco</i> .
		5.31) Quais das seguintes ferramentas abaixo, do <i>Lean Six Sigma</i> , a empresa utiliza?	
		☐ Kanban ☐ Poka-yoke ☐ Mapa de fluxo de valor ☐ SMED ☐ TPM ☐ Gestão Visual ☐ Kaizen ☐ Jidoka ☐ Heijunka ☐ 5s ☐ Just-in-time	
		5.31) Utiliza alguma outra ferramenta? Qual?	
		6.1) Como a empresa mensura os resultados obtidos com a implementação do Programa <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		6.2) Quais o principais resultados obtidos pela empresa com a implementação do Programa <i>Lean Six Sigma</i> ?	
		6.3) Os resultados obtidos estão de acordo com aqueles traçados no início do programa? Caso algum objetivo não tenha sido atingido	

6) Avaliação do programa <i>Lean Six Sigma</i>	Resultados obtidos	aponte os principais motivos?	Entrevista com nível estratégico, tático, análise de documentos.
		6.4) De que maneira é realizada a manutenção do programa Lean Six Sigma dentro da empresa?	
		6.5) A implementação do programa Lean Six Sigma aumentou o número de clientes da empresa?	
		6.6) A implementação do programa Lean Six Sigma aumentou o nível de produção da empresa?	
		6.7) A implementação do programa Lean Six Sigma aumentou a margem de lucro da empresa?	
		6.8) A implementação do programa Lean Six Sigma diminuiu o tempo de espera para a entrega dos produtos aos clientes?	
		6.9) A implementação do programa Lean Six Sigma diminuiu o número de inventários da empresa?	
		6.10) O programa <i>Lean Six Sigma</i> tornou a empresa mais competitiva?	
		6.11) A reputação da empresa mudou após a implementação do programa? De que forma?	