

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
ENGENHARIA QUÍMICA**

RENATA VIEIRA REZENDE

ESTUDO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* E O *DMAIC* EM *SIX SIGMA*: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**Declaro que esta monografia foi revisada e encontra-se apta para avaliação e
apresentação perante a banca avaliadora.**

DATA:27/12/2015

ASSINATURA DO ORIENTADOR

**LORENA
2015**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
ENGENHARIA QUÍMICA**

RENATA VIEIRA REZENDE

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* E O
DMAIC EM SIX SIGMA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Projeto de monografia apresentado à Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo como requisito para obtenção de título de Engenheiro Químico.

Orientador: Dr José Roberto Alves de Mattos

**LORENA
2015**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rezende, Renata Vieira
ESTUDO DA METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING E O
DMAIC EM SIX SIGMA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Renata
Vieira Rezende; orientador José Roberto Alves de
Mattos. - Lorena, 2015.
65 p.

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia
Química - Escola de Engenharia de Lorena da
Universidade de São Paulo. 2015
Orientador: José Roberto Alves de Mattos

1. Lean manufacturing. 2. Dmaic. 3. Six sigma. 4.
Gestão da qualidade. 5. Lean six sigma. I. Título.
II. Mattos, José Roberto Alves de, orient.

DEDICATÓRIA

Á minha família, em especial aos meus pais, Rômulo e Helena, pelo amor, apoio e torcida constantes pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por sempre mostrar o melhor caminho, e pela oportunidade de transformar sonhos em realidade.

Aos professores da Escola e Engenharia de Lorena, que contribuíram de forma relevante à minha formação.

À minha família, pelos sacrifícios feitos, amor incondicional que sempre nos une, sendo exemplo de respeito, honestidade e paciência. Sou eternamente grata por acreditarem na minha capacidade e sempre me apoiarem nas decisões mais difíceis.

Aos meus amigos de Araxá e de Lorena, por serem minha família longe de casa, pela amizade sincera, companheirismo e suporte durante todo o curso.

Ao Bruno, por ser meu maior exemplo como engenheiro, profissional e pessoa.

Ao Ítalo por todo carinho e por não deixar que nada impedisse meu sucesso, minha eterna gratidão pelo apoio e confiança diária.

A Monalisa, Amanda, Mari e Tico por suportarem todo o esforço dessa etapa me dando suporte e acolhimento necessários.

RESUMO

REZENDE, R. V. **Estudo da Metodologia *Lean Manufacturing* e o *DEMAIC* em *Six Sigma*: Revisão Bibliográfica.** 2015. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

Em um cenário de grande competitividade de mercado, a qualidade dos processos é almejada permanentemente nas organizações que precisam manter-se atuantes. Este trabalho tem como objetivo abordar as metodologias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* (DMAIC) buscando alcançar a excelência operacional, sendo que as empresas procuram constantemente a redução dos custos de produção, clientes satisfeitos, aumento do lucro e valorização de suas ações. As duas metodologias citadas acima estão sendo amplamente utilizadas e além de uma ferramenta, se tornaram uma forma de trabalho em grandes empresas gerando melhorias notáveis nas mais diferentes áreas de atuação. O presente trabalho visa então uma revisão das possíveis aplicações e resultados dos fundamentos de *Lean Manufacturing* e o estudo do DMAIC aplicado em *Six Sigma*, bem como as vantagens e desvantagens da aplicação de suas ferramentas.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade, *Six Sigma*, *Lean Manufacturing*, DMAIC.

ABSTRACT

REZENDE, R. V. **Study of the *Lean Manufacturing Methodology* and the DMAIC in *Six Sigma: Literature Review***. 2015. 65p. Completion of course work (monograph) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014

In a scenario of huge business competitiveness, the quality of processes is desired permanently in organizations that need to remain active. This monograph aims to address the *Lean Manufacturing* and *Six Sigma* methodologies to achieve operational excellence, as companies are constantly searching for production costs' reduction, satisfied customers, increased profit and value of their shares. The two methods mentioned above are being widely used and not only as a tool, they became a way of working in major industries generating notable improvements in many different areas. So, this work aims a review of the possible applications and results of the *Lean Manufacturing* fundamentals and the study of DMAIC applied in *Six Sigma*, also including the advantages and disadvantages of the application of its tools.

Keywords: Quality Management, *Six Sigma*, *Lean Manufacturing*, DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sete tipos de desperdícios em uma empresa	22
Figura 2: Representação gráfica do <i>Lead Time</i> e <i>Cycle Time</i>	28
Figura 3: Representação esquemática dos símbolos	30
Figura 4: Mapa de fluxo de valor do estado atual	31
Figura 5: Mapa de fluxo de valor do estado futuro	32
Figura 6: Fases do <i>Kaizen</i>	34
Figura 7: Quadro de <i>Kanban</i>	37
Figura 8: Categorias de dispositivos <i>Poka-Yoke</i>	39
Figura 9: Resumo da história do Six Sigma	45
Figura 10: Curva de Distribuição Normal	47
Figura 11: As bases do <i>Six Sigma</i>	48
Figura 12: As bases do Six Sigma.....	49
Figura 13: Pontos fortes do DMAIC	50
Figura 14: As bases do Six Sigma.....	51
Figura 15: Integração das ferramentas Seis Sigma ao DMAIC	52
Figura 16: : Ciclo PDCA	53
Figura 17: Correspondência entre o Método DMAIC e o Ciclo PDCA – Segunda forma de visualização.....	53
Figura 18: Como o Six Sigma e o Lean Manufacturing contribuem para a melhoria dos processos.....	54
Figura 19: Pontos fortes do Six Sgima e do Lean Manufacturing	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapas de um Processo de <i>Setup</i>	43
Tabela 2: Tabela de Conversão <i>Six Sigma</i>	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	15
2	METODOLOGIA	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Qualidade	17
3.2	<i>Lean Manufacturing</i>	20
3.2.1	Os sete tipos de desperdício	21
3.2.2	Os cinco princípios do pensamento enxuto (<i>Lean Thinking</i>).....	25
3.2.3	Métricas <i>Lean</i>	27
3.2.4	As principais ferramentas.....	28
3.2.4.1	<i>Mapeamento do fluxo de valor</i>	28
3.2.4.2	<i>Kaizen</i>	32
3.2.4.3	<i>Kanban</i>	35
3.2.4.4	<i>5s</i>	37
3.2.4.5	<i>Poka-Yoke</i>	38
3.2.4.6	<i>TPM (Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total)</i>	39
3.2.4.7	<i>Redução de setup</i>	41
3.3	<i>Six Sigma</i>	44
3.3.1	Origem do <i>Six Sigma</i>	44
3.3.2	Visão geral da estratégia	45
3.3.3	Modelo DMAIC de melhoria <i>Six Sigma</i>	49
3.4	<i>Lean Six Sigma</i>	54
4	CONCLUSÃO	57
5	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	59
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico, a alta exigência do mercado consumidor, informatização e instabilidade econômica fizeram com que muitas empresas começassem a mudar o modo de gestão interna. Diversas organizações estão aplicando o programa *Lean Six Sigma* em processos administrativos e industriais, em especial no segmento de qualidade de processos dentro da fábrica, bem como no segmento de serviços, como financeiras, varejistas e hospitais.

Visto que as empresas que procuraram alcançar a melhoria contínua nos processos administrativos utilizando-se do *Six Sigma* reduziram custos por meio da eliminação de erros, diminuíram o tempo dos ciclos de atividades, aumentaram a produtividade e melhoraram a qualidade dos processos (Watson, 2001).

As oportunidades de aprimoramento em qualquer setor são as mais variadas: falta de padronização, perda de tempo por processos que geram retrabalho; gastos excessivos gerando perda de negócio para a concorrência; tempo excessivo de espera; erros de previsão; pagamentos fora dos prazos; estoques além da quantidade devida; atraso de entrega; metas inconstantes; identificação incorreta de mercado e público alvo; dados impróprios de clientes etc.

Diante dessas oportunidades, as ferramentas de *Lean Six Sigma*, por identificarem e eliminarem custos que não agregam valor, representam um forte recurso para melhorar a eficiência de processos internos, eliminar defeitos, reduzir ciclos de produção e custos de processos de baixa qualidade, diminuir desperdícios e a conquista de resultados que melhoram significativamente os processos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente, as empresas têm investido grandes recursos financeiros em melhoria da qualidade para tornarem-se competitivas e permanecerem no mercado. Assim, além de apenas aplicar recursos é necessário maximizar os resultados, tornando-se fundamental que as empresas avaliem como o programa é implantado, garantam que a cultura da empresa mude e atuem com correções para alcançar as metas traçadas.

Este trabalho enfatiza a importância das companhias conhecerem os benefícios e possíveis motivos que dificultam a implantação e manutenção de uma ferramenta que desprende tantos recursos e garante bons resultados como o *Lean Manufacturing* e a base do *Six Sigma*, o DMAIC.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral descrever a contribuição da metodologia *Lean Manufacturing* e da metodologia DMAIC aplicada no *Six Sigma*, fornecendo melhor entendimento sobre as ferramentas para o aumento da performance na capacidade analítica de diferentes áreas em uma empresa, analisando aspectos de sua utilização tanto em plantas industriais quanto em setores administrativos, como é o caso do estágio em questão na área de Estratégia para Vendas em uma multinacional.

2 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo geral do trabalho, a proposta é a realização de uma revisão bibliográfica, realizando-se a pesquisa qualitativa pela metodologia de pesquisa bibliográfica através da leitura, análise e interpretação da literatura técnica, artigos científicos, normas técnicas e normas legislativas em periódicos nacionais e internacionais, livros, teses e dissertações especializados no assunto de *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* e suas relações, assim como o estudo e análise dos mesmos.

Como a pesquisa tem característica exploratória, ela tem como objetivo principal o aperfeiçoamento de ideias, permitindo considerações dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado (GIL, 2002).

Por fim, serão levantados os motivos do sucesso e oportunidades na aplicação do programa e possíveis ações para retomada de direção e continuidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade

O Controle de Qualidade pode ser definido como um sistema dinâmico e complexo, que abrange todos os setores da fábrica – direta ou indiretamente – com o objetivo de melhorar o produto final e manter essa melhoria, operando em níveis economicamente aceitáveis. (PALADINI, 1990)

Primeiramente, ações em nível de setor e indivíduo garantirão o gerenciamento e implantação da qualidade por toda a empresa, e em segunda análise, em nível de alta administração com a aprovação das políticas e metas para a qualidade propostas pela gerência. (PALADINI, 1997)

Porém, segundo Oakland (1994), para um programa da qualidade ser bem sucedido ele deve ser aplicado em todas as áreas e começar pelo topo. A alta gerência deve demonstrar que o projeto tem seriedade; a média gerência, papel importantíssimo, deve dominar os princípios da Gerência da Qualidade e explicá-los aos chefiados estando segura que o comprometimento com a qualidade é passado aos subordinados. Quando difundido em toda a organização, esse nível de gerência deve assegurar que os esforços e realizações de seus subordinados obtenham o reconhecimento, a atenção e a recompensa que merecem.

Definir o significado de qualidade por uma frase é algo limitado e não se conhece muitas definições curtas aptas o suficiente. (JURAN, 1991)

O autor comenta que a qualidade pode ter vários significados. O primeiro é referente ao desempenho do produto, ou seja, características do produto que proporcionam satisfação e a compra dele pelo cliente. A segunda refere-se à presença de imperfeições, que acabam gerando insatisfação e a reclamação do cliente.

Paladini (1997), em Controle de Qualidade, explica que a palavra é frequente na utilização em publicidade, sobretudo quando se quer justificar um preço mais elevado. Além disso, em Qualidade Total na Prática, ele apoia o conceito de Juran (1991) ao mencionar que provavelmente não se conseguiria definir qualidade com tanta propriedade.

A qualidade também pode ser compreendida em atender perfeitamente, de forma confiável e segura no tempo certo, às necessidades que o cliente exige. (CAMPOS, 1992)

Deming (1997) também dá foco ao cliente quando relata que qualidade não é luxo, mas algo que o cliente necessita. Para ele, é difícil defini-la pois os desejos dos clientes constantemente mudam, logo, a solução para definir qualidade é redefinir constantemente as especificações.

Oakland (1994) considera a qualidade uma consistente busca pelo atendimento dos requisitos do cliente e ainda menciona que as organizações “seduzem” o cliente ao atender suas exigências proporcionando uma reputação de excelência.

Garvin (2002) acredita que a qualidade não tem um significado preciso mas conta com cinco abordagens principais:

- A **transcendente** – a qualidade é “excelência inata”;
- A baseada no **produto** – qualidade é uma variável precisa e mensurável;
- A baseada no **usuário** – a qualidade é subjetiva, e basea-se na preferência de cada consumidor;
- A baseada na **produção** – a qualidade é relacionada à conformidade das especificações;
- A baseada no **valor**: a qualidade é definida em termos de custos e preços, relacionando os dois no resultado que o consumidor precisa.

Percebe-se então, que a maior parte dos autores concorda ao estabelecer a relação de qualidade com a satisfação dos desejos do cliente. A importância de atender aos seus pedidos e suprir suas necessidades é fundamental já que essas características vão garantir a sobrevivência da empresa.

A implantação de programas de gestão da qualidade procura aumentar a competitividade, eficiência e flexibilidade da organização como um todo, é uma forma de planejar, organizar e compreender que todas as atividades são dependentes entre si. (DEMING, 1997)

Segundo Ishikawa (1993), a gestão da qualidade só é bem sucedida se todos assumirem suas próprias responsabilidades e o topo da administração tiver conhecimento dos processos. Os programas de Gestão da Qualidade garantem maior segurança à empresa no sentido de ser capaz de fornecer produtos que atendam requisitos de clientes de forma consistente, fazendo com que ela se torne competitiva.

A qualidade de projeto passa por cinco passos para fixação:

- *Identificação das necessidades*: O homem tem quase todas suas necessidades básicas satisfeitas mas a ideia de identificar é preencher suas conveniências, gerando mais conforto e eficiência
- *Geração das necessidades*: Desenvolver produtos e serviços que vão atrair consumidores por suas vantagens adicionais quando comparados aos convencionais. Gerando, dessa forma, a “necessidade de adquirir” no consumidor;
- *Adequação ao uso*: Identificação do que o consumidor considera relevante no produto.
- *Modelo conceitual do produto*: Representa a fase de concepção do produto.
- *Estruturação do projeto*: Transformação do produto desenvolvido em um conjunto detalhado de especificações para sua produção.

(PALADINI, 1997)

Apesar de todos os autores serem unânimes em considerar importante a aplicação da gestão da qualidade, pode haver falhas se esses programas não forem planejados corretamente.

Para Roesch (1999), as cinco principais causas de falhas na implantação de programas da qualidade são:

- Falta de entusiasmo de funções mais altas da administração;
- A manutenção do programa agrega custo;
- Transferência da responsabilidade a níveis inferiores da companhia;
- Gerenciar a companhia por dois sistemas (um para o auditor e outro real);
- Determinar o departamento de qualidade como único responsável

Segundo a teoria de Beer (1990) muitas vezes as mudanças são definidas na alta administração e depois direcionadas para a organização em forma de nova estrutura organizacional, assim, dois fatores podem fracassar o programa:

- Definir que níveis inferiores, que não possuem autoridade o bastante para fazer com que as coisas aconteçam, tem a responsabilidade de executar e gerar resultados;
- As pessoas tendem a se adequar à nova estrutura desde que haja acompanhamento detalhado e para adaptar a estrutura antiga a nova.

Krishnan e Grant (1993) consideram que os possíveis problemas estão no planejamento e implantação, como por exemplo: falha ao analisar os esforços de melhoria e os resultados, falhas de comunicação quando diz respeito às responsabilidades de cada um e falha na fase de transição do treinamento individual para a aplicação coletiva.

Paladini (1997) expõe o insucesso em dois aspectos: críticos e dependentes. Os aspectos críticos inviabilizam o programa pois estão relacionados à alta administração, com objetivos bem definidos e a sensação de que o programa começou mas não foi para frente. Os aspectos dependentes causam comprometimento dependendo do contexto pois é relacionada às ações concretas da alta administração e existência de programas de reconhecimento e acompanhamento constante.

Logo, nota-se que três fatores são fundamentais para identificar e resolver problemas: trabalho em equipe, comprometimento e ter as competências necessárias.

3.2 *Lean Manufacturing*

Segundo Werkema (2006), *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que procura eliminar desperdícios, ou seja, excluir o que não gera valor para o cliente a adicionar velocidade aos processos da empresa.

Ainda segundo ela, suas origens refazem o Sistema Toyota de Produção iniciado por Toyota Taiichi Ohno da década de 1950. O Sistema, também conhecido como Produção *Just-in-Time*, tem como principal foco a identificação e eliminação de desperdícios com objetivo na redução de custos, aumento da qualidade e velocidade com que os produtos são entregues ao consumidor.

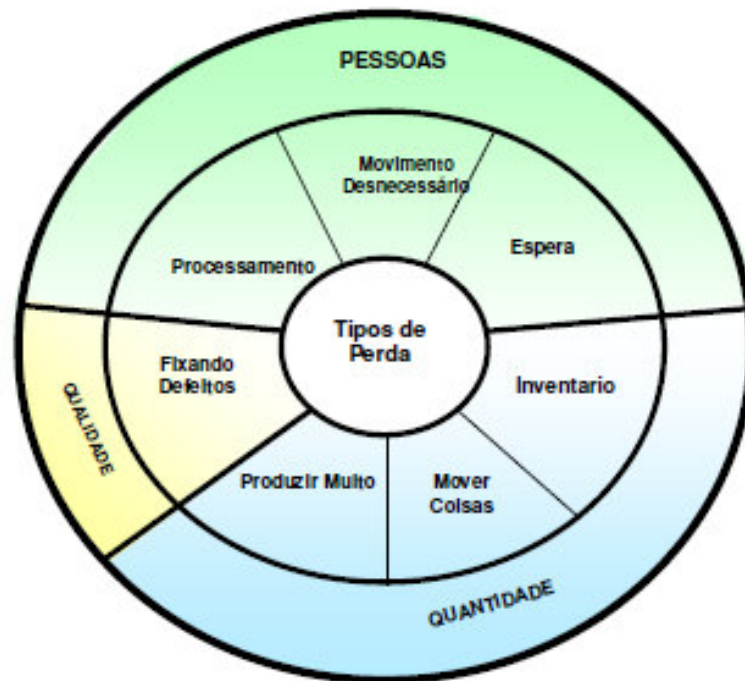
O Sistema Toyota, por ter um formato de produzir cada vez mais com menos, foi também denominado Produção Enxuta (*Lean Production ou Lean Manufacturing*), dando origem à denominação da iniciativa. (WOMACK; JONES, 1998).

3.2.1 Os sete tipos de desperdício

O *LEAN INSTITUTE BRASIL* comenta os sete tipos de desperdício identificados por OHNO (1997), que define desperdício como todo elemento da produção que só aumenta custos sem agregar valor ao produto final. Seguem abaixo:

1. Produtos **defeituosos**;
2. **Excesso de produção** com mercadorias desnecessárias;
3. **Estoque** a espera de processamento ou consumo;
4. **Movimento** desnecessário de pessoas;
5. **Transporte** desnecessário de mercadorias;
6. **Espera** dos funcionários pelo equipamento para finalizar um trabalho ou por uma atividade;
7. **Processamento - projetos e produtos inadequados** às necessidades do cliente

Figura 1: Sete tipos de desperdícios em uma empresa



Fonte: RIANI (2007).

1. Desperdício por Produtos Defeituosos

Correspondem a erros frequentes na documentação, problemas de qualidade nos produtos ou desempenho deficiente na entrega. (HINES e TAYLOR, 2000)

Esses são os que mais geram desperdícios no processo. Produzir itens defeituosos, fazer reparos, ter retrabalho, inspeções e substituições na produção exprimem desperdício de materiais, mão-de-obra, utilização desnecessária de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de itens defeituosos.

O processo produtivo como um todo deve ser desenvolvido de forma a impedir que defeitos ocorram e assim eliminar vistorias. Os defeitos não podem ser aceitos e não devem ser gerados. Os processos estáveis devem ser sempre otimizados, buscando reduzir continuamente a chance de haver imperfeições utilizando à prova de defeitos, os quais procuram evitar erros comuns causados pelo trabalho não automático (do homem), também conhecidos como *Poka-Yoke*.

Técnicas utilizadas para resolver são muito relacionadas aos métodos de controle de qualidade na fonte, auto inspeção, verificações sucessivas e dispositivos de qualidade. (SHINGO, 1996)

2. Desperdício por Excesso de Produção

Corresponde a produção além do previsto ou feita com muita antecedência, resultando em um fluxo pobre de peças e informações com estoque em excesso. (HINES; TAYLOR, 2000)

É reconhecido como desperdício mais crítico pois atrapalha a o fluxo terno de produtos e serviços, inibindo também a produtividade e qualidade. A superprodução tende a gerar estoques e *Lead Time* altos. Como resultado, os defeitos não são detectados de início e os produtos podem se deteriorar. Além disso, superprodução ocorre em excessivo WIP (*Work In Process*), resultando fraca comunicação entre as estações de trabalho.

Assim, a produção enxuta sugere que seja produzido somente o que é necessário naquele momento através do *Just in Time* e, para isso, os tempos de *setup* devem ser menores, a produção em sincronia com a demanda e o *layout* da fábrica mais compacto. (CORRÊA e GIANESI, 1993)

3. Desperdício por Estoque

Corresponde ao excesso de produtos armazenados, atraso das informações ou produtos, como material de escritório, catálogo de vendas, relatórios, entre outros. Fatos que resultam um custo excessivo e atendimento deficiente ao cliente. (HINES; TAYLOR, 2000) e (WERKEMA, 2006)

Por diversos estudos, inventários são notados como não lucrativos, sendo estoques de matéria prima, em processo (*WIP*) ou produtos e serviços acabados. Esses pontos causam longos tempos para processamento, tornam-se obsoletos, acarretam em mercadorias danificadas, atrasos e custos desnecessários com manutenção de produtos parados e transporte dos mesmos. Além disso, essa superlotação omite problemas como oscilação da produção, atraso de fornecedores, defeitos, equipamentos ocupados sem necessidade e longos tempos de *setup*, significando também desperdícios de investimentos e espaço.

A redução desse tipo de desperdício pode ser feita removendo suas causas geradoras, pois não há necessidade de manter estoques. Eliminando-se todos os outros desperdícios, reduz-se também, os desperdícios de estoque. Isto pode ser feito diminuindo-se os tempos de preparação de máquinas e os *lead times* de produção, sincronizando-se os fluxos de trabalho, reduzindo-se as flutuações de demanda, tornando as máquinas confiáveis e garantindo a qualidade dos processos. (LIKER, 2004)

4. Desperdício por Movimentação de pessoas

São as caminhadas desnecessárias para encontrar algum equipamento ou realizar atividades como movimentação até a impressora, busca de materiais em outros pontos da planta, entre outros. Uma organização do local de trabalho deficiente gera ergonomia deficiente. (HINES; TAYLOR, 2000).

Esse desperdício localiza-se em todos os tipos de operações, nos processos produtivo e corporativo. Todo tipo de movimento que poderia ser evitado como procurar, esperar, empilhar e andar estão considerados aqui. (LIKER, 2004)

Estar em movimento não significa estar agregando valor, trabalhar significa fazer o processo avançar com o objetivo de completar a tarefa. (OHNO, 1997)

Essas perdas podem ser evitadas com estudos de movimento e tempo gasto. Nas operações, pode ser feito também pela mecanização, transferindo as atividades manuais do operador para a máquina, porém essa deve ser a última possibilidade após melhorar a capacidade de movimentação e rotina. (GHINATO, 2000)

5. Desperdício por Transporte

Movimento excessivo e desnecessário de informações, produtos e serviços, gerando perda de tempo, recursos e custos, como por exemplo e-mails com excesso de anexos e aprovações múltiplas para um documento. (WERKEMA, 2006)

Essas devem ser reduzidas ao máximo e se possível eliminadas pela elaboração de um arranjo físico adequado que diminua as distâncias a serem percorridas e custos reduzidos se o material for recebido onde deveria ser usado. (CORRÊA; GIANESI, 1993)

6. Desperdício por Espera

É todo tempo em que nenhum processo é feito. Pode ser espera do operador, quando está ocioso; ou de máquinas para terminar um processo e viabilizar a produção; do processo, quando há atraso na entrega de matéria prima, em processamento de lotes ou devido a gargalos. Pode ser considerado o tempo perdido com sistemas fora do ar, ramais ocupados, demora na aprovação de um documento, etc. (LINKER, 2004)

Para eliminar esse tipo de perda, pode ser aplicado um balanceamento do fluxo de produção, fluxo de peças unitárias (evitando espera da produção do lote todo para seguir), troca rápida de ferramentas (TRF), reduzir *setups* e melhorar *layout* dos processos. (SHINGO, 1996)

7. Desperdício de Processamento (**projetos e produtos inadequados** às necessidades do cliente)

No processo produtivo, pode haver desperdícios que facilmente seriam eliminados se o processo todo fosse otimizado, ou seja, remover etapas que não agregam valor ao produto e encarecem o mesmo. Assim, é importante aplicar metodologias de engenharia e análise de valor, que promovem a simplificação, redução de componentes e operações para produzir. Todo elemento ou etapa que adiciona custo ou tempo e não agrega valor ao produto deve ser investigado e eliminado. (CORRÊA; GIANESI, 1993)

3.2.2 Os cinco princípios do pensamento enxuto (*Lean Thinking*)

O pensamento enxuto é uma poderosa ferramenta contra o desperdício pois ela especifica valor, alinha as ações que criam valor na melhor sequência, realiza as atividades sem interrupção e realiza-as de modo mais eficaz. (WOMACK; JONES, 1998)

Riani (2007) mostra que cinco princípios foram definidos como fundamentais na eliminação das perdas, resumindo todo o pensamento enxuto. Esses princípios são guiam as empresas que querem adotar a filosofia *Lean*, mostrando o que deve ser realizado para alcançar seus objetivos.

Ainda segundo o autor, é necessário ter uma noção do significado de “Valor” antes de saber os cinco princípios básicos. O valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente, ou seja, é o índice final do valor econômico. O que agrega valor ao produto é a operação produtiva que é realizada para cumprir os requisitos do cliente ou consumidor final. A empresa deve visar fornecer produtos ou serviços valorizados a partir da perspectiva do cliente e não a partir da visão interna da organização, pois o mercado está cada vez menos disposto a aceitar produtos que não atendem às necessidades do cliente.

Segundo o *Lean Institute Brasil*, os princípios básicos do pensamento são:

- **Especificar valor:** esse seria o ponto de partida para o *Lean Thinking*, o valor deve ser definido baseado na visão do cliente final e não da empresa. Para ele, a necessidade gera o valor, e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar um preço que mantenha a empresa no mercado, aumentando seu lucro com melhoria contínua, redução de custos e aumento da qualidade. Deve-se defini-lo por meio de uma tentativa consciente em termos de produtos e serviços específicos que atendam às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.
- **Identificar o fluxo de valor:** deve-se separar os processos em: aqueles que agregam valor; aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade; e aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. As empresas usualmente focam na redução de custos sem o exame da geração de valor, olhando apenas para números e indicadores no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores, sendo que elas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e inclusive o pós-venda).
- **Criar fluxos contínuos:** é preciso dar fluidez às atividades que restaram, exigindo mudança na mentalidade dos funcionários. A produção por departamento é deixada de lado e o efeito surge de imediato, visto pela redução do tempo de produção, de processamento de pedidos e em estoques, dando à empresa a possibilidade de atender a demanda quase instantaneamente.

- **Produção puxada:** inverter o fluxo produtivo, não é mais a empresa que “empurra” os produtos para o cliente com descontos, ele passa a puxar o fluxo de valor, eliminando estoques, gerando maior valor ao produto e assim é estabelecido um fluxo contínuo.
- **Buscar a perfeição:** este deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos em qualquer parte do processo. Todos os membros (desde fornecedores, passando por operários a vendedores) devem ter conhecimento profundo de todo o processo e buscar permanentemente melhores maneiras de criar valor.

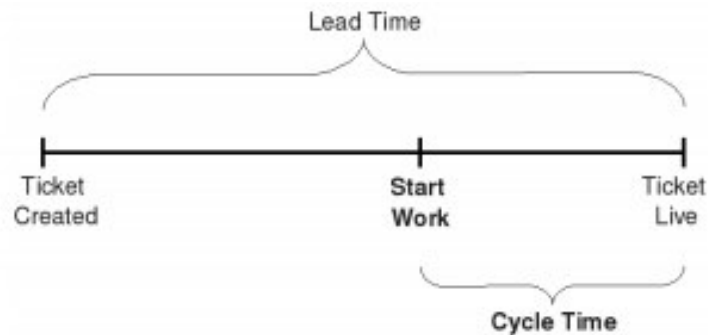
3.2.3 Métricas *Lean*

Para melhor entendimento das ferramentas que serão dispostas posteriormente, vale comentar as principais medidas ou métricas para quantificar e classificar os resultados baseados na velocidade e eficiência do programa.

Werkema (2006) destaca:

- **Cycle time (Tempo de ciclo – T/C):** é a frequência com que um produto é finalizado em uma etapa. Ex: se um processo tem 30 peças em um lote a cada 10 minutos, o *cycle time* do lote é 10 minutos e o de uma peça é 20 segundos ($10 \times 60 \text{ segundos} / 30 \text{ peças} = 20 \text{ segundos/peça}$);
- **Lead Time (L/T):** é o tempo para o produto percorrer todas as etapas de um fluxo de valor até o fim. É o número de dias (ou horas) percorridos desde a solicitação do cliente até o recebimento do produto, também conhecido como tempo porta a porta.
- **Tempo de Agregação de Valor:** tempo em que a etapa realmente transforma o produto que o cliente se dispõe a pagar;
- **Tempo de Não Agregação de Valor:** tempo que adiciona custo mas não agrega valor no ponto de vista do cliente;
- **Tempo de Setup ou Tempo de Troca:** tempo gasto para alterar a produção de um tipo de produto para outro;
- **Tempo takt:** tempo disponível para produção dividido pela demanda do cliente. Ex: se uma empresa opera 25.000 segundos por dia e a demanda é de 200 unidades, o *takt time* é de 125 segundos ($25.000 / 200 = 125$).

Figura 2: Representação gráfica do *Lead Time* e *Cycle Time*



FONTE: ROOCK, 2010

3.2.4 As principais ferramentas

O número de empresas praticantes do *Lean Manufacturing* aumentou significativamente em todos os setores da indústria e de serviços. Porém, é importante destacar que a adoção de ferramentas *Lean* não significa que foi obtido sucesso na implementação do *Lean Manufacturing* pois a adoção do método exige uma mudança de cultura de toda a organização, logo, não é simples alcançar. (WERKEMA, 2006)

As ferramentas, portanto, são utilizadas para auxiliar a obtenção de resultados e estão dispostas a seguir segundo a pesquisa literária.

3.2.4.1 Mapeamento do fluxo de valor

Primeiramente, fluxo de valor pode ser identificado como todas as atividades realizadas em uma empresa que agregam valor ou não. É composto pelo fluxo de materiais (do recebimento dos fornecedores até a entrega para o consumidor), pela transformação de matéria prima em produtos e pelo fluxo de informações que guiam o fluxo e a transformação. (WERKEMA, 2006)

Para Rother e Shook (1998) o **Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping – VSM)** é uma das ferramentas essenciais da Produção Enxuta, e deve ser baseada em uma técnica de modelagem proveniente da metodologia Análise da Linha de Valor. O VSM consiste na identificação visual de atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor reformulando um conjunto de questões chaves e desenha um mapa do estado futuro de fluidez da produção.

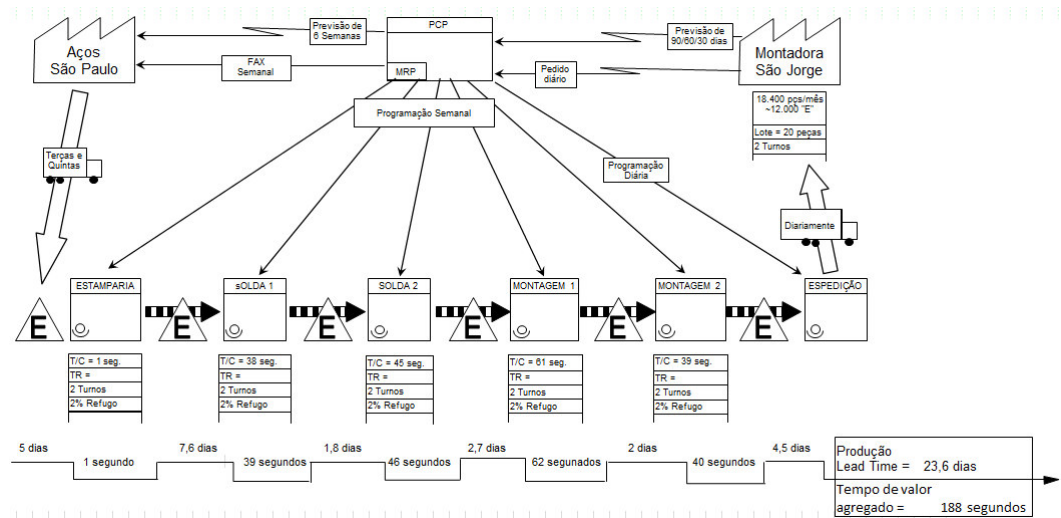
O mapeamento ajuda a identificar as fontes de desperdício, fornece uma linguagem comum dos processos de manufatura, torna as decisões visíveis, engloba técnicas, forma a base para um plano e mostra a relação entre fluxo de informação e fluxo de material. (ROTHER e SHOOK, 1998)

Werkema (2006) define Mapeamento do Fluxo de Valor como um instrumento que utiliza símbolos gráficos para representar visualmente a sequência e movimento de informações, materiais e atividades que constituem o fluxo de valor (previamente definido).

Figura 3: Representação esquemática dos símbolos

FONTE: *Lean Enterprise Institute*

Figura 4: Mapa de fluxo de valor do estado atual



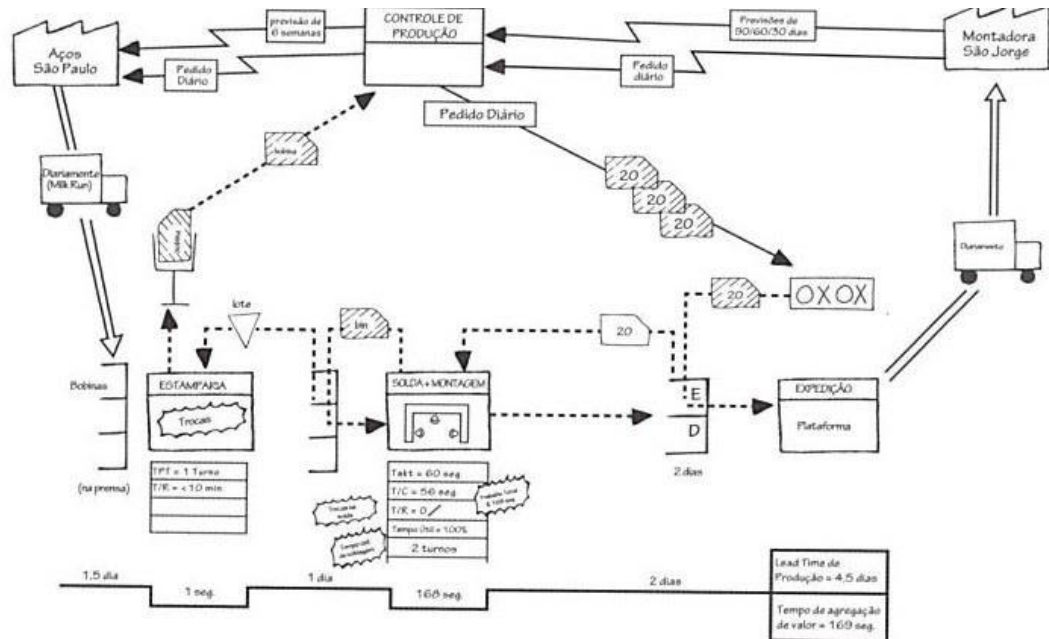
FONTE: Lécio *Lean* (2003)

O “mapa do fluxo atual” pode ser utilizado para discussão, planejamento e implantação de melhorias. Se a equipe estiver executando também o *Six Sigma* e o método DEMAIC – que será discutido posteriormente – esse mapa (que é feito na fase Measure) será base para o “mapa do fluxo futuro”. (WERKEMA, 2006)

Para o desenvolvimento do estado futuro, os dados já devem estar coletados para haver um ponto de equilíbrio entre os processos preparatórios. . (NAZARENO, 2006)

A figura abaixo apresenta um modelo de mapa de fluxo futuro mostrando que o *Lead Time* poderia ser reduzido de 23,5 para 4,6 dias.

Figura 5: Mapa de fluxo de valor do estado futuro



FONTE: Livro Lógico Lea

3.2.4.2 Kaizen

Kaizen é um termo japonês que significa *KAI* (mudança) e *ZEN* (melhor), que por definição é melhoria contínua. (IMAI, 1990)

É uma metodologia de alcance rápido que consiste no emprego do senso comum e da criatividade de maneira organizada para aperfeiçoar um processo individual ou um fluxo completo. (WERKEMA, 2006)

São melhorias simples feitas pelos funcionários da linha de frente, direcionadas a certas ocasiões onde haja perdas no processo. Podem ser atribuídos pequenos reparos aos funcionários, ao controle da qualidade ou agendar horários para que a equipe sugira melhorias. (WOMACK; JONES, 1998)

Os objetivos do *Kaizen* devem estar alinhados com a estratégia global da organização, levantados previamente no Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro, as equipes devem dedicar-se integralmente às atividades desenvolvidas e com poder de decisão. Apesar de mudanças de curto prazo normalmente serem rejeitadas, o *Kaizen* é focado no empenho de poucos dias e, portanto, algumas empresas tradicionais não adotam, porém, empresas como Eaton, TGM, Multibrás, etc, têm alcançado sucesso. (RIANI, 2007).

As discussões sobre os problemas a serem solucionados, são baseados em dados de pequenas melhorias, rápidas e simples, mas com grandes vantagens competitivas sobre as grandes melhorias. (IMAI, 1990)

Para o sucesso do Evento *Kaizen* são necessários objetivos claros, senso de equipe, foco em curto prazo, investimentos baixos e rápidos, utilização dos recursos disponíveis que tragam resultados imediatos. As iniciativas dependem muito da autonomia dos times. (SHARMA, 2003)

Rentes (2000) considera que essa metodologia ajuda a difundir os conceitos do *Lean Manufacturing* por toda a organização, podendo ser uma porta de entrada para a mudança organizacional.

A equipe deve trabalhar em regime de dedicação total (tempo integral), o escopo deve ser definido anteriormente e de forma precisa devido à falta de tempo, os dados básicos precisam ser previamente coletados (por um Green Belt ou outro especialista), a implementação deve ser imediata e durante o evento, os gestores precisam disponibilizar acesso ao suporte. (GEORGE; ROWLANDS; PRICE; MAXEY, 2005)

Ainda segundo eles, a ferramenta deve ser utilizada quando fontes de desperdícios óbvios forem identificadas, o escopo está claramente definido, o risco de implementação é mínimo, os resultados são necessários imediatamente e quando for desejável aumentar a velocidade e credibilidade em uma fase inicial de melhoria.

O *Kaizen* deve seguir a estrutura DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) e deve ser conduzido da seguinte maneira:

Figura 6: Fases do *Kaizen*



FONTE: WERKEMA, 2006 (adaptado)

A fase **Definir** conta com a definição do problema, das metas, do líder, da logística, dos treinamentos, alternativas para não prejudicar o trabalho de rotina e a participação de cada membro. Em **Medir**, o foco do problema deve ser determinado, observado e ter dados coletados. Na fase **Analisar**, as causas e respectivas melhorias são determinadas a fim de eliminá-las. Em **Melhorar** (Improve), deve-se implementar as soluções com a lista de ações, executá-las, treinar os envolvidos e verificar os resultados. Na fase **Controlar**, deve-se garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo com padronizações, planos de monitoramento, apresentando resultados e realizando follow-ups. (WERKEMA, 2006)

3.2.4.3 Kanban

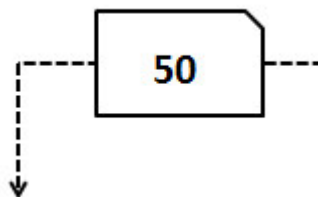
Segundo o Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento *Lean*, o termo *Kanban* significa “sinal” em japonês e é um dispositivo que autoriza e dá instruções para produção ou retirada de itens em um sistema puxado. Com frequência são simples cartões contendo informações como nome e número da peça, fornecedor externo ou responsável por determinada tarefa por exemplo.

Qualquer mecanismo que sirva para comunicar o momento, reabastecer ou produzir o que é requerido e na quantidade solicitada, tornando possível que o fluxo de produção **seja puxado** pode ser denominado *Kanban*. (WOMACK; JONES, 1998)

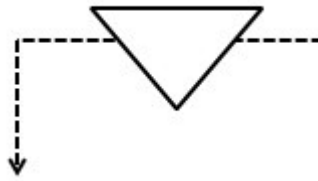
É um sistema de informação visual utilizado nos Sistemas Puxados para disparar a produção baseado na demanda de produtos finais, evitando assim os excessos de produção. A vantagem do *Kanban* é que evita problemas com gargalos criados pelas fases mais lentas dos processos produtivos. (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Existem três tipos e estão sumarizados abaixo:

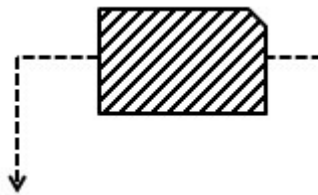
- *Kanban* de produção: Informa ao processo anterior (processo fornecedor) o tipo e quantidade de produto que deve ser fabricado para repor o que foi consumido pelo processo posterior (processo cliente).



- *Kanban* de sinalização: Autoriza que o processo anterior fabrique um novo lote quando uma quantidade mínima do produto (ponto de reposição) é atingida. Usado quando é obrigatório que o processo anterior produza em lotes.



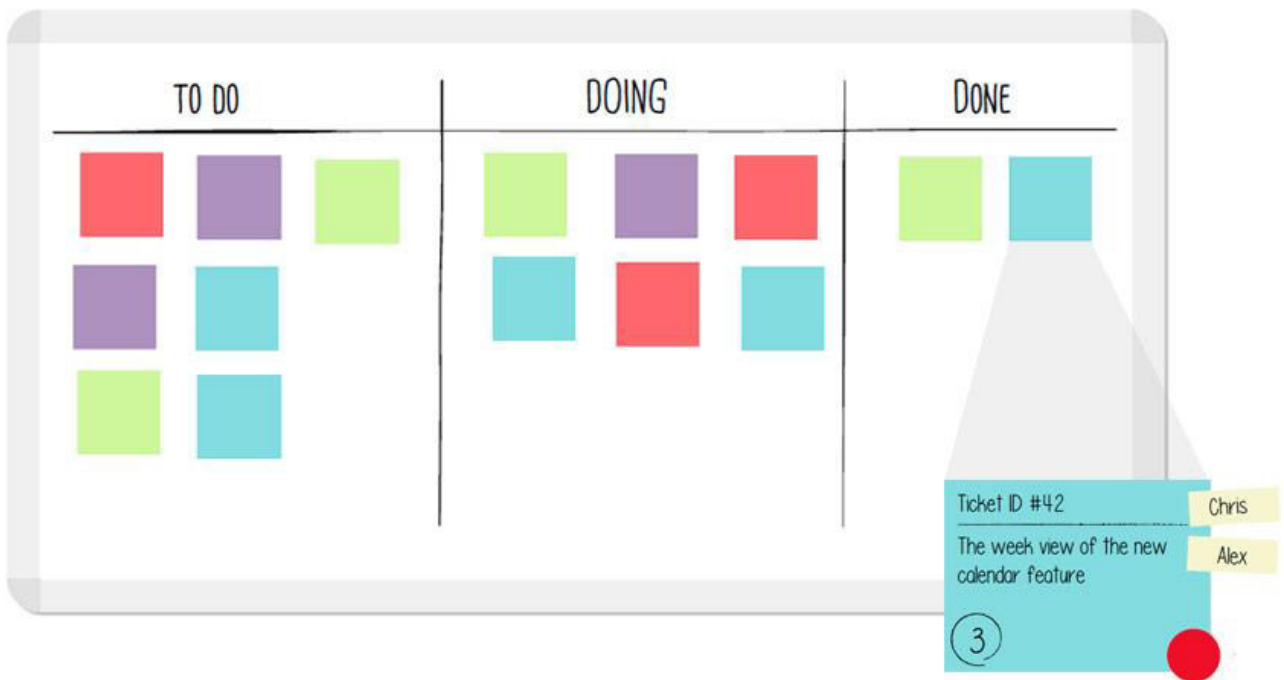
- *Kanban* de retirada: Indica o tipo e quantidade de produto a ser transferido para o processo posterior.



Os cartões contêm o que, quando e como produzir, como transportar e onde armazenar o que foi produzido. O Sistema evita excesso de produção, reduz estoques, evita desperdícios, permite conhecimento das prioridades de produção, as diretrizes do trabalho e elimina espera por novas instruções de trabalho. (WERKEMA, 2006)

No exemplo abaixo nota-se que o quadro também pode ser usado. As diferentes cores indicam o tipo de trabalho (como histórico do usuário, defeito ou processo) como também podem indicar prioridade (ex: vermelho para acelerar ou verde para normal) ou o responsável por aquela etapa. (LEANKIT)

Figura 7: Quadro de *Kanban*



FONTE: *Leankit*

3.2.4.4 5s

Segundo Monden (1994), o 5S é composto por cinco pilares que promovem organização e limpeza das áreas administrativas e de manufatura, encorajando os trabalhadores a querer melhorar o ambiente de trabalho, ensinando a reduzir desperdícios, tempo ocioso de máquina e processos e a padronizar operações.

Significado dos 5S que vieram de palavras japonesas estão dispostos abaixo:

- *Seiri* – Utilização: Decidir o que é necessário e descartar o desnecessário. Manter apenas o mínimo para apoiar as atividades diárias, verificar o que não é útil e se for o caso disponibilizar a outro setor. (GRANDA, 2006)
- *Seiton* – Organização: Organizar, definindo um lugar para cada item para que o acesso à informação/objeto seja rápido e fácil, reduzindo o tempo perdido procurando materiais e eliminando movimentos desnecessários. (COSTA, 2008)

- *Seiso* – Limpeza: Limpar e identificar cada item (WERKEMA, 2006). Consiste em eliminar a sujeira e principalmente garantir o ato de não sujar, pois essa limpeza fornece oportunidades de inspeções preventivas. (LAPA, 1998)
- *Seiketsu* – Padronização: Criar e seguir um padrão resultante do desempenho adequado dos três primeiros S. Significa criar procedimentos padronizados para classificar, ordenar e limpar que devem ser feitas diariamente. Tirar fotos do antes e depois, incorporando o depois para padrão. (WERKEMA, 2006)
- *Shitsuke* – Autodisciplina: Estabelecer a disciplina de manter os outros quatro S ao longo do tempo. É o compromisso com a qualidade assumido por todos para aperfeiçoar e dar continuidade ao programa com foco na melhoria contínua. (GRADA, 2006)

O 5S traz os seguintes benefícios: aumento da produtividade, correto atendimento aos prazos, diminuição dos defeitos, melhor segurança do trabalho, redução de perda e capacidade de distinguir condições anormais de trabalho.

3.2.4.5 *Poka-Yoke*

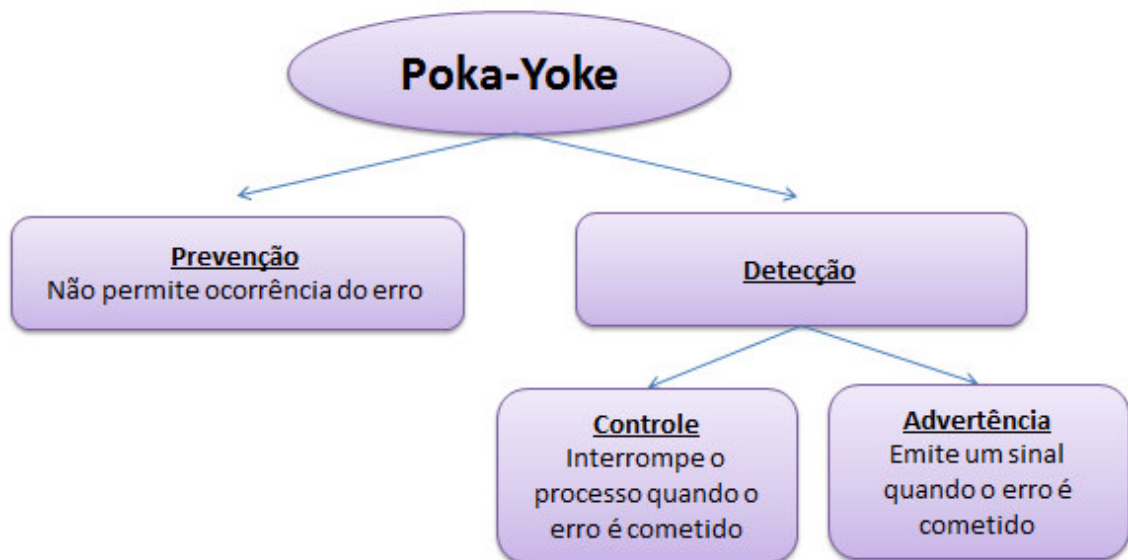
Termo japonês que significa à prova de erros. É um conjunto de procedimentos e/ou dispositivos capazes de identificar e corrigir erros no processo que poderiam se transformar em defeitos internos ou externos. (WERKEMA, 2006)

Problemas como montagem incorreta de um componente, esquecer de fixar uma peça, não preencher um campo de algum documento ou a digitação de caracteres errados em um formulário são exemplos que podem ser corrigidos pelo uso do *Poka-Yoke*. Defeitos surgem porque erros são cometidos e tem uma relação de causa e efeito, mas os defeitos podem ser evitados se houver um feedback no instante do erro. (WERKEMA, 2006; SHINGO, 1996)

Segundo Shingo (1996) os erros são inevitáveis por dependerem do homem. É impossível manter a concentração do homem, em tempo integral, apesar de receber instruções, normas e procedimentos. O *Poka-Yoke* usa recursos de engenharia e criatividade dar prevenção aos erros e então descobrir a causa raiz para corrigi-los.

Para Werkema (2006), o *Poka-Yoke* pode ser dividido em ***Poka-Yoke de prevenção*** que emprega métodos não permitem que os erros aconteçam e o ***Poka-Yoke de detecção (controle ou advertência)*** que utiliza dispositivos que param o processo, emitem um sinal sonoro ou luminoso quando o erro é cometido (um exemplo é o sinal do carro indicando que uma porta está aberta).

Figura 8: Categorias de dispositivos *Poka-Yoke*



FONTE: WERKEMA, 2006 (adaptado)

3.2.4.6 TPM (*Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total*)

Segundo Nakajima (1989), a ferramenta é um programa de manufatura que visa maximizar a efetividade dos equipamentos baseado na participação e motivação dos trabalhadores. Werkema (2006) diz que para ser efetivo deve haver envolvimento direto de todos que operam os processos e tem como objetivo garantir que os equipamentos executam as tarefas necessárias de modo a não interromper a produção.

O TPM inicialmente foi estruturado com cinco pilares e depois mais três foram incluídos, são eles:

- Eficiência
- Auto reparo
- Planejamento
- Treinamento
- Ciclo de vida
- Qualidade
- Gerenciamento e segurança
- Meio ambiente e higiene

(WERKEMA, 2006)

Para IM&C (2004) as empresas precisam formar trabalhadores habilidosos e desenvolver a participação de todos para competir como empresas de classe mundial. Este é um rigoroso processo de manutenção com envolvimento total que consegue antecipar problemas potenciais, através da manutenção preventiva.

A palavra “total” está no nome porque requer participação de todas as pessoas e não só da manutenção, o comprometimento da alta administração é imprescindível, objetiva a produtividade total do equipamento e focaliza o ciclo de vida total das máquinas. (WERKEMA, 2006)

Ferrari (2002) aponta as metas gerais do TMP: máxima eficiência da planta; plano exato de manutenção preventiva; divulgação da relevância da manutenção na empresa; a difusão da participação dos trabalhadores em todos os níveis; desenvolvimento da participação da gerência nos problemas e implementação em grupos pequenos.

Segundo ele, os passos fundamentais do método são:

1. Eliminar as causas de perda de produtividade que normalmente são: quebras, *setup*, pequenas paradas, defeitos para iniciar a planta e defeitos de qualidade;
2. Criar um programa de manutenção autônoma pelos operários;
3. Planos de manutenção preventiva;
4. Alta capacidade dos trabalhadores em manutenção;
5. Projeto de um sistema de gerenciamento da produção;

3.2.4.7 Redução de *setup*

Setup é definido como o intervalo entre a fabricação da última peça do ciclo de produção que acabou de ser finalizado e a fabricação da primeira peça do novo tipo de produto. A Redução de *Setup* é um método que visa diminuir o tempo dessa troca e também é conhecido como SMED (*Single Minute Exchange of Die*). (WERKEMA, 2006)

O tempo de *setup* está diretamente relacionado com o tamanho do lote. Da mesma maneira que os tempos de *setup* podem ser reduzidos, os lotes de produção também e, conseqüentemente, reduz o *lead time* de produção. A meta **não** é reduzir o **número** de *setups*, mas o **tempo** exigido para manutenção das máquinas durante ele. (WOMACK; JONES, 1998)

Segundo Miyake (2003), o objetivo é reduzir o tempo para realização do *setup* em máquinas ou equipamentos que incluem a troca de materiais ou ferramentas e, então, provoca a necessidade de pará-las.

Para Werkema (2006), a Redução de *Setup* pode ser conduzida segundo o método DMAIC e Shingo (2000) também mostra que existem estudos por *Benchmarking* com outras empresas que podem originar diversas soluções.

Werkema (2006) ainda mostra os benefícios que a empresa pode obter com a aplicação dessa metodologia, são eles:

- Possibilidade de produzir pequenos lotes, formando uma produção econômica com respostas mais rápidas às variações do mercado consumidor;
- Diminuir o *lead time*;
- Aumento da flexibilidade em caso de mudança na estrutura de algum produto;

- Redução dos estoques tanto de produtos acabados quanto em processo, gerando lucro;
- Redução de sobras e de retrabalho, já que os defeitos podem ser identificados mais perto de onde foram criados;
- Diminuição da possibilidade de gerar erros na regulagem e ajuste de equipamentos

Ainda segundo o autor, existem etapas que podem ser seguidas na redução de *setup*, dispostas na tabela abaixo:

Tabela 1: Etapas de um processo de *setup*

Etapas do processo de redução de <i>setup</i>	Comentários	Proporção do tempo utilizado antes da adoção das atividades
Preparação, ajustes após interrupção da operação e verificação de ferramentas	Essa etapa tem o objetivo de garantir que todas as ferramentas estejam no local apropriado e com funcionando corretamente. Está incluído o período após a interrupção da operação, quando esses itens são removidos e devolvidos na armazenagem. Geralmente é realizada após a interrupção da operação (procedimento interno), representando uma oportunidade de melhoria, já que pode se transformar em procedimento externo.	30%
Montagem e remoção de ferramentas	Essa etapa inclui a remoção de ferramentas após a fabricação do ultimo item do ciclo de produção que acabou de ser finalizado e a instalação de peças e ferramentas necessárias para a fabricação de novo tipo de produto. Geralmente, a operação deve estar paralisada para a execução dessa etapa, de modo que ela é um procedimento interno. No entanto, o tempo necessário para sua realização é muito pequeno em comparação ao tempo gasto com as outras etapas.	5%
Medição e calibração	Essa etapa inclui atividades como centralização, dimensionamento e medição de temperatura e pressão, que são requisitos para a operação produtiva. Apesar de frequentemente ser necessário efetuar essas atividades com a operação interrompida, é possível agilizar sua realização.	15%
Testes de funcionamento e ajustes	Essa etapa inclui a realização de ajustes após a fabricação, em caráter de teste de um item ou produto. Geralmente, o tempo necessário para os <i>trial runs</i> depende de habilidades pessoais, intuição e conjecturas dos operadores, o que constitui uma oportunidade de melhoria. Como o equipamento não fabrica peças perfeitas enquanto essa atividade é realizada, ela deve ser classificada como um procedimento interno. A Redução do <i>Setup</i> busca eliminar completamente essa etapa, de modo que sejam fabricados produtos perfeitos desde o início da operação do equipamento.	50%

FONTE: WERKEMA, 2006 (adaptado)

3.3 *Six Sigma*

3.3.1 Origem do *Six Sigma*

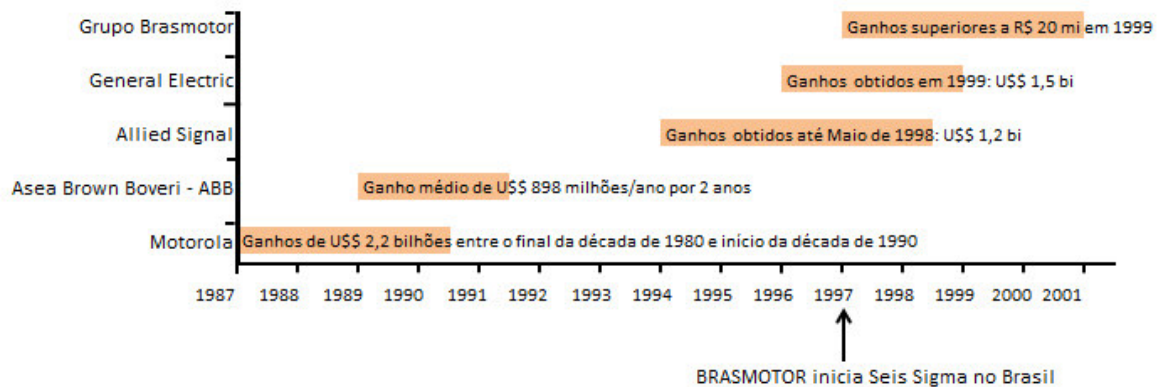
Rotondaro (2002) comenta que muitos métodos de tentativa de melhoria foram aplicados desde que essa busca começou e que cada um utilizava procedimentos estabelecidos e usavam ferramentas clássicas, sendo o método de Deming, o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), um dos mais populares.

O *Six Sigma* nasceu na estrutura da Motorola, em 1987, com a meta de tornar a empresa capaz de encarar seus concorrentes, pois estavam produzindo produtos de melhor qualidade a preços menores. Foi em 1988, quando a Motorola ganhou o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige que o *Six Sigma* ficou conhecido como o responsável pelo sucesso. (WERKEMA, 2006)

A missão da Motorola de reduzir defeitos foi seguida pela ABB (Asea Brown Boveri), GE (General Electric), Kodak, Sony, entre outras e a metodologia rapidamente se difundiu na manufatura e nos meios de serviço. Exemplos como a ABB registrou em dois anos um ganho de U\$\$ 1,8 bilhões, a GE U\$\$ 1,5 bilhões ao ano por três anos e a Allied Signal U\$\$ 1,2 bilhões de retorno financeiro em cinco anos. (CARVALHO, 2004; WERKEMA, 2002)

No final da década de 1990, o *Six Sigma* se tornou artigo de ensino e treinamento e foi ganhando impulso à medida que crescia. (SLOAN; RUSSEL, 2005)

No Brasil, o interesse pelo *Six Sigma* cresce diariamente e a pioneira com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor, registrando R\$ 20 milhões de retorno em 1999 com os primeiros projetos finalizados. Hoje, empresas como Black & Decker, Johnson & Johnson, Dow Chemical, Dupont, e muitas outras, implementam a estratégia geralmente com suporte de consultorias nacionais. (WERKEMA, 2006; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 1998)

Figura 9: Resumo da história do *Six Sigma*

FONTE: WERKEMA, 2002 (adaptado)

3.3.2 Visão geral da estratégia

Segundo Pande (2005), a Estratégia *Six Sigma* é a maior mudança ocorrida desde a formulação da ideia de qualidade contemporânea criada por Deming e Juran. Até o momento, toda a prática gerencial que se via, estava em xeque devido à necessidade de crescimento e sobrevivência das empresas e então, surgiu-se a ideia do *Six Sigma*.

O autor comenta que ele se baseia em ideias de gestão e melhorias usadas no século XX, mas criando novas fórmulas de sucesso que foram adaptadas para o século XXI, dizendo ainda que se trata de ação e não de teoria. Para Werkema (2002), ela se tornou a metodologia do século XXI.

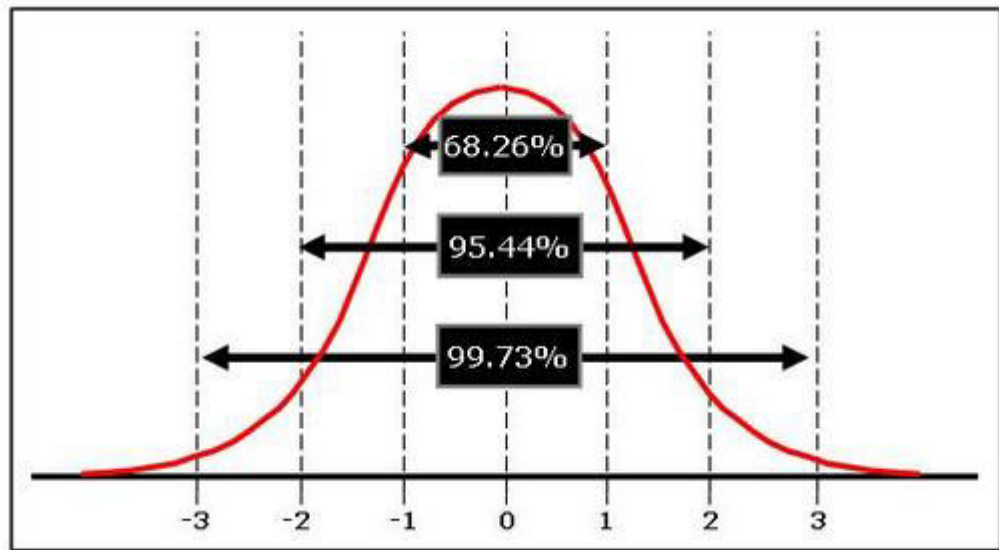
Segundo as citações de Sloan e Russell (2005), é uma iniciativa que procura a perfeição, aumenta a lucratividade, produtividade e qualidade. A estratégia é extremamente estruturada, deve ser aplicada projeto após projeto e gera dinheiro a partir do desenvolvimento dos mesmos.

Eles comentam que o *Six Sigma* vincula a satisfação do cliente diretamente com a rentabilidade corporativa, tendo como valores a informação da qualidade, a velocidade e as estruturas organizacionais leves. Todo processo que apresenta valor é medido, analisado e recompensado.

Já para Blauth (2003), ela é uma sugestão inovadora que se beneficia de todas as iniciativas de qualidade que já foram implementados, equilibrando-as e definindo metas de redução de desperdício.

Definir exatamente o que é o *Six Sigma* é uma grande tarefa quando se analisa a literatura, pois existem inúmeras definições. Porém, baseado no que Perez-Wilson (1999) entende do programa como uma medida de qualidade e eficiência e, com uma visão ampla, pode-se dizer que significa ou é composta por:

- **Benchmark:** parâmetro que compara o nível de qualidade de processos, operações, serviços, produtos, características, equipamentos, máquinas, departamentos, etc;
- **Meta:** o *Six Sigma* também é uma meta de qualidade, busca alcançar zero defeito, erros ou falhas. Na prática, não é igual a zero, mas 0,002 partes por milhão de unidades podem ser defeituosas ou com falhas;
- **Medida:** determina também o nível de qualidade do processo, convertendo o número de defeitos por milhão em uma escala de nível *Sigma*. Quanto maior a quantidade de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade;
- **Filosofia:** o *Six Sigma* tem a filosofia de melhoria contínua de maquinário, mão de obra, método, materiais e ambiente e de redução da variabilidade dos produtos, buscando constantemente ter zero defeito;
- **Estatística:** é calculada para avaliar o desempenho de cada característica crítica á qualidade em relação ao que é considerado “tolerável”;
- **Estratégia:** sua estratégia é baseada relação existente entre o projeto de um produto, sua fabricação, qualidade final, controle, estoque, reparos necessários, defeitos e falhas até a entrega procurando aumentar o grau de satisfação do cliente.
- **Valor:** em uma Distribuição Normal, assume seis vezes o valor do sigma dentro dos limites de especificação (para a esquerda e para a direita da média).

Figura 10: Curva de Distribuição Normal

FONTE: SLOAN; RUSSELL, 2005 (adaptado)

- **Visão:** levar a organização a melhor no seu ramo. É a busca constante em levar a qualidade além do que é esperado pelo cliente, oferecendo mais que ele quer em oposição a ter que convencê-lo a comprar.

Abaixo, a tabela de conversão *Six Sigma*, mostrando quantos defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) são aceitos em cada nível e em porcentagem de defeitos por oportunidade (DPO), assim como a porcentagem de ganho operacional de cada um.

Tabela 2: Tabela de conversão *Six Sigma*

<i>Sigma</i>	DPMO	DPO	Ganho Operacional
6	3,4	0,00034%	99%
5	233	0,023%	96%
4	6.210	0,62%	90,7%
3	66.807	6,7%	78,3%
2	308.538	31%	55,4%
1	691.462	69%	

FONTE: PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2005 (adaptado)

No entanto, outros autores tratam o *Six Sigma* como uma metodologia, mesmo sendo aplicada sempre como uma estratégia. Werkema (2002), considera ser uma estratégia gerencial disciplinada e extremamente qualitativa, buscando aumentar a lucratividade pela otimização de processos e conseqüentemente, aumentar a satisfação dos clientes.

O *Six Sigma*, visto também como estratégia por Pande (2001), parece mais uma “resposta em folha” com a diferença de não ser uma nova moda da produção, mas um sistema flexível para a liderança por apresentar melhor desempenho.

Seguindo nesse pensamento, Rotondaro (2002), entende ainda que seja uma filosofia de trabalho para maximizar o sucesso comercial, entendendo o que o cliente quer e não um programa com vários cálculos estatísticos. Além disso, ele considera que o conceito se apoia em quatro colunas, conforme a Figura 9.

Figura 11: As bases do *Six Sigma*

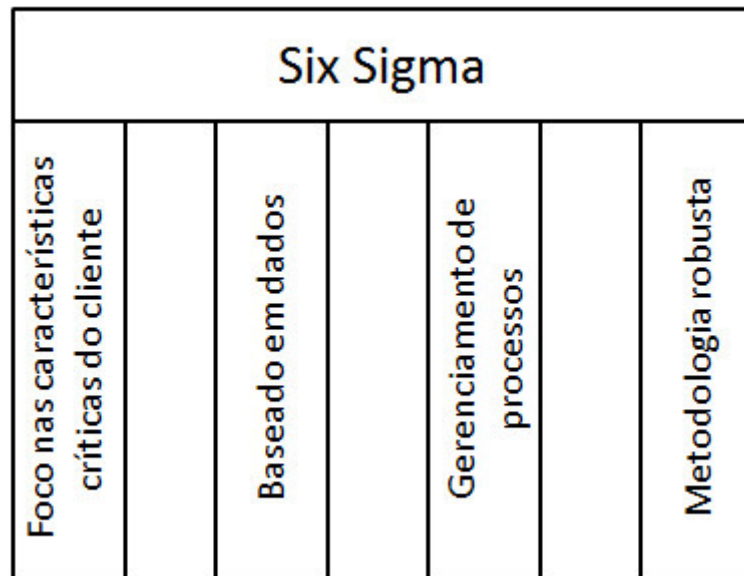
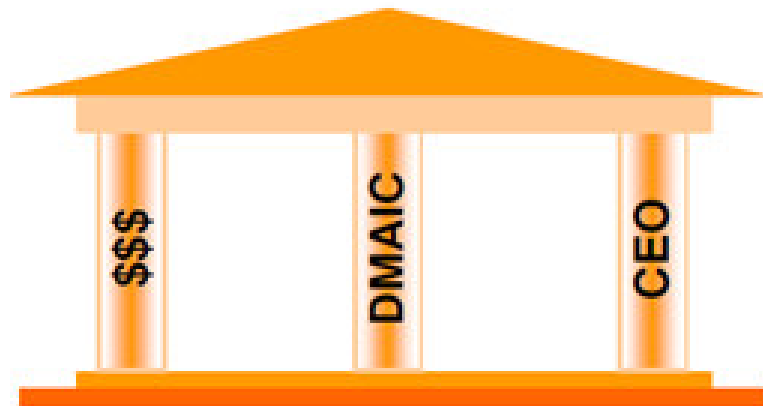


Figura 10: FONTE: ROTONDARO, 2002

Como visto acima, o *Six Sigma* não apresenta algo novo, são apenas ferramentas estatísticas conhecidas e já usadas, mas, para Werkema (2002), três pilares são necessários para obter sucesso:

1. \$\$\$ – medir e estruturar os ganhos financeiros diretos do programa pelo aumento da lucratividade na empresa;
2. DMAIC – método estruturado para alcançar as metas que são utilizadas no *Six Sigma*;
3. CEO – conscientização e elevado comprometimento da alta administração da empresa.

Figura 12: As bases do *Six Sigma*

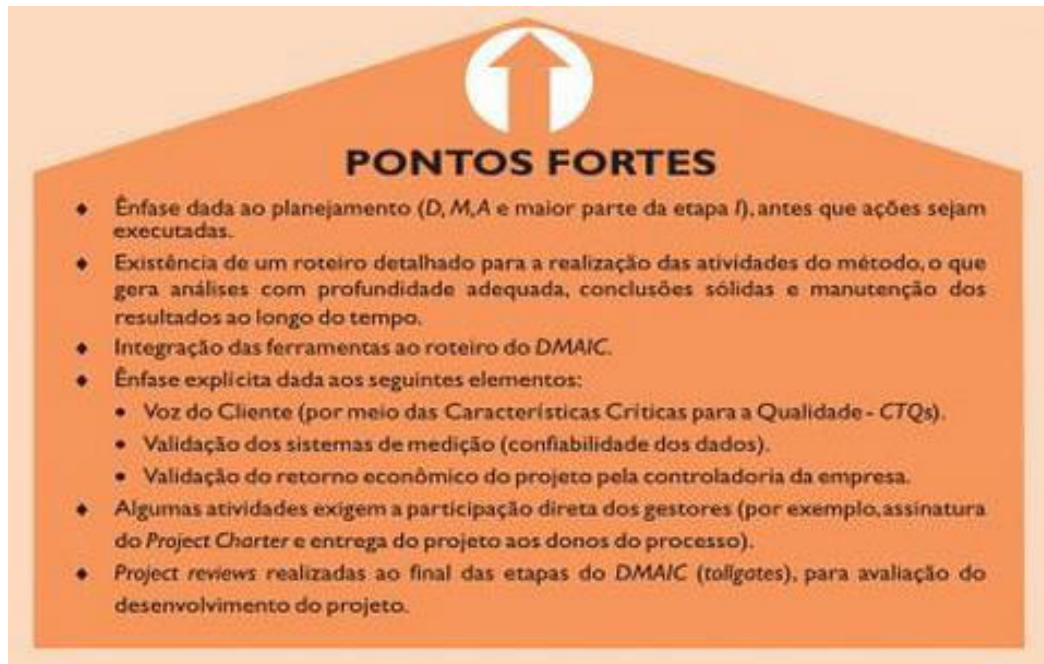


FONTE: WERKEMA, 2002

3.3.3 Modelo DMAIC de melhoria *Six Sigma*

Para Werkema (2006), o principal segredo do sucesso *Six Sigma* é a utilização do método DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) para o desenvolvimento dos projetos e seus pontos fortes estão dispostos abaixo:

Figura 13: Pontos fortes do DMAIC



FONTE: WERKEMA, 2012

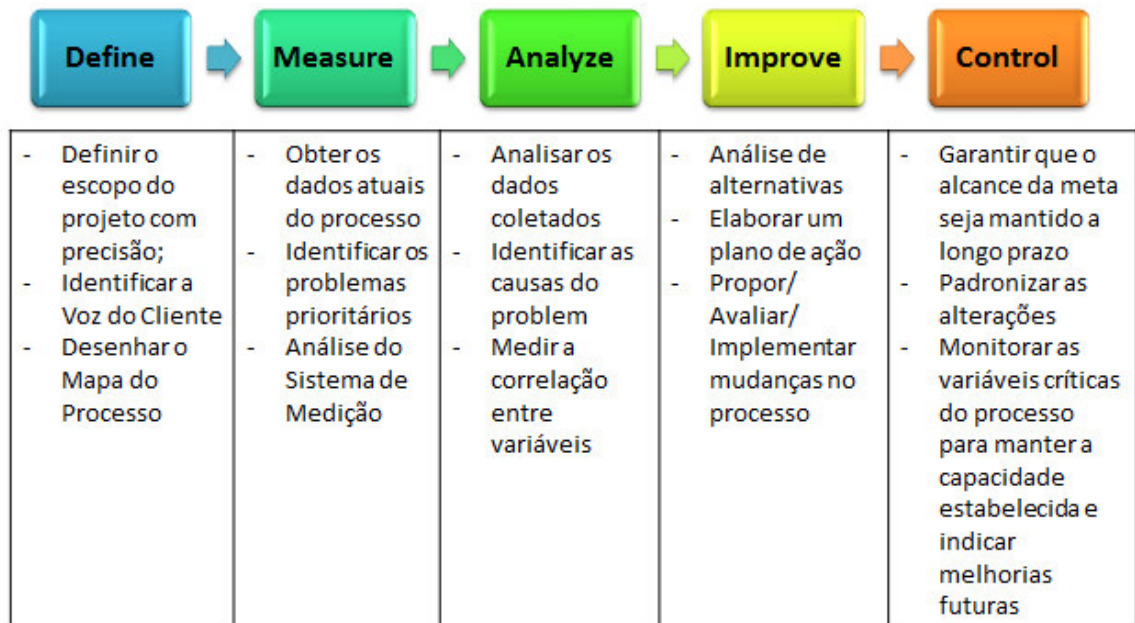
DMAIC é a metodologia padrão do projeto *Six Sigma* de desenvolvimento, sua aplicação combate problemas gerando resultados drásticos, sustentáveis e mensuráveis (típicos da estratégia *Six Sigma* explicada previamente). (SLOAN; RUSSELL, 2005)

Segundo Perez-Wilson (1998), na verdade o DMAIC é muito mais que um método, é uma maneira ordenada, lógica e sistemática de realizar alguma atividade. É composta de várias ferramentas organizadas de maneira lógica e sistemática para alcançar um objetivo.

A voz do consumidor, seus objetivos e desejos são o foco no ciclo de desenvolvimento DMAIC do *Six Sigma* e o mapa demarca cada fase. À medida que os avanços dos 6σ ajudam a empresa a ultrapassar metas, os objetivos em longo prazo são mantidos e aperfeiçoados para sustentar o impulso inicial. (SLOAN; RUSSELL, 2005)

O método Medir, Analisar, Melhorar, Controlar – (MAIC) foi desenvolvido inicialmente na Motorola como uma evolução do ciclo PDCA e depois adotado pela General Electric (GE) como DMAIC, com o “D” significando Definir. Esse passou a ser a base operacional da ruptura *Six Sigma* para essas empresas, sendo fundamental para o sucesso que alcançaram (PANDE et al. 2001; ECKES, 2001), estrutura que pode ser vista pelo modelo da figura 2 abaixo:

Figura 14: As bases do *Six Sigma*



FONTE: ROTONDARO, 2002 (adaptado)

Werkema (2002) sintetiza a metodologia DMAIC da seguinte forma:

- D – *Define* (Definir): definir com precisão o escopo do projeto;
- M – *Measure* (Medir): determinar a localização ou foco do problema;
- A – *Analyze* (Analisar): determinar as causas de cada problema prioritário;
- I – *Improve* (Melhorar): propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;
- C – *Control* (Controlar): garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

Sloan e Russell (2005), também apontam uma definição:

- Definir questões de forma prática e estatística, a equipe deve definir medidas de desempenho e pode apontar metas de benchmark para cada objetivo;

- Medir utilizando mapas, modelos, diagramas, e fluxos de processos, identificar fatores críticos à qualidade, coletar dados, observar processos e começar a selecionar dados;
- Analisar os dados coletados, utilizando gráficos de controle de qualidade e planejamento de experimentos.
- Aprimorar (Improve) o processo usando decisões embasadas em evidências para promover avanços de *Six Sigma*;
- Controlar o processo para assegurar que as melhorias proporcionadas pelo desenvolvimento dos projetos tenha sustentação.

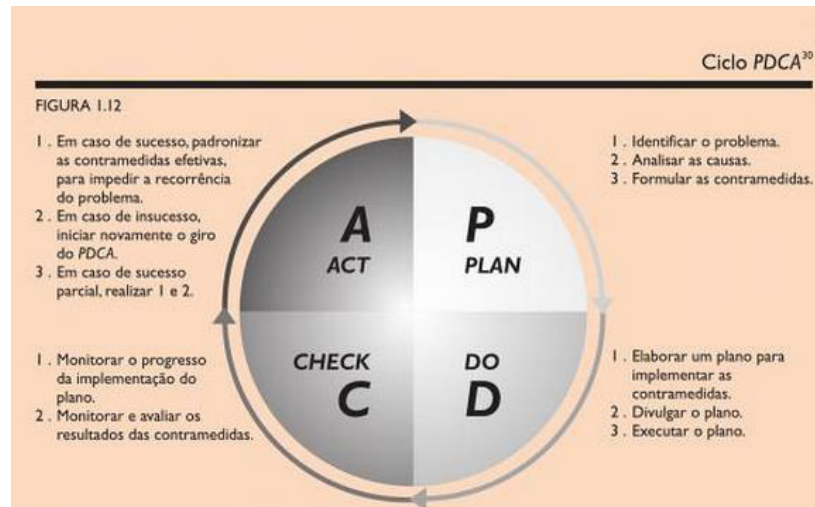
Tanto Pande (2002) quanto Werkema (2012), destacam que o DMAIC surgiu do ciclo PDCA (Plan, Do, Check and Act) e é altamente usado nas melhorias de processos.

Figura 15: Integração das ferramentas Seis Sigma ao DMAIC



FONTE: WERKEMA, 2006

Figura 16: Ciclo PDCA



FONTE: WERKEMA, 2012

Figura 17: Correspondência entre o Método DMAIC e o Ciclo PDCA – Segunda forma de visualização



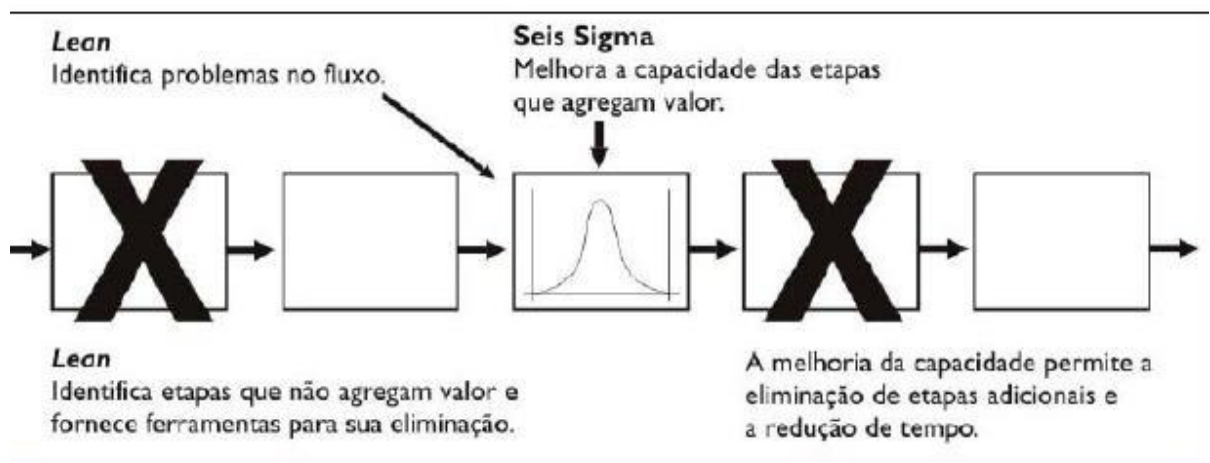
FONTE: WERKEMA, 2012

O DMAIC ainda tem, em cada etapa, diversas ferramentas já conhecidas, como Project Chart, Voz do Cliente (VOC), SIPOC, Carta de Controle, 5W2H, Histograma, Diagrama de Pareto, entre outros, que guiam para atingir os resultados procurados pela empresa, que não serão abordados nesse trabalho.

3.4 Lean Six Sigma

A integração entre o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma* é natural e toda empresa deve desfrutar dos pontos fortes das duas estratégias. O *Lean Manufacturing* não tem um método estruturado com ferramentas estatísticas para tratar da variabilidade, o que pode ser preenchido pelo *Six Sigma*. Por outro lado, o *Six Sigma* não foca o aumento da velocidade dos processos e a redução do *lead time*, que está na base do *Lean Manufacturing*. Logo, a ideia é unir a velocidade do *Lean* com a força e a profundidade do *Six Sigma*. (WERKEMA, 2006; GEORGE, 2002)

Figura 18: Como o *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing* contribuem para a melhoria dos processos



FONTE: WERKEMA, 2006

O uso do *Lean* com o *Six Sigma* juntos provavelmente começou na década de 1990, quando as empresas começaram a usá-las de forma paralela e não separadas. Por precisarem dos mesmos recursos e terem diferentes formas de atuação, a visão separada começou a desfalecer os dois. (BOSSERT, 2003; SMITH, 2003)

Figura 19: Pontos fortes do *Six Sigma* e do *Lean Manufacturing*

Seis Sigma	Lean Manufacturing
<ol style="list-style-type: none"> 1. Emprego de métodos estruturados para o alcance de metas: <i>DMAIC</i> e <i>DMADV</i> 2. Utilização, para a análise de dados, de ferramentas estatísticas poderosas, que auxiliem a solução de problemas complexos 3. Busca da redução da variabilidade 4. Ênfase na redução de custos e de defeitos definidos pelos clientes 5. Seleção de projetos associados às metas estratégicas da empresa 6. Foco na melhoria de produtos (<i>Design for Six Sigma – DFSS</i>) e não apenas na melhoria de processos 7. Infra-estrutura de patrocinadores e especialistas (<i>Sponsors, Champions</i> e <i>“Belts”</i>) 8. Elevada dedicação dos especialistas 9. Envolvimento de todas as pessoas da empresa, nos diferentes níveis de aprofundamento do programa, como responsáveis por conhecer e implementar seus conceitos e sua metodologia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tendência para a ação imediata no caso da solução de problemas de escopo restrito e de baixa complexidade, por meio dos eventos <i>Kaizen</i> 2. Utilização de técnicas simples para a análise de dados durante os eventos <i>Kaizen</i> 3. Busca da redução do <i>lead time</i> e do trabalho em processo 4. Ênfase na maximização da velocidade dos processos 5. Seleção de projetos estratégicos identificados pelo Mapeamento do Fluxo de Valor e também de projetos de interesse exclusivo para alguma área da empresa.

FONTE: WERKEMA, 2006 (adaptado por FONTE, 2008)

O *Lean Six Sigma*, como estabilizador, permite que uma organização em transformação foque em processos que são muito mais difíceis, com problemas de raízes mais profundas confusas, que não podem ser resolvidos simplesmente com iniciativas *Kaizen*. O processo de análise da causa-raiz do *Lean Sigma* e sua otimização revelam, em uma semana, questões técnicas que exigiriam soluções no longo prazo, para eliminar a causa-raiz do problema. (SHARMA; MOODY, 2003)

De acordo com a teoria de George (2002), o *Lean Six Sigma* é a combinação da qualidade do *Six Sigma* com a velocidade do *Lean*, ou seja, ela maximiza os lucros, atingindo rapidamente a satisfação do cliente com baixos custos, altas qualidade e velocidade e adquirindo retorno dos investimentos.

Para Werkema (2002) as principais características de um bom projeto *Six Sigma* devem ser:

- Forte contribuição para o alcance das metas;
- Forte colaboração para aumento da satisfação do cliente;
- Alta chance de concluir o projeto dentro do prazo;
- Grande impacto para a melhoria da performance;
- Quantificação precisa, por meio do emprego de métricas apropriadas;
- Elevado patrocínio por parte da alta administração da empresa e dos demais gestores envolvidos.

Em (2006) o autor resume bem as principais formas de integrar as ferramentas *Lean* com o método DMAIC, são elas:

- Definir – Mapeamento de Fluxo de Valor e Métricas *Lean*;
- Medir – Mapeamento de Fluxo de Valor, Métricas *Lean* e *Kaizen*;
- Analisar – Mapeamento de Fluxo de Valor e Métricas *Lean*;
- Melhorar (Improve) – Mapeamento de Fluxo de Valor, Métricas *Lean*, *Kaizen*, *Kanban*, 5S, TPM, Redução de *Setup* e *Poka-Yoke*.

Diante disso, Rotondaro et al.(2002) sugere duas perguntas para ajudar na escolha de projetos (características críticas para a qualidade internamente e externamente serão levados em conta):

- O que é crítico para o mercado?
- Quais são os processos críticos?

Pande (2002) considera importante treinar os líderes, colaboradores e funcionários, avaliar a finalidade dos projetos de maneira correta, sugerindo que o foco seja a eficiência e o benefício para o cliente.

No entanto, não está no escopo desse trabalho apresentar as formas de aplicação do *Lean Six Sigma*, ficando assim, proposta as sugestões de melhorias detalhadas anteriormente.

4 CONCLUSÃO

Uma Revisão bibliográfica dá o alicerce teórico para uma análise mais vasta da experiência prática. Esta experiência foi adquirida no curso de Green Belt e durante o estágio em uma multinacional na área de excelência operacional em vendas. A área trabalhada tem foco na excelência operacional, buscar satisfazer os interesses do cliente, controlar a redução de custos pelo controle dos sistemas e diminuição dos gastos desnecessários bem como a melhoria contínua.

Diante do trabalho apresentado, se confirmou o entendimento na prática que *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* agem em acordo, como visto, reduzindo variabilidade na manufatura ou processos transacionais, custos em recursos humanos ou de matéria prima, tempos de ciclo e defeitos, trazendo como resultado o aumento da lucratividade.

Na prática, o autor pôde ver a redução de custos, diminuição dos tempos de processos pelo corte de segmentos que não agregavam valor e o mais importante, a economia anual de grandes recursos financeiros, que, apesar de não terem sido feitos pelas práticas *Lean Manufacturing* ou *Six Sigma*, despertaram o interesse em realizar o estudo e fazer uma aplicação posterior.

Com isso, pode-se observar e enfatizar a ideia de que o *Lean Manufacturing* e o DMAIC utilizado no pensamento *Six Sigma*, visto como a estratégia gerencial de maior sucesso já projetada passa a ser não só ferramentas auxiliares, como também uma nova cultura empresarial e novo modelo de gerir.

A fase “Definir” da metodologia DMAIC se faz determinante nos projetos *Six Sigma* como mostrado e pequenos equívocos na escolha do time ou do projeto podem ocasionar no fracasso pela desmotivação. Assim como a fase “Medir” demanda disciplina e foco por se tratar de um método que se foca em dados reais. Na fase “Analisar”, decisões são tomadas baseando-se na experiência prévia, ferramentas estatísticas e causas raízes. Em “Melhorar” o time aplica as mudanças baseadas em uma segurança maior obtida no estudo e em “Controlar” são feitos os reajustes necessários para tornar o processo contínuo.

Portanto, o processo pode ser amplamente aplicado em indústrias e ambientes corporativos, onde todas as decisões são baseadas em resultados, a medida do sucesso dos

projetos já aplicados em grandes empresas justifica e reforça a sua utilização. Para isso, toda a documentação sugerida na bibliografia se mostra útil.

Através dos métodos apresentados, consegue-se uma forma robusta para a implantação desta estratégia, com o poder de envolver as pessoas, melhorar a segurança, diminuir complexidade e reduzir desperdícios, gerando aumento de lucratividade e desenvolvimento da tão difundida excelência operacional.

5 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A sugestão para trabalho futuros seria a realização de pesquisas profundas sobre a aplicação do *Lean Six Sigma*, bem como suas ferramentas e aplicabilidade no setor corporativo de alguma empresa, destacando melhor detalhamento do tema.

Outra sugestão seria forçar nas ferramentas de *Six Sigma* para então distinguir a diferença na prática entre aplicar as metodologias do *Lean Manufacturing* ou do *Six Sigma*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, M.; EISENSTAT, R.; SPECTOR, B. **Why Change Programs Don't Produce Change**. Harvard Business Review, Vol. 68, N.6, 1990.

BOSSERT, J. **Lean and Six Sigma: Synergy Made in Heaven**. Quality Progress, v.36, n.7, 2003.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Bloch, 3ª edição, 1992.

CARVALHO, M. M; **Programas de Qualidade e sua eficácia**. 2004. Disponível em: www2.uol.com.br/canalexecutivo/artigose.htm. Último acesso em Novembro de 2015.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I. G. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1993.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2001.

COSTA, G. V. **As objeções na implantação do programa 5S. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Administração de Empresas**. Bauru: Instituto de ensino superior de Bauru, 2008.

DEMING, W. E. **A nova economia para a indústria, o governo e a educação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

DEMING, W. E. **Controle de Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

FERRARI, E; PARESCHI, A; PERSONA, A; REGATTIERI, A, **TPM: Situation and**

Procedure for a Soft Introduction in Italian Factories. The TQM magazine, v. 14, n. 6, 2002.

FONTE, Mariana Oliveira Alves da. **O Lean Sigma Aplicado a uma Indústria Automobilística.** Minas Gerais: UFJF, 2008.

GARVIN, David A. **Gerenciando a Qualidade.** A Visão Estratégica e Competitiva / David A. Garvin; Tradução de João Ferreira Bezerra de Souza. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GEORGE, M. L.; ROWLANDS, D.; PRICE, M.; MAXEY, J. **The lean six sigma pocket toolbox a quick reference guide to 100 tools for improving process quality, speed, and complexity.** New York, McGraw-Hill, 2005.

GHINATO, P. (2000) - Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife. 2000.

GONÇALVES, M. S.; MIYAKE, D. I. **Fatores Críticos para a Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em Projetos de Melhorias.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2003.

GRANDA, M. A. et. al. **Programa 5S na fábrica: um programa para implantação do Sistema de Gestão Integrada.** Monografia (Gestão e Tecnologia da Qualidade). Belo Horizonte: Fundação CEFET Minas, 2006.

HINES, P.; TAYLOR D. **Guia para implementação da manufatura enxuta: “Lean manufacturing”.** São Paulo, IMAM, 2000.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo.** 3. ed. Tradução: Cecília Fagnani Lucca. São Paulo: IMAM, 1990.

IM&C. **Workshop de árvore de perdas.** São Paulo, Brasil, 2004.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Quaidade Total: À Maneira Japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. **Controle da Qualidade handbook**: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron Books, 1991.

KANBAN BOARD. **Lean Process Management**. New York, 2010. Disponível em: <http://www.leankitkanban.com>. Acesso em: 10/11/2015.

KRISHNAN, R.; SHANI, A. B.; GRANT, R. M.; BAER, R.: "**In search of quality improvement: Problems of design and implementation.**" *Academy of Management Executive*, 1993.

LAPA, R. **Programa 5S**. Rio de Janeiro. Qualitymark, 1998.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean – Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 98p.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 Princípios do Lean Thinking**. <http://lean.org.br>. Último acesso em 15/11/2015.

LIKER, J. K. **The Toyota way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer**. McGraw Hill, 2004.

MONDEN, Y. **Toyota Production System – An Integrated Approach to Just-In-Time**. London: Chapman & Hall, 1994.

NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.; SILVA A. L. **Implantado técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos**. 2006. São Carlos, SP. EESC – USP.

OAKLAND, John. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1994.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Tradução Cristina Shumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALADINI, E. P. **Controle de qualidade, Uma Abordagem Abrangente**, São Paulo: Atlas, 1990.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade Total na Prática**. São Paulo: Atlas, 2^a Edição, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade Total na Prática**. São Paulo; Atlas, 1^a Edição, 1994.

PANDE, Peter S. **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. São Paulo: Qualitymark, 2002.

PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma – Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios**. São Paulo: Qualitymark, 1998.

RIANI, A. M. **Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Juiz de Fora: UFJF, 2007.

RENTES, A.F.; VAN AKEN, E.M. **Performance measurement system development process and case application**. Enterprise engineering research Lab. working paper, Blacksburg, VA, Virginia Tech, 2000.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalho de conclusão, dissertação e estudos de caso**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROOCK, S.; **Kanban: Definition of Lead Time and Cycle Time**. 2010. Disponível em: <http://stefanroock.wordpress.com/2010/03/02/kanban-definition-of-leadtime-and-cycle-time/>. Acesso em: 15/10/2015.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

ROTONDARO, Roberto G. et al. **Seis Sigma. Estratégia Gerencial para controle de processos produtos e serviços**. São Paulo; Atlas, 2002.

SLOAN, M. Daniel; RUSSELL, A. Boyles; **Sinais de Ganho: Como Decisões Baseadas em Evidências Estimulam Avanços no Processo Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2005)

SMITH, B. **Lean and Six Sigma: A One-Two Punch**. Quality Progress, v. 36 n. 4, p. 37-41, 2003.

SHARMA, A., MOODY, P. **A máquina Perfeita: Como Vencer na Nova Economia Produzindo com Menos Recurso**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, Shigeo. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poke-Yoke System**. Portland Productivity, 1996. 382p.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos**. Porto Alegre: Bookman. 2000. 327p.

SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE – ISO9001:2000; Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

STACHELSKI, Leonardo; **O impacto da implantação da estratégia de gestão da qualidade total na cultura organizacional: um estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia da Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

WERKEMA, Maria C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Werkema, Volume 1, 2002.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, James P. JONES, Daniel T. **Soluções enxutas: como empresas e clientes conseguem juntos criar valor e riqueza**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.