UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - EESC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

THIAGO FREIRE DE CARVALHO LOPES ROCHA

**ESTUDO DE CASO DAS PRÁTICAS DE MELHORIA CONTÍNUA DE
MANUFATURA ENXUTA E SEIS SIGMA EM UMA UNIDADE MULTINACIONAL
NO BRASIL**

São Carlos

2016

THIAGO FREIRE DE CARVALHO LOPES ROCHA

ESTUDO DE CASO DAS PRÁTICAS DE MELHORIA CONTÍNUA DE MANUFATURA
ENXUTA E SEIS SIGMA EM UMA UNIDADE MULTINACIONAL NO BRASIL

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Manufatura

Orientador: Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto.

**ESTE EXEMPLAR TRATA-SE
DA VERSÃO CORRIGIDA. A
VERSÃO ORIGINAL
ENCONTRA-SE DISPONÍVEL
JUNTO AO DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA MECANICA
DA EESC-USP.**

São Carlos

2016

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

F422e Freire de Carvalho Lopes Rocha, Thiago
Estudo de caso das práticas de melhoria contínua de
Manufatura Enxuta e Seis Sigma em uma unidade
multinacional no Brasil / Thiago Freire de Carvalho
Lopes Rocha; orientador Arthur José Vieira Porto. São
Carlos, 2016.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em
Manufatura -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2016.

1. Lean Manufacturing. 2. Six Sigma. 3. Lean Six
Sigma. 4. Sistema Toyota de Produção. 5. DMAIC. 6.
framework. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **THIAGO FREIRE DE CARVALHO LOPES ROCHA**

Título da dissertação: "Estudo de caso das práticas de melhoria contínua de Manufatura Enxuta e Seis Sigma em uma unidade multinacional no Brasil"

Data da defesa: 04.08.2016

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Iris Bento da Silva**
(Presidente designado)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Kleber Francisco Espôsto**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Miguel Antonio Bueno Costa**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Resultado:

APROVADO

Aprovado

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica:

Prof. Associado **Gherhardt Ribatski**

Presidente da Comissão de Pós Graduação:

Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

- Agradeço, em primeiro lugar, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos por possibilitar a realização dessa pesquisa;
- Agradeço também à CAPES pelo apoio proporcionado;
- Quero agradecer ao Prof.º Arthur Porto pela orientação do trabalho e ao Prof.º Iris Bento da Silva pelo auxílio na elaboração do texto;
- Agradeço também à todos professores que compuseram a parte teórica do curso;
- Quero agradecer também o Prof.º Kléber Francisco Esposto pela indicação do estudo de caso;
- Agradeço à empresa que participou da pesquisa, por ter aberto suas portas e fornecidos as informações que compõem o caso;
- E por fim agradeço aos professores que participaram tanto da qualificação quanto da defesa deste trabalho pelas instruções e conselhos fornecidos.

ROCHA, T. F. C. L., **Estudo de caso das práticas de melhoria contínua de Manufatura Enxuta e Seis Sigma em uma unidade multinacional no Brasil** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Dessa forma, optou-se por realizar um estudo de caso em uma empresa do ramo automobilístico, visto a relação do setor com a melhoria contínua. A companhia já utilizava as técnicas e ferramentas há mais de uma década e, além de mostrar a sua abordagem com relação à melhoria contínua de forma geral, apresentou dois casos para comparação das soluções encontradas para seu próprio aperfeiçoamento. Foi observado que a empresa encontra-se em um estágio intermediário-avanzado dentro do *framework* construído e foi ressaltado que o *Kaizen* é a principal forma de melhoria usada.

-
-
-
-
-
-
-
-
-

ROCHA, T. F. C. L., *Case study of Lean Manufacturing and Six Sigma continuous improvement practices in a multinational company* – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Hence, a case study was chosen in a company from the automotive industry, insofar as its relationship with continuous improvement. The company had already been using the techniques and tools for over a decade and it was provided an overview of its approach and, in addition, two cases to have their solution compared. It was observed that the company stands in an upper intermediate stage according to the developed framework and it was also highlighted that Kaizen is the main improvement means used.

[illegible]

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Os 3 Ms da Toyota. Fonte: Liker (2005).....	29
Figura 2.2 – Sustentação dos valores da Toyota. Adaptado de <i>Our people</i> , Toyota Motor Europe Corporate Site.	31
Figura 2.3 – Categorias do Modelo Toyota (<i>Toyota Way</i>). Fonte: Liker (2005).	32
Figura 2.4 – Questionamento dos “5 porquês” para um problema. Fonte: Liker (2005).	34
Quadro 1 – Compêndio dos 14 Princípios. Fonte: elaborada pelo autor.....	37
Figura 2.5 – Processo de pensamento de cinco passos para orientar a implementação das técnicas enxutas. Adaptado de Lean Enterprise Institute.	38
Figura 2.6 – Distribuição de tempo nas atividades de manufatura. Fonte: elaborado pelo autor segundo Hines e Taylor (2000).....	39
Figura 2.7 (a) e (b) – Ciclos SS. Adaptados de What is DMAIC? Six Sigma Daily.	41
Quadro 2 – <i>Framework</i> teórico LM e SS. Fonte: elaborada pelo autor.	45
Figura 3.1 – Fluxograma de desenvolvimento da dissertação. Fonte: Elaborada pelo autor.	47
Figura 4.1 – Matriz SOE. Fonte: adaptado da empresa.....	53
Figura 4.2 – Controle SPQVC de processos. Fonte: adaptado da empresa.....	55
Figura 4.3 – <i>Layout</i> anterior ao projeto. Fonte: adaptado da empresa.....	57
Figura 4.4 – Quantidade total de peças produzidas. Fonte: adaptado da empresa.	58
Figura 4.5 – OEE diagnosticado. Fonte: adaptado da empresa.	59
Figura 4.6 – Resultados das duas primeiras iniciativas do projeto de melhoria. Fonte: adaptado da empresa.	59
Figura 4.7 – Quadro de atividades do “aranha” na linha 2. Fonte: adaptado da empresa.....	60
Figura 4.8 – Pareto de parada de máquinas. Fonte: adaptado da empresa.....	61
Figura 4.9 – Resultado final do <i>Kaizen</i> na produção das peças A e B. Fonte: adaptado da empresa....	62
Figura 4.10 – Escopo do <i>Kaizen</i> do Caso 2. Fonte: adaptado da empresa.....	63
Figura 4.11 – Meta do projeto para produtividade. Fonte: adaptado da empresa.....	63
Figura 4.12 – Em destaque: datadora e rebordagem (oportunidades de melhoria) e vibração (retirada do projeto). Fonte: adaptado da empresa.....	64
Figura 4.13 – Índice de capacidade da Célula antes da aceleração do processo. Fonte: adaptado da empresa.	65
Figura 4.14 – Índice de capacidade da Célula após da aceleração do processo. Fonte: adaptado da empresa.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Compêndio dos 14 Princípios. Fonte: elaborada pelo autor.....	37
Quadro 2 – <i>Framework</i> teórico LM e SS. Fonte: elaborada pelo autor.	45

LISTA DE SIGLAS

3 M	<i>Muda, mura, muri</i>
5 S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
6 M	Máquina, método, meio ambiente, medição, mão de obra e material
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design e Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
GE	<i>General Eletric</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
MFC	Manufatura de Fluxo Contínuo
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PMAP	<i>Process Mapping</i>
PY	<i>Poka Yoke</i>
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SS	<i>Six Sigma</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TMAP	<i>Thought Process Map</i>
TP	Trabalho Padrão
TT	<i>Takt Time</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VSL	<i>Value Stream Leader</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Contextualização	23
1.2	Objetivos e resultados esperados.....	25
1.3	Justificativa.....	25
1.4	Estrutura do texto	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1	Panorama geral	27
2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	27
2.3	<i>Six Sigma</i>	40
2.4	<i>Lean Six Sigma (LSS)</i>	42
2.5	<i>Modelo teórico</i>	43
3	MÉTODO DE ESTUDO	47
4	ESTUDO DE CASO	51
4.1	A empresa	51
4.2	O entrevistado.....	52
4.3	A entrevista	52
4.4	Estudo de casos.....	56
4.4.1	Caso 1	56
4.4.2	Caso 2	62
5	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	69
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Na era da globalização, a indústria vem adotando novas e diversificadas ferramentas e técnicas para a produção de bens visando garantir a qualidade, o tempo de entrega, a sustentabilidade, o baixo custo e até mesmo um maior desempenho organizacional em um cenário de competição cada vez mais acirrada.

A metodologia *Six Sigma* está frequentemente voltada à qualidade e é destinada a reduzir a variação de processos. Por outro lado, a *Lean Manufacturing* é tida como uma filosofia operacional, que busca eliminar perdas em todas dimensões cabíveis. Ambos são meios de melhoria que podem ser muito eficientes na redução de custos e no aumento de produtividade, inclusive quando aplicados em conjunto.

Produzir mais, com maior qualidade e menor uso de recursos é uma busca de toda empresa classe mundial. As metodologias de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing* ou LM) e Seis Sigma (*Six Sigma* ou SS) apresentam conjuntos de técnicas e ferramentas que vem modificando sistemas de produção e relacionamentos com os fornecedores e clientes (WOMACK; JONES; ROOS, 1990, ANTONY; BANUELAS, 2002) de forma consistente para que as organizações possam se tornar mais competitivas em mercados cada vez mais globalizados.

Segundo Antony, Escamilla e Caine (2003), a *Lean* oferece um conjunto de soluções para redução da *Muda* (desperdício) e de atividades que não agregam valor por toda a cadeia enquanto a SS pode levar a empresa a um nível superior de capacidade. Esta não se atenta diretamente à velocidade do processo, por isso empresas que aplicam a *Six Sigma* isoladamente não veem redução no *lead time* e tem pouca diminuição do *Work in Process* (WIP) e no giro de estoque. Ao mesmo tempo, companhias engajadas somente na LM mostram limitadas melhorias em toda a organização. Entretanto, existe consonância entre as metodologias, pois ambas possuem foco no cliente e a redução de custos como bandeiras. Assim, uma organização pode iniciar suas melhorias com a utilização de básicos do *Lean Manufacturing* como os 5 S, o Trabalho Padrão (TP) e a manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance* ou TPM) e então, após a eliminação de grande parte dos ruídos dos

processos, atuar com soluções *Six Sigma* nos problemas crônicos (ANTONY; ESCAMILLA; CAINE, 2003).

De acordo com Ha (2007), algumas empresas que adotaram as metodologias LM e SS por motivos distintos em iniciativas independentes tem buscado uma abordagem integrativa chamada de *Lean Six Sigma* (LSS), que pode levar a resultados melhores (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; MIYAKE; RAMOS, 2007). Segundo Werkema (2006), a LM não tem um programa de melhoria estruturado e profundo em questão de solução de problemas e uso de ferramentas estatísticas, o que pode ser complementado pela SS, que por sua vez não tem foco na melhoria da velocidade dos processos e na redução do *lead time*, aspectos em destaque na LM.

Apesar da aparente coerência conceitual e da abordagem mais abrangente, a integração das metodologias LM e SS tem poucos relatos de efetiva implementação, como os da *Landscape Structures e Heatcraft* (SMITH, 2003), o que sugere que podem estar envolvidos processos de intervenção de significativa complexidade. No ambiente empresarial, podem existir obstáculos de natureza política, organizacional e até pessoal para a consolidação da junção LSS (SMITH, 2003).

A aplicação de um novo tratamento com a LSS hoje já se dá em diversas áreas como administração e serviços (GEORGE, 2003, SU; CHIANG; CHANG, 2006, KONING et al., 2008) e logística (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005) apesar de ser uma metodologia desenvolvida para empresas de manufatura. Na presente pesquisa optou-se por manter o estudo em processos produtivos, pois outras adaptações requerem considerações relativas, mas não restritas, às peculiaridades das próprias áreas.

O desenvolvimento das metodologias LM e SS foi feito em corporações específicas, na Toyota e na Motorola respectivamente. Por isso, deseja-se que a pesquisa seja guiada pelas seguintes questões:

1. Como as metodologias LM e SS são empregadas na indústria brasileira?
2. Quais ferramentas e técnicas são mais utilizadas?
3. Quais são os resultados obtidos? Eles se encontram dentro do esperado?

1.2 Objetivos e resultados esperados

O objetivo principal da presente pesquisa é estudar e conhecer o uso das metodologias de melhoria contínua *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* na indústria brasileira.

Como objetivo secundário, esperou-se poder explorar situações específicas de aplicação de LM e SS e compreender suas motivações, justificativas e desfechos.

Através do resultado, desejou-se obter um maior entendimento das ferramentas e das técnicas utilizadas no Brasil, possivelmente abrangendo diferenças com a teoria encontrada na literatura, limitações e vantagens. Também desejou-se que o trabalho pudesse motivar pessoas e essa área do conhecimento, contribuindo para a difusão do assunto.

1.3 Justificativa

A pesquisa aqui tratada volta-se para um tema em destaque no campo científico. Seja em tempos de crise ou de desenvolvimento econômico, atender as necessidades de clientes (finais ou intermediários) é um desejo de qualquer empresa, por isso o emprego de técnicas e ferramentas com esse intuito geralmente é atrativo (HAMMER, 2002). Entender como funcionam esses mecanismos de melhoria é parte fundamental na obtenção de benefícios tanto à sociedade quanto ao meio científico. Assim, espera-se que o trabalho apresentado seja mais uma referência sobre o tema, contribuindo de forma cumulativa para a geração de conhecimento.

1.4 Estrutura do texto

O trabalho está organizado em capítulos, sendo que esse, o primeiro, é relativo à introdução do tema e elucidação dos objetivos da pesquisa. Em seguida o capítulo 2 faz um referencial teórico para o tema e apresenta a construção de um *framework*.

Logo após, no capítulo 3, há a descrição do método de estudo. Na sequência encontra-se o capítulo 4 que aborda o levantamento realizado no estudo de caso.

Nos capítulos 5 e 6 são elaboradas a discussão dos resultados observados e a conclusão do trabalho, respectivamente.

Por fim, o último capítulo, número 7, mostra as referências utilizadas na pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama geral

A metodologia de Manufatura Enxuta, muitas vezes chamada de Sistema Toyota de Produção, é uma abordagem cujo principal objetivo é reduzir o *lead time* (tempo decorrente entre o pedido do cliente e a entrega do produto) através da eliminação dos sete tipos de desperdícios (superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimento e defeitos) (WOMACK; JONES, 2004).

A metodologia Seis Sigma, em inglês *Six Sigma*, trata-se de um conjunto de práticas desenvolvidas para melhorar processos através da redução de defeitos com passo-a-passo estruturado, tratamento estatístico das informações e ataque à causa raiz do problema (HOERL, 1988). Posteriormente, passou a ser definida por algumas empresas como estratégia gerencial.

Estabelece-se que neste trabalho foi tratado por “produto” todo bem físico, serviço ou mesmo conjunto de atributos, tangíveis ou intangíveis, entregue a um cliente para satisfazer ao menos uma de suas necessidades ou anseios e por “produção” todas as atividades necessárias para criar e fornecer tal “produto”.

2.2 *Lean Manufacturing*

A Produção Enxuta, Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* (LM) é um conjunto de práticas desenvolvido pela Toyota, atualmente a maior vendedora de veículos automotivos do mundo (*The New York Times*) que se tornou amplamente conhecido na década de 1980 quando um estudo liderado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) comparou as principais atribuições das empresas líderes da cadeia automotiva (WOMACK; JONES; ROOS, 1990). Tanto na produção quanto na gestão, no desenvolvimento de projetos e no relacionamento com o consumidor, as empresas que utilizavam as ferramentas de LM destacam-se na competitividade.

Duas figuras distinguem-se na criação e construção dos princípios da *Lean Manufacturing*. São eles Shigeo Shingo e Taiichi Ohno e suas obras *O Sistema Toyota de Produção – Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*, *Sistema de Produção com Estoque Zero – O Sistema Shingo de Melhorias Contínuas* e *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas – Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*, do primeiro, e *Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*, do segundo, tornaram-se referências internacionais (LIKER, 2005).

Taiichi Ohno é considerado o pai do Sistema Toyota de Produção (STP) e idealizador dos sete desperdícios, além do *Kanban*. Ingressou no grupo Toyota em 1932 onde cresceu até tornar-se um alto executivo. Shigeo Shingo desenvolveu métodos como o de troca rápida ou, como é mais conhecido, *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e o sistema a prova de erros (*Poka Yoke*) e trabalhou juntamente com Ohno para criar técnicas para possibilitar a produção puxada, atuando na Toyota a partir de 1969 (OHNO, 1997).

O ponto central da LM é diminuir o *lead time*, tempo entre pedido do cliente e entrega do produto, eliminando desperdícios. Para isso, deve-se identificar as ações que agregam valor do ponto de vista do cliente, interligar as etapas de produção de acordo com o fluxo de valor e operar o fluxo conforme a demanda.

Para ilustrar, pode-se dizer que a manufatura tradicional produz através de ordens de serviços e previsões de demanda, por isso é chamada de produção empurrada (*push*). Também mantém estoques para amortecer variações de mercado, tem equipamentos com baixa flexibilidade devido a longos tempos de *setup* (preparação de maquinário anterior a produção ou troca de tipo de produto) e tem manutenções principalmente corretivas. Enquanto em uma empresa com a LM consolidada, a produção é puxada pela demanda (*pull*), os estoques mínimos evidenciam os problemas da produção e os equipamentos são flexíveis devido às trocas rápidas e trabalham em margens de confiabilidade de operação.

Entretanto, os sete desperdícios fazem parte apenas de um dos chamados 3 Ms (Figura 2.1). A *Muda* (perda), segundo Womack e Jones (2004), é composta por:

- Superprodução: produtos fabricados além das necessidades do cliente, quando não há demanda momentânea no mercado, ou seja, acima do *Takt Time* (TT), o ritmo de produção adequado;
- Espera (tempo sem trabalho): gargalo causado quando um funcionário precisa esperar por algum tipo de material ou informação para dar continuidade à agregação de valor;

- Transporte ou movimentação desnecessária: movimentação de produtos semi-acabados (WIP) ou acabados entre processos ou para estoques;
- Superprocessamento ou processamento inapropriado: etapas incorretas ou ineficientes no processamento do produto, que não agregam valor, produzem defeitos ou ainda entregam qualidade superior à necessária;
- Excesso de estoque: conservação de matéria-prima, WIP ou produto acabado em estoques, o que requer áreas de ocupação e manutenção dos itens e pode causar obsolescência e danos;
- Movimento desnecessário: deslocamento irrelevante de funcionários, por exemplo para procurar peças, ferramentas ou documentos;
- Defeitos: produtos que não atendem às características de qualidade e carecem descarte, retrabalho ou inspeção.

Figura 2.1 – Os 3 Ms da Toyota. Fonte: Liker (2005).

Alguns autores como Liker (2005) e Womack e Jones (2004) incluem um oitavo desperdício à lista; o desperdício de criatividade (perda de tempo, conhecimento, ocasião de aprendizagem ou projeto de produto que não atende ao cliente).

As outras duas esferas de má utilização dos recursos são sobrecarga e desnívelamento. *Muri* (sobrecarga) é, em alguns aspectos, o oposto da *Muda*; é trabalhar com pessoas e equipamentos além de seus limites naturais, o que pode acarretar em problemas de

segurança e qualidade para os funcionários e interrupções e defeitos para o maquinário. *Mura* (desnívelamento) é a oscilação entre excesso e falta de trabalho, causando produção irregular e consequentemente paralisações, falta de peças e defeitos. A *Mura* significa que os recursos (materiais, equipamentos e pessoas) estão superdimensionados, já que é preciso responder às flutuações no nível da produção (LIKER, 2005).

As práticas mais utilizadas em LM são Cinco Esses (5 S), *Poka Yoke* (PY), Manufatura de Fluxo Contínuo (MFC), Trabalho Padrão (TP), *Kanban* e *Just in Time* (JIT), Troca Rápida (TR) ou *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e manutenção produtiva total ou *Total Productive Maintenance* (TPM).

Os 5 S visam estabelecer a disciplina e racionalização do trabalho, sendo eles *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de ordenação), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiketsu* (senso de saúde) e *Shitsuke* (senso de autodisciplina) (RIBEIRO, 2006). O PY é um sistema a prova de erros, seja físico ou não, que visa interromper a produção caso haja um defeito ou mesmo evitar que ele aconteça (SILVA et al., 2011).

A MFC busca a melhor ordenação dos processos conforme seu fluxo de valor, evitando movimentações desnecessárias de peças e formação de estoques (SILVA et al., 2011). O TP trata-se de uma combinação de recursos (operadores, máquinas, ferramentas e instrumentos de medição) que assegure que uma tarefa será desempenhada sempre da mesma maneira (PERIN, 2005). *Kanban* é um sistema para tornar a produção puxada pelos processos anteriores, funcionando como um “supermercado” onde o cliente retira o que é necessário e o produtor repõe o que foi retirado (SILVA et al., 2011) e adequa-se no sistema de administração da produção JIT.

A TR é uma análise do *setup* de um procedimento que objetiva reduzir o tempo de preparação, atribuindo atividades externas a colaboradores externos, transformando atividades internas em externas e diminuindo o tempo gasto nas atividades internas (SHINGO, 1985). Por fim, a TPM melhora a efetividade (eficiência e eficácia) na utilização dos equipamentos, valendo-se principalmente da manutenção autônoma e da manutenção planejada (NAKAJIMA, 1989).

O Sistema Toyota de Produção vai além da manufatura de carros e também não pode ser estendido à todas indústrias da cadeia automobilísticas do Japão. É uma forma de gestão de negócio apoiada em dois pilares: melhoria contínua e respeito pelas pessoas (ANVARI; ISMAIL; HOJJATI, 2011) (Figura 2.2). Taiichi Ohno conta que, em uma discussão com Fujio Cho (que viria a ser o líder da *Toyota Motor Corporation*) sobre as origens do STP, [o que

hoje conhecemos por *Lean*] é um fenômeno de fabricação que busca “maximizar o esforço de trabalho do recurso número um de uma companhia: as pessoas” (ANVARI; ISMAIL; HOJJATI, 2011). Liker (2005) apresenta, de forma clara e abrangente, conceitual e praticamente, os princípios que guiam esta maneira de administrar a empresa.

Figura 2.2 – Sustentação dos valores da Toyota. Adaptado de *Our people*, Toyota Motor Europe Corporate Site.

Os 14 princípios descritos por Liker (2005) estão organizados em quatro categorias, identificadas como os “4 Ps” da Toyota, mostradas na Figura 2.3. A primeira, filosofia (*philosophy*), que contém unicamente o Princípio 1, é chamada de “Filosofia de Longo Prazo”. A segunda, processo (*process*), com os Princípios de 2 a 8, leva o nome de “O Processo Certo Produzirá os Resultados Certos”. A terceira categoria, funcionários e parceiros (*people & partners*), com os Princípios 9, 10 e 11, chama-se “Valorização da Organização Através do Desenvolvimento de seus Funcionários e Parceiros”. E a quarta e última categoria, solução de problemas (*problem solving*), tem o nome “A Solução Contínua de Problemas na Origem Estimula a Aprendizagem Organizacional” e carrega os Princípios 12, 13 e 14.

O primeiro dos Princípios mostra a visão de futuro e o comprometimento na construção de um negócio sólido do modelo gerido pela Toyota. Este princípio tem o nome “Basear as Decisões Administrativas em uma Filosofia de Longo Prazo, Mesmo que em Detrimento de Metas Financeiras de Curto Prazo” que já representa a ideia de empenho com relação a fornecer valor ao cliente e à sociedade. A principal visão aqui é a consistência da organização em adaptar-se às mudanças externas, reconhecendo seu lugar na história e

sabendo que é possível ser lucrativa fazendo o que é certo, sem que escolhas administrativas passem por cima da confiança e do respeito para com seus empregados e a coletividade.

Figura 2.3 – Categorias do Modelo Toyota (*Toyota Way*). Fonte: Liker (2005).

O Princípio 2, “Criar um Fluxo de Processo Contínuo para Trazer os Problemas à Tona”, traz o fluxo ao patamar de ponto chave para a obtenção de maior qualidade e menor custo. Ao montar o fluxo de processo contínuo é possível evidenciar os desperdícios, como espera e estoque em uma situação onde uma etapa é executada mais lentamente ou rapidamente que outra e então age-se para solucionar os mesmos. Entre os benefícios do fluxo encontram-se aumento da qualidade, da produtividade, da segurança, flexibilidade real, liberação de espaço, estímulo do moral e redução de custo do estoque. É neste Princípio também que se inicia a ideia de que resultados são consequência da criação dos processos certos.

O Princípio 3 nomeado de “Usar Sistemas ‘Puxados’ para Evitar a Superprodução” remete à redução e eventual eliminação do desperdício de superprodução. O tradicional planejamento de produção baseado em previsões de mercado quase nunca é acurado, o que provoca excesso de produtos prontos no estoque, seja devido a uma demanda inferior (acúmulo da produção do período) ou superior (porção criada anteriormente para amortecer as oscilações) à esperada. Quando não é possível aplicar o fluxo contínuo de produto, seja devido a tempos de ciclo desproporcionais ou impossibilidade de movimentação unitária de

peça, deve-se montar um *Kanban*, isto é, um pequeno “armazém” entre operações para controlar o estoque, uma vez que a produção apenas será iniciada se o processo anterior requerer, garantindo a “puxada” do cliente.

“Nivelar a Carga de Trabalho (*Heijunka*)” é o Princípio 4 descrito por Liker (2005). O *Heijunka* é o nivelamento da carga de trabalho, tanto em variedade de produto quanto em quantidade, instrumento de redução da *muri* e da *mura*, ambas igualmente indesejáveis como os sete desperdícios pertencentes à *muda*. Por exemplo, não há necessidade de trabalhar em demasia por certo período e depois subutilizar os recursos disponíveis. Produzir de modo mais equilibrado passa pela redução de tempo de preparação do maquinário e outros elementos, por isso é imprescindível o uso da TR para atingir o SMED.

O Princípio 5, “Construir uma Cultura de Parar e Resolver Problemas para obter a Qualidade Desejada Logo na Primeira Tentativa”, dialoga em sequência com o Princípio 2 citado anteriormente. Resolver os problemas que aparecem na hora em que surgem e atacando a causa raiz é como se assegura que eles não voltem a ocorrer, o que fornece real qualidade a todos os produtos seguintes, pois “o aumento da qualidade é um princípio, não uma tecnologia” (LIKER, 2005). Para isso, por exemplo, são utilizados PY, *Jidoka* (automação) e *Andon* (sinal de luz para pedir ajuda): *Jidoka* trata-se de um equipamento dotado de destreza suficiente para identificar um problema e parar automaticamente e *Andon* é um sistema acionado por pessoas que anuncia que um problema foi detectado e é preciso ajuda para resolvê-lo; quando um destes é ativado, entra em cena a equipe e seu líder para solucionar a questão, podendo indagar os “5 porquês” (perguntar “por quê?” ao menos cinco vezes para superar o sintoma e atingir a causa raiz) e resolver o problema, aplicando um PY para que não se repita caso seja conveniente. Um exemplo de emprego dos “5 porquês” é mostrado na Figura 2.4.

O sexto Princípio visa asseverar que as atividades devem estar padronizadas para que haja possibilidade de melhoria. Supondo que não houvesse padrão na maneira de executar, qualquer modificação para aumentar a eficácia da tarefa seria apenas uma variação ocasional (IMAI, 1986). O nome “Tarefas Padronizadas são a Base da Melhoria Contínua e da Capacitação dos Funcionários” representa a percepção de que o TP é um facilitador do acréscimo de qualidade. É importante salientar que o padrão não é imutável, mas deve ser seguido à risca até que uma nova (e melhor) rotina seja formada, responsabilidade atribuída ao próprio executor, característica habilitadora do STP.

Nível do problema	Nível correspondente de solução
Há uma poça de óleo no chão da fábrica	Limpar o óleo
Porque a máquina está vazando	Consertar a máquina
Porque a vedação está gasta	Substituir a vedação
Porque compramos vedações de material inferior	Mudar as especificações das vedações
Porque conseguimos um bom negócio (preço) com essas vedações	Mudar as políticas de compra
Porque o agente de compras é avaliado segundo a economia de custos a curto prazo	Mudar a política de avaliação dos agentes de compras

Figura 2.4 – Questionamento dos “5 porquês” para um problema. Fonte: Liker (2005).

“Usar Controle Visual para que Nenhum Problema Fique Oculto” é o nome do Princípio 7 e significa criar e usar sistemas de controle simples e visuais para mostrar os problemas da produção. Fujio Cho conta que Taiichi Ohno reclamava quando olhava para um processo e não conseguia dizer se havia um problema (LIKER, 2005). A ferramenta que possivelmente mais ajude a revelar os problemas é os 5 S, já que ajuda a retirar o “ruído” do chão de fábrica permitindo que se enxergue os problemas mais óbvios. Também ajudam a cumprir este Princípio o *Andon*, o *Kanban*, o quadro de controle e o PY visuais.

O Princípio 8 chama-se “Usar Somente Tecnologia Confiável e Plenamente Testada que Atenda aos Funcionários e Processos”. Ele descreve o senso da Toyota em relação à tecnologia, que é o papel de suporte da mesma, ou seja, ela deve auxiliar às pessoas, que são os verdadeiros solucionadores de problemas. A tecnologia é extensivamente testada e colocada à prova e, quando aprovada, implementada rapidamente, conforme será visto no Princípio 13.

O Princípio 9 inicia a terceira categoria, em que se valoriza os funcionários e os parceiros de negócio para o crescimento da empresa. Ele é nomeado “Desenvolver Líderes que Compreendam Completamente o Trabalho, Vivam a Filosofia e a Ensinem a Outros” e mostra intuito no desenvolvimento dos líderes dentro da própria organização, assim eles poderão conhecer profundamente a filosofia empresarial e, mais que isso, vivê-la e transmiti-la aos demais.

O Princípio 10, “Desenvolver Pessoas e Equipes Excepcionais que Sigam a Filosofia da Empresa”, exhibe a importância dada aos grupos e equipes de trabalho e sua motivação. Nos

times, o membro de equipe (equivalente ao operário tradicional) tem a função de realizar o TP, cuidar da manutenção rotineira dos equipamentos e dos 5 S e apoiar o solucionamento de problemas, o líder de equipe (cargo intermediário, geralmente inexistente em outras indústrias) tem o papel de verificar a qualidade, treinar funcionários e substituir os ausentes, atender aos chamados *Andon* e dar continuidade aos projetos de melhoria contínua e, por fim, o líder de grupo (posição equivalente a do supervisor) executa o monitoramento e o planejamento da produção, das grandes manutenções e dos turnos de trabalho, treina líderes de equipe e substitui os ausentes, estimula o moral do time e trabalha em projetos de melhoria de processos. Liker (2005) afirma que todas as teorias sobre motivação encaixam-se na Toyota: a motivação interna, ligada às necessidades básicas do ser humano como sobrevivência e segurança, é estimulada pela segurança no emprego, boa remuneração e programas de ergonomia, entre outras ações e, a motivação externa, relacionada à recompensas, punições e metas, é instigada pelo envolvimento do funcionário nos processos e desenvolvimento pessoal e profissional do mesmo, avaliações contínuas e estabelecimento de metas claras, possíveis e mensuráveis.

O décimo primeiro Princípio, chamado “Respeitar sua Rede de Parceiros e de Fornecedores, Desafiando-os e Ajudando-os a Melhorar”, reproduz a ideia de que os parceiros e fornecedores são uma extensão da empresa. O crescimento da companhia deve ser acompanhado pelo crescimento dos parceiros, os quais são estimulados com metas e ajudados a atingi-las, em questões de qualidade, confiabilidade e inovação.

No Princípio 12, “Ver por si Mesmo para Compreender Completamente a Situação (*Genchi Genbutsu*)”, encabeça a última categoria, voltada ao solucionamento constante de problemas através da atuação na causa raiz. *Genchi Genbutsu* trata-se de um conceito de que é preciso estar no local onde as transformações acontecem (*Genba*) para ver por si mesmo determinada situação e compreendê-la. Isso vai além de observar a linha de produção, consiste em formar funcionários e administradores que compreendem profundamente o fluxo, a agregação de valor e o trabalho padronizado. Este Princípio está ligado a resolução de problema do quinto Princípio: uma anomalia é detectada em certo ponto da produção, a linha é parada para que a equipe possa entender a questão, um líder é chamado para participar da discussão (*Genchi Genbutsu*), os “5 porquês” são utilizados e a causa raiz do problema encontrada, possibilidades de resolução são debatidas e só então a melhor é aplicada.

O Princípio 13, “Tomar Decisões Lentamente por Consenso, Considerando Completamente Todas as Opções; Implantá-las com Rapidez”, mostra como são feitos os debates sobre mudanças. O processo de decisão é feito através do consenso, em uma reunião

com objetivos claros e pessoas certas: todas as alternativas são investigadas e contestadas e, então, o grupo opta pelo desfecho mais adequado, então todos os esforços voltam-se para a mais rápida implantação possível da deliberação, uma sucessão sistemática de eventos chamada *Nemawashi*. Na Toyota, tão importante quanto a qualidade da decisão é a forma como se chega a ela.

Por fim, o Princípio 14 é nomeado “Tornar-se uma Organização de Aprendizagem pela Reflexão Incansável (*Hansei*) e pela Melhoria Contínua (*Kaizen*)”. Ele propaga que a reflexão (*Hansei*) deve ser utilizada em atividades-chave e, ao terminar o projeto, é preciso identificar as dificuldades na execução, desenvolver soluções para que o mesmo não se repita e documentar tudo. O Princípio difunde também que é fundamental criar processos que não exijam estoques, padronizar as melhores práticas em todas as esferas da organização e usar ferramentas de melhoria contínua (*Kaizen*) nos processos estáveis.

Um resumo dos 14 princípios é exposto na Quadro 1.

Segundo Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto, antídoto para o desperdício, é uma forma de fazer mais despendendo menos, tornando o trabalho mais satisfatório. De acordo com os autores, é preciso seguir cinco passos (Figura 2.5) para implementar as técnicas enxutas e, além disso, culminar no empreendimento enxuto (*lean enterprise*).

Os cinco passos objetivam identificar e entender o que realmente leva valor ao cliente e realizar as atividades com menor desperdício, sempre observando oportunidades de melhorias (WOMACK; JONES, 2004).

1. Especificar o valor: o valor é definido pelo cliente e criado pelo produtor. O pensamento enxuto deve definir precisa e especificamente o que é valor com relação a produto, capacidade, preço e cliente;
2. Identificar o fluxo de valor: o fluxo de valor é o conjunto de ações específicas necessárias para levar um produto a passar pelas três atividades gerenciais críticas (solução de problema, gerenciamento da informação e transformação física) e, quando identificado, é possível classificar as atividades em três grupos: as etapas que agregam valor, as que não agregam mas são necessárias para a produção (desperdício tipo 1) e as etapas que não agregam valor e não são inevitáveis para a produção (desperdício tipo 2);
3. Criar fluxo: o fluxo contínuo ataca diretamente vários desperdícios (espera, transporte, estoque e movimento) e indiretamente os demais, uma vez que

proporciona à criação de valor um sequenciamento suave do produto até o cliente;

Quadro 1 – Compêndio dos 14 Princípios. Fonte: elaborada pelo autor.

Categoria	Princípio	Nome do Princípio	Conceitos	Ferramentas e técnicas
I - Filosofia Filosofia de Longo Prazo	1	Basear as Decisões Administrativas em uma Filosofia de Longo Prazo, Mesmo que em Detrimento de Metas Financeiras de Curto Prazo	*Construção de um negócio sólido *Respeito aos empregados e à comunidade *Constância de propósito	-
II - Processo O Processo Certo Produzirá os Resultados Certos	2	Criar um Fluxo de Processo Contínuo para Trazer os Problemas à Tona	*Criação de fluxo unitário *Revelação de problemas	<i>Takt Time</i>
	3	Usar Sistemas 'Puxados' para Evitar a Superprodução	*Produção 'puxada' *Eliminação de estoque	<i>Just in Time</i> <i>Kanban</i>
	4	Nivelar a Carga de Trabalho (<i>Heijunka</i>)	*Sobrecarga de pessoas e equipamentos *Mura desnivelamento da produção	<i>Heijunka</i> Trabalho Padrão SMED
	5	Construir uma Cultura de Parar e Resolver Problemas para obter a Qualidade Desejada Logo na Primeira Tentativa	*Resolução de problema na causa raiz *Autonomia *Empoderamento dos membros de equipe	<i>Poka Yoke</i> <i>Andon</i> <i>Jidoka</i> 5 porquês
	6	Tarefas Padronizadas são a Base da Melhoria Contínua e da Capacitação dos Funcionários	*TP favorecedor da qualidade *Desenvolvimento continuado de padrões melhores	Trabalho Padrão <i>Kaizen</i>
	7	Usar Controle Visual para que Nenhum Problema Fique Oculto	*Limpeza e organização *Disposição de informação de fácil acesso	5S <i>Andon</i> <i>Kanban</i> <i>Poka Yoke</i>
	8	Usar Somente Tecnologia Confiável e Plenamente Testada que Atenda aos Funcionários e Processos	*Papel suporte da tecnologia *Extensivo planejamento *Rápida implantação	<i>Andon</i> <i>Jidoka</i> <i>Nemawashi</i>
III - Funcionários e parceiros Valorização da Organização Através do Desenvolvimento de seus Funcionários e Parceiros	9	Desenvolver Líderes que Compreendam Completamente o Trabalho, Vivam a Filosofia e a Ensinem a Outros	*Desenvolvimento de liderança na empresa *Conhecimento enraizado da filosofia	<i>Nemawashi</i> <i>Kaizen</i>
	10	Desenvolver Pessoas e Equipes Excepcionais que Sigam a Filosofia da Empresa	*Excelência no trabalho individual *Eficiência no trabalho em equipe *Resolução de problema no <i>guenba</i>	<i>Nemawashi</i> <i>Kaizen</i>
	11	Respeitar sua Rede de Parceiros e de Fornecedores, Desafiando-os e Ajudando-os a Melhorar	*Prolongamento da empresa aos fornecedores *Respeito aos empregados *Benefício mútuo entre parceiros	<i>Kaizen</i>
IV - Solução de problemas A Solução Contínua de Problemas na Origem Estimula a Aprendizagem Organizacional	12	Ver por si Mesmo para Compreender Completamente a Situação (<i>Genchi Genbutsu</i>)	*Imprescindibilidade de ir ao <i>Guenba</i> *Ampla observação do processo	<i>Genchi Genbutsu</i> 5 porquês
	13	Tomar Decisões Lentamente por Consenso, Considerando Completamente Todas as Opções; Implantá-las com Rapidez	*Vasto varredura das alternativas *Anuência entre pessoas *Ágil implementação	<i>Nemawashi</i>
	14	Tornar-se uma Organização de Aprendizagem pela Reflexão Incansável (<i>Hansei</i>) e pela Melhoria Contínua (<i>Kaizen</i>)	*Responsabilidade e auto-reflexão *Aprendizagem organizacional de longo prazo	5 porquês <i>Hansei</i> <i>Kaizen</i>

4. Puxar: o conceito de puxar a produção significa produzir o que o cliente requer, na quantidade e momento exatos, ou seja, permitir que ele puxe os

produtos da empresa, ao invés de tê-los empurrados sobre si, o que muitas vezes é indesejado;

5. Buscar a perfeição: a busca da perfeição encaixa-se na interação do “círculo poderoso” dos passos, haja visto que fazer com que o valor flua mais rápido revela desperdícios ocultos no fluxo, por isso não se trata de um objetivo inalcançável, mas sim em uma mentalidade de sempre fazer melhor.

Figura 2.5 – Processo de pensamento de cinco passos para orientar a implementação das técnicas enxutas. Adaptado de Lean Enterprise Institute.

Frequentemente, na manufatura tradicional, é visado o aumento da produtividade considerando somente as etapas que agregam valor ao produto, sem notar que elas representam apenas cerca de 5% do tempo total das atividades. O desperdício tipo 2 retrata aproximadamente 60% do tempo, algo que realmente deveria ser evitado. A Figura 2.6 exhibe a distribuição de tempo com relação às atividades na manufatura para empresas de classe mundial (*World Class Manufacturing*) (HINES; TAYLOR, 2000).

Figura 2.6 – Distribuição de tempo nas atividades de manufatura. Fonte: elaborado pelo autor segundo Hines e Taylor (2000).

A metodologia LM atua em todos os tipos de atividades, otimizando aquelas que agregam valor ao produto e reduzindo ou eliminando aquelas que não agregam valor (WOMACK; JONES, 2004). Justamente pela enormidade dos desperdícios, os grandes ganhos vem das iniciativas sobre as etapas que não agregam valor do ponto de vista do cliente.

Segundo Silva et al. (2011), outros pontos relevantes das práticas de LM nas empresas de manufatura foram o trabalho em equipe (*teamwork*), multifuncionalidade, estrutura descentralizada, remoção de gargalos, produção nivelada e racionalização ou capacitação da base de fornecedores. Os eventos *Kaizen* são a forma mais efetiva para a implementação da LM, tendo seus resultados acompanhados por meio de controles visuais com o princípio de gestão à vista (LARAIA; MOODY; HALL, 1999).

2.3 Six Sigma

A metodologia Seis Sigma ou *Six Sigma* (SS) trata-se de um procedimento estruturado para redução de tempo de ciclo, redução drástica de defeitos e satisfação do cliente. Desenvolvido na Motorola no início na década de 1980, foi disparado por fatos como o início da produção em massa de componentes eletrônicos, a abertura de mercados e a entrada de competidores japoneses e a entrada dos mesmos no mercado americano (RAISINGHANI et al., 2005). Surgiu como programa para redução de custos e aumento da competitividade, sendo amplamente utilizada na *General Eletric* (GE) na década de 1990. Empresas como *Texas Instruments*, *Allied Signal*, Kodak e Sony também relataram grandes economias em projetos *Six Sigma* (TÁVORA, 2009).

Além da SS, outras iniciativas de qualidade foram concebidas com as mesmas motivações. Entre elas estão os Círculos de Qualidade (*Honeywell* e *Fairchild Eletronics*) e o *Total Quality Management* (TQM) (*Boeing* e *Bell Telephone*) (RAISINGHANI et al., 2005).

O objetivo da estratégia pode ser resumido ao seguinte mote: conseguir praticamente zero erro em todos os processos da empresa. A aplicação de ferramentas estatísticas pode levar a diminuição intensa da variabilidade, atingindo um nível de 6σ de uma distribuição normal, o que significa apenas 3,4 erros a cada milhão de repetições. De acordo com Hoerl (1998), o fundamento por trás da filosofia *Six Sigma* é a contínua redução da variação e o objetivo é a eliminação de defeitos ou falhas.

Esta pesquisa se restringiu à metodologia destinada a processos em funcionamento, a DMAIC (*define, measure, analyze, improve* e *control*). Existe também o sequenciamento DMADV (*define, measure, analyze, design* e *verify*) que se aplica ao desenvolvimento de novos projetos e processos, que não será abordado (Figura 2.7).

Um projeto SS tem cinco fases, cada um corresponde a uma letra na sigla DMAIC. Em primeiro lugar, vem a fase de definição (*define*) do problema que será estudado e em seguida a fase de medição (*measure*) em que são testados os equipamentos de medida e escolhidos os parâmetros de avaliação. A terceira fase consiste em analisar (*analyze*) a situação para alcançar as causas raízes dos defeitos ou erros, enquanto na quarta fase melhora-se (*improve*) o processo de forma definitiva e, por fim, na quinta fase são determinadas as práticas para controlar (*control*) e manter as mudanças implementadas.

Figura 2.7 (a) e (b) – Ciclos SS. Adaptados de What is DMAIC? Six Sigma Daily.

As ferramentas e técnicas características da SS são *Thought Process Map* (TMAP), SIPOC, mapeamento do processo ou *Process Mapping* (PMAP), índices de capacidade do processo ou *capability process indexes* (C_p e C_{pk}), diagrama de causa e efeito ou diagrama “espinha de peixe” ou ainda diagrama de Ishikawa, “5 porquês”, análise do modo e efeito de falha ou *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) e delineamento dos experimentos ou *Design of Experiment* (DOE).

O TMAP é um documento que contém questões sobre o projeto, entradas necessárias e ações tomadas para respondê-las e as próprias respostas das questões, funcionando para manter o foco no objetivo, ajudar a comunicação do time e economizar tempo. SIPOC, sigla de *Supplier, Input, Process, Output, Customer*, atenta às necessidades do cliente, evidenciando as relações internas e os limites do projeto. O mapeamento do processo, dito “coração do projeto”, elenca uma série de atividades que se transformam de entradas para saídas, contendo tolerâncias e especificações, expectativas dos clientes, fornecedores e subprocessos. A capacidade de um processo é a capacidade do mesmo em atender a seus requisitos, isto é, trata-se da relação entre quão espalhada é a distribuição normal do recurso e quão estreita são os requisitos do cliente.

O diagrama de causa e efeito relaciona um problema com suas possíveis causas utilizando geralmente os 6 Ms (máquina, método, meio ambiente, medição, mão de obra e material) e provê temas para discussões. O FMEA é criado sistematicamente do PMAP para dirigir o projeto a poucos *inputs* críticos e visa associar e avaliar cada causa potencial do problema e seus modos de falha. O *Design of Experiment* fundamenta-se em tratamento

estatístico para, com alterações deliberadas e sistemáticas nas variáveis de entrada do processo, identificar, verificar e otimizar sua influência nas saídas.

Para o sucesso dos projetos alguns fatores são necessários. A formação de profissionais capazes é o primeiro e talvez mais óbvios deles, pois são pessoas que dirigem, executam e mantem as melhorias. O envolvimento da alta administração da organização também é um deles, uma vez que se pode necessitar de recursos materiais e disponibilidade de pessoal em diferentes atividades (ANTONY; BANUELAS, 2002, HENDERSON; EVANS, 2000). Outros pontos são foco no cliente, mudança cultural e organizacional orientadas para ultrapassar a resistência e educar seniores e medir o sucesso de forma financeira para facilitar a aceitação dos funcionários (TÁVORA, 2009)

2.4 *Lean Six Sigma (LSS)*

A criação e o desenvolvimento em diferentes ambientes empresariais, de países diferentes, das metodologias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, levou-as a possuir objetivos e motivações diferentes. Entretanto, tem-se estudado a união das ferramentas de cada uma, visando aumentar em maior proporção os ganhos ao invés de trabalhá-las separadamente (ANTONY; ESCAMILLA; CAINE, 2003, JING, 2009, PEPPER; SPEDDING, 2010). De acordo com Antony e Banuelas (2002), companhias que utilizarem a junção das duas metodologias, ganharão maiores benefícios em se tornar mais rápidas e responsivas com relação a seus clientes, empenhar-se para atingir o SS em nível de capacidade, operar no menores custos da má qualidade e atingir maior flexibilidade em geral no negócio.

Quatro pontos de cunho administrativo são encontrados na literatura que tratam da integração para promoção da LSS (SILVA et al., 2011). Eles estão listados a seguir:

- Organização: não manutenção de programas LM e SS independentes (GEORGE, 2002, JING, 2009, SNEE, 2010);
- Direcionamento: engajamento da liderança (GEORGE, 2002) através da criação de um único comitê diretivo (WHEAT; MILLS; CARNELL, 2003) e da designação de um diretor corporativo de LSS (GEORGE, 2002);

- Ambiente: valorização igualitária das metodologias SS e LM (GEORGE, 2002), promovendo a noção de que elas são complementares e não excludentes entre si (BENDELL, 2006);
- Método de melhoria: aproveitamento das qualidades mais especiais de cada metodologia (SHAH; CHANDRASEKARAN; LINDERMAN, 2008), como os princípios enxutos e o Mapa de Fluxo de Valor (MFV) da LM (SNEE, 2010) e a sequência DMAIC da SS (GEORGE, 2002, SNEE, 2010).

2.5 Modelo teórico

A partir da pesquisa bibliográfica, desenvolveu-se um modelo teórico próprio para aplicação de uma combinação de LM e SS. O modelo é formado por nove *constructs* envolvendo dados e material de ambos, iniciando-se mais fortemente com a Manufatura Enxuta, sendo complementado por Seis Sigma, contendo três grandes fases com três etapas cada. Abaixo segue a lista dos elementos formadores do modelo.

- **O Início**
 - Definição da **estratégia**: o primeiro passo é a definição de uma estratégia. Isso acontece na direção *top-down*, quando a alta administração opta por buscar alternativas às técnicas da manufatura tradicional (JONES; PARAST; ADAMS, 2010). Envolve uma avaliação inicial da organização para entender o desperdício de maneira geral. Assim, a direção da companhia consegue traçar as iniciativas que trarão as mudanças (ANAND; KODALI, 2010).
 - Definição de **valor**: o valor é determinado através do produto tido como crítico para a continuidade da empresa. É possível valer-se de ferramentas de tomada de decisão para avaliar os mais diversos fatores envolvidos, mas é preciso ter o cliente como foco (ANAND; KODALI, 2010).
 - Desenvolvimento da **cultura** (*mindset*): preparação da organização para a implementação, quando são anunciadas as iniciativas e a intenção da realização de uma produção mais enxuta (ANAND; KODALI, 2010). A liderança desempenha um papel importante nessa etapa para conseguir apoio às mudanças nos processos, com o uso de ampla comunicação com todos os

níveis e compartilhamento da informação (MOTWANI; KUMAR; ANTONY, 2004).

- **O Básico**

- Criação de **fluxo**: inicia-se com uma ferramenta de *housekeeping*, como os 5 S, para organizar o ambiente de trabalho e garantir limpeza e padronização necessárias e também pois trata-se de um elemento mais simples de se implementar. Depois vem a padronização do trabalho (TP) podendo ser seguida por *Andon* e *Jidoka*, visto que esses dois requerem algum treinamento para utilização (ANAND; KODALI, 2010).
- **Melhoria**: nessa etapa ocorre a maior introdução de elementos de melhoria. *Poka Yoke*, MFV e SMED são exemplos de ferramentas que alinham os conhecimentos e força de trabalho dos engenheiros e de demais colaboradores. É esperado que haja grande redução dos sete tipos de desperdícios e aumento de parâmetros como produtividade, flexibilidade e qualidade (ANAND; KODALI, 2010).
- Estabelecer a **puxada**: para determinar o ritmo de produção, o *Kanban* entra em cena nessa etapa. Garantir que o cliente (tanto final quanto de processo) dite a toada é um passo crucial para estabelecer a produção JIT (ANAND; KODALI, 2010).

- **O Aperfeiçoamento**

- Manutenção do **desempenho**: após a implementação das ferramentas anteriores, tornam-se mais acessíveis outros instrumentos de melhoria como TPM e SS (ANAND; KODALI, 2010). O comprometimento da liderança precisa continuar presente para monitorar o desempenho e a melhoria dos projetos, com a criação de índices pertinentes e o uso de ferramentas como DOE e FMEA (JONES; PARAST; ADAMS, 2010).
- **Expansão**: outras áreas da organização são buscadas nessa etapa, uma vez que provavelmente as melhorias anteriores estejam estabilizando-se (ANAND; KODALI, 2010). Áreas de pesquisa e desenvolvimento de produtos podem ser os novos alvos para utilizar a variação de projetos DMADV do SS. Comportamento cooperativo e de grupo podem beneficiar a instituição (MOTWANI; KUMAR; ANTONY, 2004)

- Busca da **perfeição**: o estado de perfeição é utópico, entretanto pode-se caminhar em sua direção continuamente. Nessa etapa as melhorias ocorrem no fluxo de valor já existente, assim as mudanças podem ser aplicadas a outras plantas da organização (ANAND; KODALI, 2010). Métricas de processo, ferramentas de controle de qualidade e documentação são itens que auxiliam na administração dos processos e contribuem na replicação de resultados (MOTWANI; KUMAR; ANTONY, 2004, ANAND; KODALI, 2010).

Conforme caminha a progressão do uso de ferramentas e técnicas de melhoria contínua, ganha importância o trabalho estatístico de engenheiros, assim como aumenta a presença do SS. O *framework* estruturado se encontra a seguir.

Quadro 2 – *Framework* teórico LM e SS. Fonte: elaborada pelo autor.

O Início	Estratégia	Valor	Cultura
O Básico	Fluxo	Melhoria	Puxada
O Aperfeiçoamento	Desempenho	Expansão	Perfeição

Com esse modelo, realizou-se uma comparação de como é utilizado o LM e o SS na empresa do estudo de caso e, dentro das possibilidades, identificar em qual fase e estágio ela se encontra. Caso não haja semelhança, os eventuais motivos serão delineados.

3 MÉTODO DE ESTUDO

As etapas de desenvolvimento desse trabalho consistiram na definição do tema estudado e dos objetivos a serem alcançados. Com o tema em mãos, um referencial teórico foi feito e um estudo de caso foi definido para atender as necessidades da pesquisa. Através de contatos na indústria, foi feita uma visita para o estudo de caso da pesquisa. Por fim, após realizar a análise dos dados, foram traçadas algumas conclusões sobre o conteúdo examinado. Essa sequência está mostrada na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Fluxograma de desenvolvimento da dissertação. Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao optar-se pela modalidade de pesquisa do estudo de caso é necessário definir o universo observado pelo mesmo (VENTURA, 2007). Em situações extremas, temos a possibilidade de estudar o próprio universo e também a possibilidade de analisar um único caso. Este último trata-se do estudo em que é preciso ressaltar que não apenas deve-se visualizar a situação, mas sim o que ela representa para o todo (VENTURA, 2007).

Segundo Goode e Hatt (1979), o estudo de caso serve como meio de organização de dados que preserva o objeto estudado em seu caráter unitário. Yin (2001) afirma que o estudo de caso demonstra uma investigação empírica, incluindo um método com lógica de planejamento e abordagens específicas de coleta de dados e sua análise, podendo incluir um único caso ou múltiplos dele.

De acordo com Ventura (2007), conforme os objetivos da investigação, o estudo de caso pode ser intrínseco ou particular (compreensão de um caso em si), instrumental (exame

de um caso para compreensão de outra questão) ou coletivo (extensão de estudo a vários casos instrumentais).

Ainda segundo Ventura (2007), é importante que o estudo seja significativo, completo, considere perspectivas alternativas, apresente evidências suficientes e seja elaborado de maneira atraente.

Nesta visão, a busca consistiu em um estudo de caso particular. Após conhecer o estado da arte em questão, foi realizada visita a uma empresa do ramo da cadeia automobilística da região sudeste do Brasil.

Para coletar informações e conhecer os instrumentos utilizados na indústria, foi escolhida a entrevista semi-estruturada. Esse tipo de entrevista leva questionamentos básicos relacionados ao tema de pesquisa e fica, como responsabilidade do entrevistador-investigador, novos questionamentos para o direcionamento das contestações (TRIVIÑOS, 1987). Além disso, é possível elaborar um roteiro de perguntas para atingir os objetivos pretendidos, permitindo analisar outras questões no exato momento da entrevista (MANZINI, 1990/1991). Durante a entrevista, foi permitido que o entrevistado explanasse livremente sobre o ponto questionado, direcionando as perguntas apenas quando esse houvesse terminado.

Foi elaborado um questionário para um entrevista semi-estruturada de caráter principalmente qualitativo, mas também contendo perguntas quantitativas para mensurar alguns pontos desejados. A entrevista aconteceu com o engenheiro responsável pela área industrial, que também trabalha como líder, *sponsor* ou consultor de projetos de melhoria contínua e de qualidade. Abaixo segue o roteiro de perguntas planejado.

- Qual o âmbito de aplicação da MC?
- De maneira geral, qual o nível de implementação das metodologias LM/SS/LSS?
- Quais ferramentas e técnicas são mais utilizadas? E com quais frequências?
- Quais resultados relevantes foram conseguidos até o momento?
- Como é o reconhecimento do sucesso de projetos?
- Como é o acompanhamento dos programas?
- Quais níveis foram envolvidos na MC?
- Quem é responsável pelos programas?
- Como são formadas as equipes dos projetos?
- Como são os treinamentos?
- Como nasceram as iniciativas?
- O que a empresa deseja com os programas de MC?

- Existe alinhamento com a estratégia da empresa?
- Como a alta administração se posicionou com relação aos programas?
- Quais foram as dificuldades no início? Como foram lidadas?

As perguntas visaram entender o funcionamento das metodologias de melhoria contínua e tentaram encontrar quais foram suas aplicações regulares e seus desdobramentos e frutos e, adicionalmente, captar as opiniões, percepções e perspectivas do entrevistado.

A sequência de questionamento foi determinada para seguir um nível de abrangência decrescente, ou seja iniciando com perguntas mais genéricas até as mais específicas, passando por programas de melhoria contínua, projetos, pessoas (responsabilidade, times e treinamento) e posicionamento empresarial (objetivos gerais e estratégia).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A empresa

A empresa visitada para o estudo de caso desse trabalho faz parte da cadeia automotiva. Ela será indicada como Automotivos S/A a partir daqui. Tendo sido criada na década de 1990, possui sede na Europa e entre de 100.000 e 200.000 colaboradores pelo mundo, espalhados pelos 5 continentes em mais de uma centena de plantas industriais e mais de uma dezena de centros técnicos de engenharia. No Brasil, são quatro plantas e um centro de pesquisa, sendo que a planta visitada possui cerca de 170.000 metros quadrados, 40.000 metros quadrados de área construída e mais de 1.000 colaboradores.

Inserida nesse contexto, a Automotivos S/A possui dezenas de milhares de engenheiros e cientistas, investiu mais de US\$ 1,7 bi em pesquisa e desenvolvimento e teve cerca de US\$ 17 bi de receita em 2014. Ela também possui parceria com os 25 maiores fabricantes de automóveis do mundo, suporta ao menos 17 dos 20 modelos de veículos mais vendidos na Europa, na China, nos Estados Unidos e na América do Sul.

São quatro as áreas de atuação dos produtos: “arquitetura eletroeletrônica”, destinada a ligação entre sistemas elétricos do veículo com cabeamento, fiação, centros elétricos sistemas de conexão, “equipamentos eletrônicos e segurança”, que visa fornecer componentes, sistemas e *softwares* a proteção e segurança passiva e ativa em controles eletrônicos, “sistemas de *powertrain*”, que produz sistemas integrados de manejo de motores a gasolina e a diesel e “produtos e soluções de serviço”, cujo objetivo é fornecer peças automotivas ao mercado de reposição.

Devido a manutenção da privacidade da empresa alguns nomes de produtos foram suprimidos, certos dados serão mencionados em forma de porcentagem e os programas ou nomes de projetos e iniciativas encontram-se em tradução livre ao português.

4.2 O entrevistado

O entrevistado é um engenheiro cuja função é a de coordenador da engenharia industrial. Ele trabalha na empresa há 7 anos, sendo 4 deles nessa função, sempre com atuação ligada à melhoria contínua.

4.3 A entrevista

A entrevista, seguida de uma visita à planta, foi realizada no mês de julho de 2015. Foram abordados todos os pontos planejados no questionário, sendo que alguns deles, seja conveniência ou por política interna da empresa (como dados sobre a companhia e projetos específicos), tiveram que ser enviados eletronicamente, via e-mail. Também não foi permitida a captura de imagens, portanto as que são apresentadas foram obtidas pelo entrevistado.

A empresa Automotivos S/A tem, esporadicamente, uma alta gestão preocupada com a geração de conhecimento na linha de melhoria contínua e geralmente produz um material próprio para capacitação dos colaboradores. A primeira iniciativa citada vem da década de 90 quando a empresa criou um sistema baseado no STP chamado SMA (Sistema de Manufatura Automotivos S/A). Esse era muito focado em ferramentas, sendo até definido pelo entrevistado como “uma cartilha de ferramentas”. Em seguida, houve um momento de grande atenção e preocupação à padronização, inclusive com a ajuda de um consultor japonês trazido especialmente para ajudar. O passo seguinte foi uma concentração ao fluxo: um evento chamado Academia de Manufatura marcou fortemente o momento, devido a sua grande abrangência, tanto aos funcionários do Brasil quanto mundialmente. Por fim, um grupo na Europa começou a desenvolver uma aplicação de LM para os níveis gerenciais, usando principalmente ferramentas de diagnóstico. Especificamente, na planta em que foi realizada a pesquisa, houve um diretor reconhecidamente engajado com a divulgação e a disseminação de conhecimento relacionado à MC no início da década de 2010, o que segundo o entrevistado foi muito importante localmente.

O conceito SMA foi trabalhado e modificado para uma novo Sistema Operacional da Empresa (SOE), cuja principal alteração foi tentar enxergar a empresa como um todo (Figura

4.1). Foi criada uma visão sistêmica de LM para todas as áreas: chamou-se de corrente 1 a relação dos *stakeholders* com a política da empresa, corrente 2 a estratégia empresarial, corrente 3 todo o setor relativo a vendas, corrente 4 o desenvolvimento e corrente 5 a produção dos bens e a logística. Dentro do fluxo de produção (corrente 5) ainda existem outras 5 divisões, chamadas de sistemas operacionais: recebimento de matérias-primas dos fornecedores, recebimento de programação dos clientes, entrega de produtos acabados aos clientes, programação interna e a própria fabricação.

Na empresa não existe separação formal do programa de LM das outras atividades. A entrevista cita que em outra planta no país existe essa divisão, onde há uma mulher chamada de coordenadora de *Lean Manufacturing*. Entretanto isso não significa que não haja utilização dos conceitos, das ferramentas e da estrutura da Produção Enxuta: os eventos *Kaizen* são amplamente desenvolvidos. Quando existe uma necessidade ou uma oportunidade, organiza-se um time multifuncional que tem o objetivo de, em uma semana, trabalhar focadamente com ferramentas para o solucionamento da situação. É possível lançar mão de ferramentas de balanceamento para melhorar tanto a utilização quanto a capacidade de uma linha, de *setup* rápido, de análise e solução de problema, entre outras.

Figura 4.1 – Matriz SOE. Fonte: adaptado da empresa.

Já para o *Six Sigma* a segmentação existe. Formalmente são os *Black Belts* quem determinam os projetos e designam *Green Belts* para atuarem. Atualmente a planta não tem

nenhum *Master Black Belt*, pois segundo o entrevistado a última pessoa com tal capacitação deixou a companhia alguns anos atrás.

Os chamados coordenadores de produção começaram a ser chamados de *Value Stream Leaders* (VSL), apesar de certas diferenças conceituais, eles eram os que tinham a responsabilidade sobre a cadeia de valor. Então na maior parte das vezes, eles são os responsáveis por solicitar algum trabalho. Eventualmente tem alguns tipos de trabalhos específicos que utilizam o *Kaizen*, mas que não são solicitadas por eles, tem essas dimensões bem específicas.

O monitoramento diário de processos era feito pelo QVC, quadro de controle colocado próximo e visivelmente ao referido, abrangendo índices de qualidade, volume de produção e custo. Entretanto, houve uma alteração para o SPQVC, uma tabela de priorização na qual S significa *safety* (segurança), P é *people* (pessoal), Q representa *quality* (qualidade), V é *volume* (volume) e C significa *cost* (custo) (Figura 4.2). Seguindo essa regra de priorização, o VSL já ia direcionar para um líder e um consultor específicos. Em geral a regra é assim: o líder é que detêm o conhecimento sobre o assunto, então no caso de um projeto de produtividade, seria um membro da engenharia industrial, no caso de uma análise e solução de problema, um membro da qualidade, se for um *Kaizen* administrativo, será uma pessoa da área daquele fluxo. E o chamado colíder, é geralmente uma pessoa que é responsável pela manutenção do resultado, então trata-se de uma pessoa da área: se a melhoria será feita na produção, o colíder geralmente é o coordenador de produção. A escolha também depende da disponibilidade das pessoas, mas principalmente em função dos objetivos que se quer alcançar naquele evento *Kaizen*.

Para atuação em uma máquina, mesmo que seja um *Kaizen* de produtividade, é selecionado um membro do time industrial. Caso seja em um equipamento, coloca-se alguém da engenharia ou da manutenção; se for fazer uma mudança de *layout*, alguém de *facilities* é escolhido; se a intenção é modificar algo que de controle, um membro da qualidade participa da melhoria. Em geral, é interessante nos projetos que haja um maior quorum, pois com um time com mais corpo, mais consegue-se evoluir com os assuntos. Mesmo assim, em alguns casos, ainda ficam pontos pendentes. Tais pontos são levados por trintas dias até o solucionamento e, caso isso não aconteça, eles ficam como sugestão para futuras atuações. Em geral os times *Kaizen* são compostos por 8 pessoas, mas o entrevistado relatou situações com até 5 pessoas em projetos.

Figura 4.2 – Controle SPQVC de processos. Fonte: adaptado da empresa.

Com relação aos treinamentos, o entrevistado relatou que o departamento de Recursos Humanos interage muito com a engenharia industrial, o que segundo ele tem um lado bom e um lado ruim: há muito mais autonomia para desenvolver os planos da área, mas ao mesmo tempo isso obriga com que eles tenham que fazer todo o planejamento e busca de capacitações. Fica a critério de cada time desenvolver quais serão as ferramentas para desenvolver as pessoas. E, inclusive, para motivar profissionalmente os colaboradores. O coordenador é responsável por fazer isso para o time industrial.

Relativamente à equipe de produção, o trabalho é mais voltado para o TPM. O próprio coordenador mencionou ter participado do pilar de Educação e Treinamento, o que lhe forneceu uma visão ampla nesse sentido, tentando fazer uma evolução da instrução constante e acompanhar o desenvolvimento ao longo do tempo. Mas, segundo ele, com o passar do tempo houve um enfraquecimento e consequente perda do foco no TPM, entretanto se mantiveram a questão da necessidade de fazer a integração das pessoas que entram, incluindo até uma pequena introdução à questão de LM, e também uma reciclagem do pessoal periodicamente para garantir que os conhecimentos não sejam perdidos.

Atualmente, a manufatura está trabalhando na capacitação de líderes para análise e solução de problema. Há uma cobrança para com ele que se utilize as ferramentas para tratar

alguns projetos. Esse é o cenário de treinamento atual, pois, de acordo com o coordenador, no cenário de mercado corrente, existe uma diminuição no esforço de treinamento.

O reconhecimento do sucesso dos projetos é feito de diversas formas. Existe uma remuneração, mas o coordenador não soube determinar se ela é atrelada ao resultado do projeto. Existe, dentro do sistema de gestão, um sistema chamado *Personal Business Plan* (PBP), um acompanhamento anual, que também é uma das ferramentas para o funcionário ser avaliado e depois ser promovido, e os projetos bem sucedidos são levado para o PBP.

4.4 Estudo de casos

Ambos os casos tem um quadro inicial com as informações resumidas a respeito do período em que aconteceram as atividades, dos participantes e objetivos.

A escolha de projetos na empresa é feita através de sugestões dos operadores ou da equipe ligada à melhoria contínua.

A seguir serão apresentados dois casos julgados relevantes pelo entrevistado e que puderam ter suas atividades divulgadas.

4.4.1 Caso 1

Período	27 a 31 de outubro de 2014
Líder	engenheiro sênior de projeto
Colíder	líder do fluxo de valor
Integrantes	dois engenheiros industriais, dois engenheiros de manufatura e um supervisor de engenharia
Consultor	gerente de LM
Número total de integrantes	8
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • aumentar capacidade (de todos os clientes) de A e B • definir OEE necessário para eliminar escala 6x2

O projeto designado Caso 1 foi um projeto *Kaizen* que teve como objetivos aumentar a capacidade de todos os processos envolvendo a produção de duas peças, que serão

chamadas de A e B cada uma com um tipo diferente (1 e 2), e calcular a eficiência geral (OEE) necessário para retirar a escala 6x2 utilizada até então. No início do projeto foram determinados quais seriam os números a serem analisados. Os dados iniciais levantados envolveram o *layout* atual dos processos (Figura 4.3), as respectivas eficiências gerais, gráficos de balanceamento dos operadores e números da produção diárias, juntamente com a demanda e as perdas do período. A referência para o número de peças é mostrado na Figura 4.4.

Figura 4.3 – *Layout* anterior ao projeto. Fonte: adaptado da empresa.

A peça A tem que passar por um processo inicial antes de seguir a sua própria linha de produção. O resultado para o diagnóstico das eficiências de cada peça encontra-se na Figura 4.5, sendo que a parcela azul corresponde à perda por parada de máquina, a parte rosada representa perda no próprio processo, a cor amarela mostra a perda na soldura da peça,

a seção alaranjada representa perda por treinamento do operador, a parcela preta mostra a perda por demora na conclusão do ciclo (*overcycle*) e a última parcela, em azul claro, é a perda proveniente de outras fontes.

Figura 4.4 – Quantidade total de peças produzidas. Fonte: adaptado da empresa.

A partir daí, um plano de ações foi criado com 5 procedimentos para dar continuidade ao *Kaizen*. Os cinco procedimentos foram:

- Estabelecer um revezamento
- Reduzir os tempos de ciclos de máquina para até um máximo de 11,2 segundos
- Rebalancear trabalho dos operadores para tempo de ciclo de operador máximo de 9,0 segundos
- Passar a etapa de liberação para atividade externa
- Organizar a gestão da produção para eliminação de *overcycles*

Figura 4.5 – OEE diagnosticado. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.6 – Resultados das duas primeiras iniciativas do projeto de melhoria. Fonte: adaptado da empresa.

A primeira iniciativa para concretizar a melhoria baseou-se em um revezamento de operadores. Houve um aumento de 14,6% na produção total, sendo que a proporção entre peças dentro dos padrões exigidos pela própria empresa se manteve (um refugo a cada duas aprovações). Na segunda iniciativa reduziu-se o tempo de espera para início de um processamento de 1 segundo para 0,5 segundo e a movimentação da máquina até chegar à

peça em 1 segundo. Mais um pequeno aumento foi notado, o número produzido foi acrescido em cerca de 2,3% com relação ao resultado da primeira iniciativa. O ganho total de ambas foi de 17,3%. A Figura 4.6 mostra os dados juntamente com a demanda diária das linhas.

Aranha [REDACTED]				
#	Atividade	Hora Inicial	Hora Final	Duração
1	Liberação da linha 2	07:00	07:20	00:20
2	Testes de liberação ([REDACTED])	07:20	08:20	01:00
3	Revezamento de café linha 2	08:50	09:00	00:10
4	Revezamento de café linha 2	09:00	09:10	00:10
5	Café	09:10	09:20	00:10
6	Revezamento de Refeição linha 2	11:00	12:00	01:00
7	Revezamento de Refeição linha 2	12:00	13:00	01:00
8	Refeição	13:00	14:00	01:00
9	Fechamento do turno linha 2	15:00	15:20	00:20
10	Limpeza e organização linha 2	15:20	15:35	00:15
11	Abastecer componentes linha 2			
12	Retirar lotes prontos linha 2			
13	Reversar máquinas para qualquer eventualidade linha 2			
14	Preencher [REDACTED] linha 2			
15	Auxiliar operadores em treinamento linha 2			
16	Testes rotineiros da linha 2 ([REDACTED])			

SOS

Figura 4.7 – Quadro de atividades do “aranha” na linha 2. Fonte: adaptado da empresa.

Para atuar de forma mais consistente no OEE, a terceira iniciativa busca balancear o trabalho dos operadores das linhas. A sugestão de balanceamento incluiu adicionar um novo operador a produção da peça A tipo 1 e utilizar um “homem-aranha” para auxiliar as linhas

das peças A tipo 2 e B tipos 1 e 2. O “aranha” ficou responsável pela reposição de matéria-prima para o processo e retirada dos itens acabados (Figura 4.7). Na linha 2 da peça A, por exemplo, os operadores levavam mais de 12,4 segundos para realizar o ciclo, mas com as mudanças o tempo caiu para 11,5 segundos.

A terceira iniciativa também estudou causas das interrupções nessas linhas de produção. Foram coletados dados e construídos gráficos de Pareto para destacar os problemas que mais afetaram a produção. Conforme mostrado na Figura 4.8, problemas pontuais como trocas de rolamento e de cabo do motor ocasionaram pausas longas e o aquecimento do *laser* da máquina será investigado.

Por fim, um ajuste de estoque foi o alvo da quarta iniciativa do projeto. O ajuste envolveu 14.000 peças, sendo que 8.000 delas seriam importadas e 6.000 seriam uma diminuição do inventário fabril. Esse processo alterou a demanda diária, fazendo com que a produção de peças dentro das especificações chegasse muito próximo ao necessário (Figura 4.9).

Figura 4.8 – Pareto de parada de máquinas. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.9 – Resultado final do *Kaizen* na produção das peças A e B. Fonte: adaptado da empresa.

4.4.2 Caso 2

Período	22 a 26 de junho de 2015
Líder	representante da área de produção e logística
Colíder	líder de fluxo de valor
Integrantes	três engenheiros (dois da área de manufatura e um da área industrial), um representante da qualidade e um representante da manufatura
Consultor	-
Número total de integrantes	7
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • aumentar a produtividade em 10% • implementar 3 itens de 5 S • implementar 3 itens de segurança • implementar 1 item de contaminação

O projeto chamado de Caso 2 foi um projeto *Kaizen* que visou aprimorar uma linha específica de um produto, o qual será nomeado de Célula para manter o sigilo requerido pela Automotivos S/A. Os objetivos desse projeto foram aumentar a produtividade da linha, implementar três dos cinco itens de 5 S, implementar três itens de segurança da própria companhia e um item para evitar contaminação dos lotes fabricados.

Inicialmente, considerou-se que a “contaminação” não faria parte do escopo do projeto, entretanto o item foi alterado pois verificou-se que ele não poderia ser excluído dos trabalhos. A matriz “é não é” foi escolhida para classificar qual seria o conteúdo de atuação (Figura 4.10).

A linha da Célula já havia passado por uma melhoria anterior fortemente ligada à vibração da máquina, por isso optou-se pela não abordagem de tópicos ligados a esse tema uma vez que seria possível conseguir maiores resultados com menos investimentos, tanto de força de trabalho como financeiro, atuando em outras áreas. Definiu-se que a meta era chegar a 20,5 segundos para produção de cada peça (Figura 4.11).

As discussões iniciais elencaram certas possibilidades de atuação, mostrada na Figura 4.12 (a parcela verde da barra representa o tempo em que se agrega valor ao produto e a barra azul é o tempo de trabalho manual do operador durante a função). A primeira oportunidade seria com a máquina datadora, que é utilizada para marcar as Células com informações de rastreamento. Entretanto o ciclo já havia sido reduzido grandemente por outra iniciativa, diminuindo os tempo de gravação de 32 segundos por peça para 20 segundos por peça.

Matriz É - NÃO É			
Questões		É	NÃO É
Escopo	Escopo?	PRODUTIVIDADE 5S SEGURANÇA	FTQ CONTAMINAÇÃO ERGONOMIA
	Foco?	CÉLULA	CANISTER DCP IAFM
	Quais Processos?	LINHA DA CÉLULA	BALL WELDER CARTUCHO FUEL RAIL

Figura 4.10 – Escopo do Kaizen do Caso 2. Fonte: adaptado da empresa.

Situação	ATT (seg)	Ops	Produtividade @ 85% OE (pc/hh)	% de aumento em relação ao baseline
Anterior (fev/15)	32	7	13,66	-9,37%
Redução ciclo Vib (mai/15)	29	7	15,07	0% (BASELINE)
Kaizen 441	20,5	9	16,59	10,03%

Figura 4.11 – Meta do projeto para produtividade. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.12 – Em destaque: datadora e rebordagem (oportunidades de melhoria) e vibração (retirada do projeto). Fonte: adaptado da empresa.

A segunda oportunidade encontrava-se no processo de rebordagem da carcaça. O tempo de duração encontrava-se em 28 segundos, tempo acima da meta do *Kaizen*. Assim, foram estudados três grupos de peças em duas situações diferentes: o processo regular e o processo com uma aceleração da “crimpagem” de cabos. Para o primeiro grupo, praticamente não houve aumento na capacidade do processo, inicialmente era de 1,41 e passou a ser 1,44. Já no segundo e terceiro grupos as mudanças foram mais significativas, o segundo apresentou acréscimo na capacidade de 0,66 para 0,95 e o terceiro de 0,38 para 0,54. No geral, essas alterações representaram um crescimento no C_{pk} de 0,79 para 1,24 (Figuras 4.13 e 4.14).

A terceira oportunidade foi detectada após a análise detalhada dos tempos de duas operações. Através de vídeos, o time encontrou grandes variações de tempos de ciclo entre os operadores.

Figura 4.13 – Índice de capacidade da Célula antes da aceleração do processo. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.14 – Índice de capacidade da Célula após da aceleração do processo. Fonte: adaptado da empresa.

A Figura 4.15 mostra o *layout* da linha, no qual o fluxo de material é mostrado em setas azuis. O gargalo da montagem inicialmente encontrava-se na etapa 3, precedida pela etapa 8, onde o ciclo levava 29 segundos. Para melhorar o fluxo, um operador foi adicionado na etapa 9, o que deslocou o gargalo para a etapa 8 e o reduziu para 23 segundos. Entretanto, isso gerou um trânsito excessivo na área marcada em vermelho na Figura 4.16. Por isso, um segundo operador foi colocado na linha para aliviar a região mais requerida. Também foi aumentada a distância entre as máquinas em um metro e retirado o carrinho da etapa 16. Dessa forma, o gargalo, que ainda permaneceu na etapa 8, foi reduzido a um ciclo de 20,5 segundos.

Figura 4.15 – Situação inicial da linha. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.16 – Situação intermediária da linha. Fonte: adaptado da empresa.

Figura 4.17 – Situação final da linha. Fonte: adaptado da empresa.

Para a implementação dos itens de 5 S, possibilidade de contaminação e elementos desnecessários ao processo foram atacados, entre outros. Nas Figuras 4.18 (a) e (b) pode-se ver a remoção de dois objetos (setas vermelhas) não necessários ao processo, sendo que um deles é uma rampa de abastecimento que não possuía utilidade significativa para os operadores e o outro é um suporte de documentação de linha, não utilizada mais naquela máquina. Nas Figuras 4.19 (a) e (b), uma iniciativa retirou fios de uma máquina que estavam na passagem de pessoas, o que gerava risco de acidente, além de melhorar a organização e aparência e facilitar a limpeza do local.

(a)

(b)

Figuras 4.18 (a) e (b) – Situação inicial e final ao projeto. Fonte: adaptado da empresa.

Os resultados desejados foram alcançados, visto que a linha atingiu o tempo de produção do componente em 20,5 segundos (176 peças por hora), conforme o objetivo do projeto. A Figura 4.20 mostra que no dia 02 de julho de 2015, a meta de produção das 10 às 11 horas da manhã foi lograda às 10 horas de 58 minutos.

Figuras 4.20 – Indicadores da linha alvo do projeto. Fonte: adaptado da empresa.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A melhoria contínua certamente possui grande destaque na Automotivos S/A. A empresa passou por vários períodos de grandes mudanças, iniciando com o SMA, um sistema fortemente similar ao TPS visando trazer as técnicas e ferramentas até então desconhecidas para a companhia. Essa iniciativa, como as subsequentes, partiu na direção *top-down*, em uma tentativa de encontrar alternativas ao que se vinha fazendo, isto é, produção em massa tradicional.

As duas iniciativas seguintes voltaram-se para padronização e fluxo. Percebeu-se na empresa que era necessário eliminar o ruído presente, motivo da padronização das atividades, e em seguida a caminhada em direção a unitarização, com a Academia de Manufatura.

Mais recentemente, a elaboração de um sistema para atender às necessidades específicas, alinhado com a estratégia global, moldou as características atuais da empresa. O SOE tem implicações em toda a cadeia de valor, desde o relacionamento com os produtores da matéria-prima até o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos.

Assim, já é possível verificar que três das nove etapas do *framework* teórico estão representados. As atitudes e ações da alta administração relativas à busca de uma forma menos rígida de produção mostram seu comprometimento e a diligência em trabalhar com um fluxo produtivo, exibem as etapas **estratégia** e **fluxo** do *framework*. A fase em que a Automotivos criou seu próprio sistema operacional mostra a **expansão** do funcionamento das técnicas e ferramentas de MC.

A **cultura** foi desenvolvida gradualmente com a introdução parcimoniosa de princípios e fundamentos de LM e SS. Agora, é apoiada (ou até mesmo sustentada) pelos próprios projetos de melhoria que criam um círculo virtuoso, ou seja, um regime com estímulo e *feedback* positivos de ações favoráveis ao desenvolvimento do negócio.

Especificamente na planta visitada da Automotivos S/A, é possível dizer que a grande transformação aconteceu na transição das décadas de 2000 e 2010. Com a maior parte dos processos padronizados e a tendência de criação de fluxo entre os processos, o amadurecimento dos projetos *Kaizen* aconteceu nessa primeira parte do século XXI. Portanto, é nesse período identificada a etapa de **melhoria**, primeiro momento em que há amplo uso das ferramentas de MC. Na sequência, confirmou-se a manutenção do **desempenho**, visto que os resultados dos projetos foram majoritariamente positivos e incentivados. Com o SOE a

empresa garantiu a **expansão** para todas as áreas, principalmente logística e desenvolvimento de produtos.

Não foi possível apontar um período ou uma resolução voltada especificamente para a criação e distinção do conceito de **valor**, mas nos projetos nota-se que os objetivos são claros e focados para atender a uma ou mais necessidades específicas do cliente em questão. O mesmo para a **puxada** da produção, embora tenham sido encontrados inúmeros *Kanbans* durante a visita ao local.

Assim, conclui-se que a Automotivos S/A, após passar por anos de experiência com a MC está na fase final, de **Aperfeiçoamento**, possivelmente em uma transição entre as etapas de **desempenho** e **expansão**.

O *Kaizen* é a peça chave de exercício da MC na Automotivos S/A. Os projetos de trabalho são utilizadas para todos os aspectos: balanceamento, *setup* rápido, análise e solução de problema e demais objetivos. A semana em que se realiza o projeto Kaizen, independentemente da área ou dos integrantes, deve produzir algum resultado, mesmo que esse seja uma consideração de que não foi possível melhorar. É crucial que hoje especificamente início e final do projeto, para prestar esclarecimentos sobre a dedicação dos colaboradores a esse fim.

Os projetos apresentados na seção anterior são distintos no uso de ferramentas e técnicas para melhoria da produção e da qualidade. Entretanto não há distinção entre o uso de componentes de *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*. A equipe trabalha como um todo e vale-se de seus conhecimentos e recursos para galgar consecutivas melhorias para aproximar-se de seus objetivos.

É comum que o time do projeto seja voluntariamente dividido em equipes menores com iniciativas específicas. Dessa forma é possível que causas diversas de problemas diferentes sejam atacadas e aumenta-se a chance de solucionamento definitivo.

A regra geral de funções com relação ao papel dos integrantes descrita pelo entrevistado é factível. O líder tem um papel de detenção do conhecimento técnico tanto do processo quanto das possíveis ferramentas a ser utilizadas, assim se mantém na maior parte do tempo como um instrutor ou guia dos demais colaboradores. O colíder é o maior interessado na obtenção e manutenção dos resultados, uma vez que é o responsável pela área na qual o projeto é executado, ou seja, ele é o maior beneficiado. O restante do time empenha-se para melhorar em geral o ambiente de trabalho e os números do processo e também para adquirir experiência profissional.

O Caso 1 teve foco no aumento da eficiência geral dos processos. Assim, as medições de OEE e os gráficos de balanceamento de operadores foram as grandes armas utilizadas. A adição de um operador e o uso do “aranha” foram vitais para atingir os resultados pretendidos. Em segundo lugar, destaca-se o uso dos diagramas de Pareto para conhecer e optar pela ação nas prováveis causas de maiores perdas de eficiência.

Já o Caso 2 voltou-se para a produtividade. A meta específica era de reduzir o tempo gasto para produção de cada peça. Para isso, a velocidade de “crimpagem” foi elevada, mas para não perder a qualidade e aumentar o número de refugos do processo, fez-se análise da capacidade constantemente. Como resultado geral, cresceu o índice C_{pk} , uma conquista adicional do projeto.

Além disso, o projeto do Caso 2 também adicionou operadores à linha de produção para reduzir o tempo de ciclo em processos-gargalo. Com algumas outras modificações, obteve-se uma redução de 29% no tempo gasto, considerando que esse parâmetro já havia sido diminuído em 9% nos meses anteriores.

Com essas considerações, acredita-se que a Automotivos S/A é uma empresa madura em questão de melhoria contínua, aplicando tanto o LM quanto o SS com elevada categoria e distinção.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAND, G., KODALI, R. **Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems**. International Journal of Management Practice, v. 4, no. 1, 2010.
- ANTONY, J., BANUELAS, R. **Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in organizations**. The TQM Magazine, v. 14, no.2, p. 92-99, (2002)
- ANTONY, J., ESCAMILLA, J. L., CAINE, P. **Lean Sigma**. Manufacturing Engineer, v. 82, n. 2, p. 40-42, 2003.
- ANVARI, A., ISMAIL, Y., HOJJATI, S. M. H. **A study on total quality management and lean manufacturing: through lean thinking approach**. World Applied Sciences Journal, v. 12, p. 1585-1592, 2011.
- ANVARI, A., ZULKIFLI, N., YUSUFF, R. M. **A dynamic modeling to measure lean performance within lean attributes**. International Journal Advanced Manufacturing Technology, 2012.
- ARNHEITER, E. D., MALEYEFF, J. **The integration of lean manufacturing and six sigma**. The TQM Magazine, v. 17, n. 1, 2005, p. 5-18.
- BENDELL, T. **A review and comparison of six sigma and the lean organisations**. The TQM Magazine, v. 18, n. 3, p. 255-262, 2006.
- GEORGE, M. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma quality with Lean speed**. New York: McGraw-Hill, 2002.
- GEORGE, M. L. **Lean six sigma for service: How to use lean speed and six sigma quality to improve services and transactions**. New York: McGraw-Hill, 2003.
- GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.
- GOLDSBY, T., MARTICHENKO, R. **Lean six sigma logistics**. EUA: J. Ross Publishing, 2005.
- GOODE, W. J., HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.
- HA, S. M. **Continuous processes can be lean**. Manufacturing Engineering, v. 138, n. 6, p. 103-109, Jun. 2007.
- HAMMER, M. **Process management and the future of Six Sigma**. MIT Sloan Management Review, v. 43, n. 2, p. 26-32, 2002.
- HARRY, M., SCHROEDER, R. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. New York: Quality Progress, 1998.
- HENDERSON, K., EVANS, J. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company**. Benchmarking and International Journal, vol. 17, no.4, pp. 260-281, 2000.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation**. Lean Enterprise Research Center. Cardiff, United Kingdom.
- HOERL, R.W. **Six Sigma and the future of the quality profession**, IEEE Engineering Management Review, Fall, p. 87-94, 1988.
- IMAI, M. **Kaizen: The key to Japan's competitive success**. New York, ed. McGraw-Hill (1986).
- JING, G. G. **A lean six sigma breakthrough**. Quality Progress, v. 42, n. 5, p. 27-31, 2009.
- JONES, E. C., PARAST, M. M., ADAMS, S. G. **A framework for effective Six Sigma implementation**. Total Quality Management, vol. 21, n. 4, p. 415-424, 2010.
- KRAFCIK, J. F. **Triumph of the lean production system**. Sloan Management Review, v. 30, n. 1, p. 41-52, Massachusetts Institute of Technology, Fall 1988.

- KONING, H., DOES, R. J. M. M., BISGAARD, S. **Lean six sigma in financial services**. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2008.
- LARAIA, A. C., MOODY, P. E., HALL, R. W. **The Kaizen blitz: breakthrough in productivity and performance**. New York: John Willey, 1999.
- Lean Enterprise Institute. Acessado em 17 de setembro de 2014. Disponível em <<http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>>.
- LEVY, Y., ELLIS, T. J. **A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research**. Informing Science Journal, v. 9, p. 181-212, 2006.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2005.
- MANZINI, E. J. A entrevista na pesquisa social. Didática, São Paulo, v. 26/27, p. 149-158, 1990/1991.
- MANZINI, E. J. Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada. In: MARQUEZINE, M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE, S. (Orgs.) Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial. Londrina:eduel, 2003. p.11-25.
- MIYAKE, D. I., RAMOS, A. W. **Lean six-sigma – Brazilian Experience**. Hyderabad: ICFAI University Press, 2007, p. 156-181.
- MOTWANI, J., KUMAR, A., ANTONY, J. **A business process change framework for examining of implementation of six sigma: a case study of Dow Chemicals**. The TQM Magazine, v. 16, n. 4, p. 273-283, 2004.
- NAKAJIMA, S. **TPM developing program: implementing total productive maintenance**. Cambridge: Productivity Press, 1989.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Bookman, Porto Alegre, 1997.
- Our people, Toyota Motor Europe Corporate Site. Acessado em 01 de abril de 2014. Disponível em <http://www.toyota.eu/society/Pages/our_people.aspx>.
- PEPPER, M. P. J., SPEDDING, T. A. **The evolution of lean six sigma**. International Journal of Quality and Reliability Management, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.
- RIBEIRO, H. **A bíblia dos 5 S: da implantação à excelência**. Salvador: Casa da Qualidade, 2006.
- PERIN, P. C. **Metodologia de padronização de célula de fabricação e montagem, integrando ferramentas de produção enxuta no sistema de manufatura Delphi**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- RAISINGHANI, M. S., ETTE, H., PIERCE, R., CANNON, G., DARIPALY, P. (2005). **Six Sigma: concepts, tools, and applications**, Industrial Management & Data Systems, v. 105, p.491-505, 2005.
- SHAH, R., CHANDRASEKARAN, A., LINDERMAN, K. **In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma**. International Journal of Production Research, v.46, n. 23, p. 6679-6699, 2008.
- SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system**, Productivity Press, 1985.
- SILVA, I. B., MIYAKE, D. I., BATOCCHIO, A., AGOTINHO, O. L. **Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças**. Gestão & Produção, v. 18, n. 4, p. 687-704. São Carlos, 2011.
- SMITH, B. **Lean and six sigma: a one-two punch**. Quality Progress, v.36, p. 37-41, 2003.
- SNEE, R. D. **Lean Six Sigma – Getting better all the time**. International Journal of Lean Six Sigma, v. 1, n. 1, p. 9-29, 2010.

- SPEAR, S., BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system**. Harvard Business Review, p. 96-106, September-October 1999.
- SU, C. T., CHIANG, T. L., CHANG, C. M. **Improving service quality by capitalising on an integrated lean six sigma methodology**. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, v. 2, n.1, p. 1-22, 2006.
- TÁVORA, K. F. D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma no processo de corte de uma indústria produtora de capas para bancos de automóvel**. Dissertação (mestrado em Gestão Comercial) – Universidade do Porto, Porto, 2009.
- The New York Times. Toyota Leads Global Vehicle Sales, 27 de outubro de 2014. Disponível em <http://www.nytimes.com/2014/10/28/business/international/toyota-leads-global-vehicle-sales.html?_r=0>. Acesso em 03 de novembro de 2014.
- Thoughts on Integrated Training – Rabbit Hole, 30 de janeiro de 2012. Acessado em 19 de novembro de 2014. Disponível em <<http://www.tomharveytraining.com/2012/01/30/thoughts-on-integrating-your-training-approach>>.
- TRIVINOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- VENTURA, M. M. **O estudo de caso como modalidade de pesquisa**. Pedagogia médica, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.
- WERKEMA, M. C. **Lean six sigma: Introdução às ferramentas do lean manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- What is DMAIC?, 07 de dezembro de 2012. Six Sigma Daily. Acessado em 19 de novembro de 2014. Disponível em <<http://www.sixsigmadaily.com/methodology/what-is-dmaic>>.
- WHEAT, B., MILLS, C., CARNELL, M. **Learning into Six Sigma: a parable of the journey to Six Sigma and a lean enterprise**. New York: McGraw-Hill, 2003.
- WOMACK, J. P., JONES D. T. **Mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D. **The machine that changed the world: The story of lean production**, New York: HapperCollins, 1990.
- YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.