



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

FABIO FRANCISCO DA SILVA

PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS NO
SETOR DE AUTOPEÇAS METÁLICAS

Guaratinguetá
2013

FABIO FRANCISCO DA SILVA

**PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS NO
SETOR DE AUTOPEÇAS METÁLICAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira

Guaratinguetá
2013

S586p	Silva, Fabio Francisco da Procedimentos para análise de lucratividade de produtos no setor de autopeças metálicas / Fabio Francisco da Silva – Guaratinguetá : [s.n], 2013. 86 f : il. Bibliografia: f. 80-86 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira 1. Seis Sigma (Padrão de Controle de qualidade) 2. Lucros 3. Automóveis – peças I. Título CDU 658.56
-------	--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

**PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS NO
SETOR INDUSTRIAL DE AUTOPEÇAS METÁLICAS**

FABIO FRANCISCO DA SILVA

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

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

Prof. Dr. ANTÔNIO WAGNER FORTI
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. ROBERTO DALE LUCHE
UNESP-FEG

Rodolfo dos Santos Barbosa
Me. RODOLFO DOS SANTOS BARBOSA
Membro Externo

DADOS CURRICULARES

FABIO FRANCISCO DA SILVA

NASCIMENTO	20.04.1980 – SÃO JOSÉ DO RIO PRETO/SP
FILIAÇÃO	Paulo Francisco da Silva Maria Conceição Nogueira da Silva
1998/2002	Graduação Fisioterapia - Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul
2009/2011	Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
2007/2013	Graduação Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Aos meus pais, por sonharem comigo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao nosso Deus Pai e Senhor Jesus Cristo, autores e consumidores da minha fé, porque deles e por meio deles e para eles são todas as coisas.

ao meu orientador, *Prof. Dr. Otávio José Oliveira*, sempre muito solícito, acessível e presente.

aos colaboradores da empresa participante deste estudo, que cooperaram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, em especial àqueles do Departamento de Mecânica, Biblioteca e Seção de Graduação.

à *Daiana Ciléa Honorato Nascimento*, *Evandro César Longui*, aos amigos de graduação, à aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho e à todos que acreditaram nessa vitória pessoal.

à minha querida irmã *Adriana* e sobrinha *Isabela*.

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele e o
mais ele fará”.

Salmos 37:5

SILVA, F. F. **Procedimentos para análise de lucratividade de produtos no setor de autopeças metálicas**. 2013. 86 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

Em um mundo globalizado, as organizações enfrentam um ambiente cada vez mais dinâmico, inovador e competitivo, de modo que essa condição exige uma adaptação contínua à evolução do mercado. A competição intensa exige que as organizações aperfeiçoem seu desempenho, tornando a eficiência produtiva um fator fundamental para sobrevivência da empresa. Uma metodologia que tem agregado valor ao produto por meio de uma reconfiguração do método produtivo é a implantação da filosofia de gestão chamada *Lean Seis Sigma*. O objetivo principal desse trabalho é, à luz da filosofia *Lean Seis Sigma*, intervir de forma crítica-colaborativa na elaboração de procedimentos para análise da lucratividade de produtos em uma empresa especialista no processamento de aço. Para atingir o objetivo, foi aplicado o método de pesquisa-ação de caráter intervencionista em um grupo de profissionais destinados ao estudo da lucratividade de produtos de uma indústria de autopeças. A interação dos conhecimentos práticos e teóricos proporcionados pela pesquisa-ação permitiu que o programa empresarial fosse aprimorado. Assim, os procedimentos propostos neste trabalho foram capazes de identificar a lucratividade atual do produto, as principais causas da ineficiência produtiva e obter soluções para redução da ineficiência produtiva, quando comparados os sistemas produtivos previstos *versus* sistema produtivo real. Os resultados apontam uma lucratividade atual de -3%, enquanto que o parâmetro previsto na fase de orçamento era de 10%. Dessa forma, conclui-se que a baixa lucratividade dos produtos pode comprometer os resultados financeiros da empresa e afetar sua competitividade no mercado. Para enfrentar esse problema, o *Lean Seis Sigma* apresenta-se como uma filosofia versátil e de alta aplicabilidade, fornecendo resultados relevantes para caracterização e solução do problema. Observa-se ainda que os elementos apresentados neste trabalho podem ser adaptados para outras empresas do segmento de autopeças metálicas a fim identificar e recuperar a lucratividade de produtos.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Seis Sigma*. Lucratividade. Autopeças.

SILVA, F. F. **Procedures for profitability analysis of products in the sector of metal parts**. 2013. 86 f. Graduate Work (Graduate Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

In a globalized world, organizations face an increasingly dynamic, innovative and competitive environment, so that this condition requires continuous adaptation to market developments. Intense competition requires organizations to further improve their performance, making productive efficiency a key factor for survival. A methodology that has added value to the product through a reconfiguration of the production method is the implementation of a management philosophy called Lean Six Sigma. The main objective of this work is, in the light of the Lean Six Sigma philosophy, intervene in a critical-collaborative way to develop procedures for analyzing the profitability of products in a company specializing in steel processing. To achieve this goal, were applied the method of action-research to intervene in a group of professionals for the study of the profitability of products in a auto parts industry. The interaction of practical and theoretical knowledge provided by the action-research allowed the business program was enhanced. The procedures proposed in this study were able to identify the current profitability of the product, the main causes of inefficiency and productive for solutions to reduce production inefficiencies, when the productive systems planned and actual production system were compared. The results indicate that current profitability of -3%, while the parameter provided during budget was 10%. Thus, it is concluded that the low profitability of the products may compromise the company's financial results and affect their competitiveness in the market. To address this problem, the Lean Six Sigma presents itself as a versatile and high applicability philosophy, providing relevant results for characterization and troubleshooting. It was also observed that the evidence presented in this paper can be adapted to other companies in the metal auto parts segment to identify and recover the profitability of products .

KEYWORDS: Lean Six Sigma, Profitability, Autoparts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.	19
Figura 2 – Elementos estruturais do Sistema Toyota de Produção.	23
Figura 3 – Os 4 P's e os 14 princípios do Sistema Toyota de Produção.	26
Figura 4 – Relação entre cinco princípios <i>Lean</i> e as ferramentas práticas que os suportam....	26
Figura 5 – Relação dos sete tipos de desperdícios com pessoas, quantidade e qualidade.....	28
Figura 6 – Relações entre as fases da metodologia PDCA e DMAIC.	40
Figura 7 – Tipos de perdas consideradas no cálculo do IEG.	46
Figura 8 – <i>Project Charter</i> do projeto.	57
Figura 9 – Identificação das necessidades do cliente.	58
Figura 10 – Cronograma de execução do projeto.....	59
Figura 11 – Fluxo de informações e materiais para fabricação do Conjunto Soldado 7.....	63
Figura 12 – Processo de estampagem de componentes.	64
Figura 13 – Processo de soldagem de componentes.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Significado da escala Sigma	32
Tabela 2 – Análise comparativa entre <i>Lean</i> Manufacturing e Seis Sigma.....	37
Tabela 3 – Correlação dos procedimentos propostos com as etapas do método DMAIC.....	56
Tabela 4 – Produtos classe A de maior faturamento.	60
Tabela 5 – Produtos com possíveis problemas de lucratividade.	60
Tabela 6 – Produtos com possíveis problemas de lucratividade.	61
Tabela 7 – Análise de <i>Stakeholders</i>	70
Tabela 8 – Matriz de Priorização para soluções no setor de Estamparia	71
Tabela 9 – Matriz de Priorização para soluções no setor de Soldagem	71
Tabela 10 – Procedimentos originais para análise de lucratividade do produto	75
Tabela 11 – Procedimentos propostos por meio da pesquisa-ação	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMAIC	- <i>Define, Measure, Analyse, Improvement e Control</i>
IEG	- Índice de Eficiência Global
MAIC	- <i>Measure, Analyse, Improvement e Control</i>
PDCA	- <i>Plan, Do, Check, Act</i>
SMED	- <i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	- <i>Total Productive Maintenance</i>
VSM	- <i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.2	Delimitação do tema	15
1.3	Justificativa	16
1.4	Método de pesquisa	18
1.5	Estrutura do trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA	22
2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	22
2.1.1	Princípios do pensamento <i>Lean</i>	24
2.1.2	Os desperdícios segundo a filosofia <i>Lean</i>	27
2.1.3	Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	28
2.2	Seis Sigma	30
2.2.1	A metodologia DMAIC	32
2.2.2	Ferramentas da metodologia Seis Sigma	34
2.3	Comparações entre <i>Lean Manufacturing</i> e Seis Sigma	36
2.4	<i>Lean</i> Seis Sigma	37
2.4.1	Integração do <i>Lean Manufacturing</i> com o Seis Sigma	38
3	PROPOSTA TEÓRICA PARA ANÁLISE DE LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS	40
3.1	Definir	41
3.1.1	Plano de Projeto (<i>Project Charter</i>)	41
3.1.1.1	Selecionar o projeto	41
3.1.1.2	Descrever o problema	41
3.1.1.3	Definir os objetivos e metas	42
3.1.1.4	Validar o projeto	42
3.1.1.5	Identificar as necessidades	42
3.1.1.6	Definir a equipe responsável	43
3.1.1.7	Definir cronograma	43
3.2	Medir	43
3.2.1	Planejar e coletar dados	44
3.2.2	Segregação de possíveis produtos de baixa lucratividade	44
3.2.2.1	Curva ABC de faturamento	45
3.2.2.2	Levantamento de dados e entrevista com gestores e operadores	45
3.2.2.3	Identificação do Índice Global de Eficiência	46
3.2.3	Estudar o processo produtivo	47
3.3	Analisar	47
3.3.1	Confrontar o processo planejado versus processo real	48

3.3.2	Definir a lucratividade atual do produto	48
3.3.3	Definir causas que geram o problema	48
3.3.4	Apresentar resultados à diretoria	49
3.4	Melhorar	49
3.4.1	Levantar e priorizar potenciais soluções	50
3.4.2	Testar as soluções selecionadas	50
3.4.3	Implantar a solução	50
3.5	Controlar	51
3.5.1	Avaliar a eficiência da solução	51
3.5.2	Elaborar e implantar plano de monitoramento do processo	51
3.5.3	Padronização e divulgação dos novos procedimentos	52
4	APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PROPOSTOS	53
4.1	Descrição da empresa	53
4.1.1	Processo comercial de desenvolvimento de um novo produto	54
4.1.2	Distanciamento entre projeto orçado versus projeto executado	55
4.2	Desenvolvimento do projeto <i>Lean Seis Sigma</i>	55
4.2.1	Escopo do Projeto	55
4.2.2	Definir	56
4.2.2.1	Definir <i>Project Charter</i>	56
4.2.3	Medir	59
4.2.3.1	Identificar os possíveis produtos de baixa lucratividade	59
4.2.3.2	Caracterizar o método produtivo atual do produto selecionado	61
4.2.3.2.1	Processo de estampagem	63
4.2.3.2.2	Processo de soldagem	64
4.2.4	Analisar	66
4.2.4.1	Processos	66
4.2.4.2	Mão-de-obra empregada	66
4.2.4.3	Produtividade	67
4.2.4.4	Lucratividade do produto	67
4.2.4.5	Identificar potenciais fatores causadores do problema	68
4.2.5	Melhorar	69
4.2.5.1	Desenvolvimento de soluções	70
4.2.5.2	Testar as soluções selecionadas	71
4.2.5.3	Implantação da solução em larga escala	72
4.2.6	Controlar	73
4.2.6.1	Eleger os indicadores de monitoramento	73
4.2.6.2	Elaborar e implantar plano de monitoramento do processo	73
4.2.6.3	Padronização e divulgação dos novos procedimentos	74
5	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA-AÇÃO	75
6	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

As tendências em ascensão no mundo globalizado são os principais fatores que tornam o ambiente de negócios altamente dinâmico e competitivo (CINICIOGLU; ÖNSEL; ÜLENGİN, 2012).

A competição intensa exige que as organizações aperfeiçoem seu desempenho e essas melhorias beneficiam não somente as próprias empresas do setor, mas também impactam diretamente sobre a competitividade da indústria como um todo (SIRIKRAI; TANG, 2006).

Com a globalização, ampliação do mercado e aumento da concorrência, os clientes exigem dos fabricantes maior qualidade e flexibilidade, mantendo ou reduzindo os custos de seus produtos. Neste cenário, as empresas necessitam desenvolver novos processos, materiais, fornecedores, vendedores, fábricas locais e canais de distribuição para os seus produtos e serviços (LAOSIRIHONGTHONG; DANGAYACH, 2005).

No intuito de atender a estas novas demandas, as empresas estão implantando uma série de inovações, incluindo equipamentos avançados e reconfiguração interna da organização (BARNES *et al*, 2001).

Um dos fatores que tem agregado valor ao produto por meio de uma reconfiguração do método produtivo é a implantação de filosofias de gestão de manufatura enxuta como *Lean Manufacturing* e Seis Sigma.

O sistema *Lean Manufacturing*, que possui origens no Sistema Toyota de Produção, é um método produtivo que busca eliminar desperdícios, excluindo o que não agrega valor para o cliente e imprimindo velocidade e eficiência à empresa. Seis Sigma é uma filosofia de produção que busca a excelência na competitividade por meio da melhoria contínua dos processos produtivos de um bem ou serviço, levando em conta todos os aspectos que contribuem para a obtenção do objetivo da empresa. A integração do sistema *Lean* ao Seis Sigma permite que o negócio usufrua dos benefícios proporcionados pelas duas técnicas (HORS *et al*, 2012).

O *Lean Seis Sigma* é a combinação dos princípios *Lean Manufacturing* e Seis Sigma para revolucionar a gestão operacional. É uma ferramenta estratégica abrangente, poderosa e eficaz para a solução de problemas e criação de novos processos/produtos, gerando maior competitividade e desempenho financeiro para a empresa (HORS *et al*, 2012; THOMAS; BARTON; CHUKE-OKAFOR, 2009; FONTE, 2008).

O *Lean Seis Sigma* tem sido aplicado a uma diversidade de problemas na indústria e no setor de serviços, mas, por ser uma filosofia, não apresenta métodos de implantação

individuais (SARKAR; MUKHOPADHYAY; GHOSH, 2013; SNEE, 2010; THOMAS; BARTON; CHUKE-OKAFOR, 2009). Problemas específicos devem ser analisados à luz da filosofia *Lean Seis Sigma* e resultar em metodologia de implantação.

Quando o assunto é competitividade, é necessário que as organizações analisem internamente os processos de fabricação de seus produtos a fim de estarem à altura de seus concorrentes na entrega de produtos enxutos e de valor agregado.

Neste sentido, uma das maneiras de agregar valor aos processos e produtos de uma empresa é a inserção de representantes acadêmicos para contribuição de conhecimento teórico na solução de problemas reais da industrial.

Da combinação dos saberes acadêmico e prático, há uma troca de experiências que enriquecem os cientistas e profissionais da indústria, permitindo que haja enfoque duplo e diversificado na solução de problemas complexos.

Portanto, à luz da filosofia *Lean Seis Sigma*, quais procedimentos são necessários para analisar a lucratividade de produtos a fim de identificar e recuperar aqueles que são objeto de prejuízo financeiro para as empresas? Esse questionamento conduz a execução deste trabalho.

1.1 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é, à luz da filosofia *Lean Seis Sigma*, intervir de forma crítica-colaborativa na elaboração de procedimentos para análise da lucratividade de produtos em uma empresa especialista no processamento de aço.

1.2 Delimitação do tema

O presente trabalho se limita ao estudo da filosofia de gestão produtiva *Lean Seis Sigma*, onde, a partir do referencial teórico, pretende-se analisar seus conceitos e direcioná-los ao setor de autopeças, em especial às empresas atuantes no processamento de materiais metálicos, detentoras de tecnologias para processos de corte, estampagem e soldagem de componentes, subconjuntos e conjuntos de aço. Dentre os diversos produtos da organização, focou-se em produtos que apresentavam possível baixa lucratividade, não fazendo parte do escopo deste trabalho estender os procedimentos propostos para outras classes de produtos ou segmentos da cadeia de produção automotiva.

1.3 Justificativa

Em um mundo globalizado, as organizações enfrentam um ambiente cada vez mais dinâmico, inovador e competitivo, de modo que essa condição exige uma adaptação contínua à evolução do mercado (MACHADO; FRANCISCO, 2005).

Em 2008, a crise financeira afetou toda a economia mundial, provocando a desaceleração do crescimento em muitos setores, inclusive no Brasil. No entanto, a indústria automobilística, com os incentivos concedidos pelo governo brasileiro, cresceu substancialmente em relação aos demais (SANTOS; MONTEIRO; CERQUEIRA, 2008).

O mercado automotivo do Brasil é o quarto maior do mundo, com vendas superiores à 3,3 milhões de unidades em 2012, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2013).

A crise financeira e o subsequente desempenho brasileiro tornaram o País destino certo para automóveis produzidos em outras localidades, como Alemanha, China e Coréia (SINDIPEÇAS, 2013).

Diante da estagnada economia europeia e norte-americana, muitos fabricantes de automóveis de passeio como Mercedes-Benz, Audi, BMW, JAC Motors, Chery e montadoras de veículos comerciais como Shacman, DAF, Sinotruk e Foton, anunciaram a entrada no mercado brasileiro.

Montadoras presentes no Brasil como Fiat, Ford, Toyota, Renault, Nissan, Peugeot/Citroen confirmaram grandes investimentos para modernização e ampliação da capacidade produtiva de suas fábricas. No total, considerando os novos entrantes e as empresas montadoras de veículos já presentes no Brasil, serão investidos aproximadamente R\$40 bilhões de reais até 2015 (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2012).

Este cenário promissor leva a reboque outros setores da economia brasileira, como o mercado de componentes automotivos onde, nos próximos três anos, deverão ser aplicados R\$20 bilhões (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2012).

É fato que a retomada das vendas de veículos tem contribuído para um aumento expressivo da produção no segmento de autopeças. Assim, a maior preocupação com o desempenho futuro do setor no Brasil diz respeito à sua capacidade de aproveitar o *boom* de crescimento das montadoras para consolidar-se como uma base importante de produção e de exportação de componentes automotivos (SARTI *et al*, 2008).

No entanto, a indústria brasileira encontra grande concorrência no mercado global de autopeças devido à falta de competitividade de seus produtos.

A balança comercial da indústria de autopeças fechou 2012 com um enorme déficit. No período, as exportações somam US\$940,29 milhões enquanto que foram importados US\$ 1,89 bilhão em produtos, gerando um déficit de 55,2%. A maior parte das importações originaram-se de mercados estagnados pela crise mundial e com grande necessidade de exportar seus produtos: Alemanha, EUA e Japão (SINDIPEÇAS, 2013).

A falta de competitividade da indústria brasileira se deve principalmente aos elevados preços ofertados pelos fabricantes, pois repassam aos clientes os altos custos de produção. Entre os fatores que cooperam para a elevação dos preços estão a ineficiência do sistema produtivo, as altas cargas tributárias e custos logísticos e de mão de obra. Como resultado, as montadoras recorrem às importações de componentes e produtos acabados, pois, além de serem mais baratos, possuem maior tecnologia agregada. Como consequência da alta taxa de importação, o parque industrial brasileiro de autopeças está ocioso em torno de 40% (BRANCO, 2013).

Estes reflexos estão sendo sentidos no mercado automotivo em relação ao aumento da competitividade entre as empresas e seus produtos, de forma que as organizações não contestam que precisam ser mais competentes para manter ou melhorar sua saúde financeira (RUI *et al*, 2011).

Neste sentido, muitas indústrias têm lançado mão de programas que promovem a competitividade de seus produtos por meio da redução do custo e aumento de sua eficiência utilizando princípios de manufatura enxuta (GREMYR; FOUQUET, 2012; MACEDO; POSSAMAI, 2012; SAURIN; FERREIRA, 2009; FERNANDES; TURRIONI, 2007; KUMAR *et al*, 2007).

Segundo Salah, Rahin e Carretero (2010), ferramentas de manufatura enxuta como *Lean Manufacturing* e Seis Sigma tem sido aplicadas largamente na indústria e consideradas as melhores metodologias para aumento da *performance* de processos.

A fusão de conceitos e a aplicação sinérgica do *Lean* e do Seis Sigma tem promovido vantagens que de outra de forma não seriam obtidos (GREMYR; FOUQUET, 2012; CHANG; SU, 2007), gerando a filosofia *Lean Seis Sigma*.

Apesar do *Lean Seis Sigma* impactar positivamente no desempenho das empresas e ser bem relatado na literatura, ainda há a carência de estudos que abordem sua aplicação no setor de autopeças, principalmente em indústrias especialistas no processamento de aço.

Uma lacuna observada na literatura é a falta de aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* para analisar a lucratividade de produtos por meio da comparação entre o sistema

produtivo planejado na fase inicial de um novo projeto e a execução real deste sistema produtivo.

Quando se compara o sistema planejado *versus* sistema executado e observa-se uma distância entre estes, permite-se identificar a alteração da lucratividade do produto, o que pode impactar de forma negativa e significativa no desempenho financeiro da empresa.

No entanto, nota-se que as empresas não tratam produtos de baixa lucratividade de forma especial, pois não há segregação entre produtos que geram lucros e produtos que geram prejuízos à organização, sendo as duas categorias abordadas da mesma forma.

Portanto, é necessário criar procedimentos para identificação de produtos de baixa lucratividade, analisar seus processos produtivos e encontrar formas para reabilitação de sua eficiência operacional à luz da filosofia *Lean Seis Sigma*.

Essa estratégia é necessária pois estes produtos impactam significativamente nos resultados financeiros da empresa e afetam a competitividade da organização no mercado.

1.4 Método de pesquisa

Este estudo caracteriza-se pelo uso da pesquisa-ação, pois propõe-se partir de uma situação real em sua complexidade para compreendê-la e transformá-la. A pesquisa-ação é um método qualitativo e alternativo na qual há influência do sujeito sobre o objeto e vice-versa.

A realidade estudada reúne sujeitos que constituem um grupo de interessados em um problema que emerge num dado contexto no qual atuam e desempenham diferentes papéis para obtenção de objetivos e metas comuns (PIMENTA, 2005).

Diante do fenômeno a ser estudado, a função do pesquisador é equacionar, contextualizar e situar os problemas encontrados em um cenário teórico mais amplo e propiciar que os envolvidos tenham maior consciência, aperfeiçoando a transformação das ações dos sujeitos e das práticas organizacionais (THIOLLENT, 1994).

A pesquisa-ação é desenvolvida em conjunto ao grupo envolvido e as decisões são tomadas de forma coletiva, estabelecendo um trabalho participativo e uma relação entre o conhecimento popular e o científico, provocando a troca de saberes (VASCONCELOS, 1997).

Segundo Vergara (2013), quanto aos fins, o presente trabalho tem por natureza caráter intervencionista, pois visa atuar de forma participativa em uma realidade social.

Em relação ao método de abordagem, fez-se uso do método dedutivo da pesquisa, partindo de aspectos mais abrangentes do tema para focar nas proposições deste trabalho (GIL, 1999).

Quanto ao método para observar as causas do problema, este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa qualitativa, pois foca na interpretação dos fenômenos e aplicada, por buscar soluções para os problemas encontrados (JUPP, 2006; DANTON, 2000).

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa de autopeças com o propósito de analisar e intervir de forma crítica-colaborativa nas ações de um grupo de estudos de lucratividade de produtos. O fluxo de desenvolvimento do trabalho é apresentado na Figura 1.

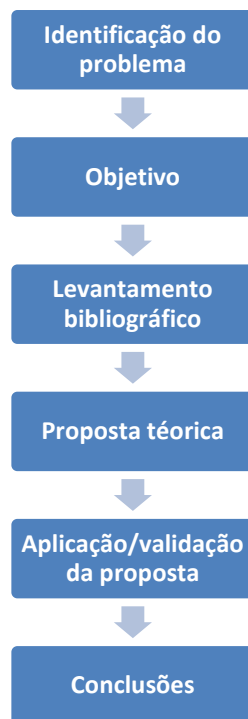


Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.

O objetivo do grupo de estudo de lucratividade dos produtos é gerar um conjunto de procedimentos capaz de identificar *déficits* de produção entre o produto orçado e o produto executado e estancar perdas financeiras.

Neste contexto, a função crítica-colaborativa do pesquisador foi analisar as ações geradas pelo grupo de estudos e, sob o enfoque teórico, observar o fenômeno e suas causas de forma a propor uma sistemática para aprimoramento do programa da organização.

Para isso, foi realizada uma revisão teórica baseada na literatura disponível sobre a filosofia *Lean Seis Sigma*. A escolha dessa metodologia reside no fato de ser altamente aplicável e flexível na investigação e solução de uma diversidade de problemas.

As fontes utilizadas foram publicações em revistas científicas nacionais e internacionais, anais de congressos, livros, monografias, dissertações e teses sobre o assunto dominante. O objetivo do suporte literário é gerar conhecimento teórico para identificar as particularidades do fenômeno e gerar conteúdo crítico para discutir os resultados encontrados.

Sob o enfoque teórico, foram realizadas análises *in loco* com vistas a compreender a dinâmica do sistema produtivo e identificar os fatores que cooperam para o surgimento do problema. Assim, foram utilizadas técnicas de coleta de dados qualitativos como: observação de rotinas de trabalho, entrevistas com operadores e gestores, análise de documentos, análise e interpretação de registros, dados e fatos coletados. A utilização de mais de uma destas ferramentas de forma simultânea permite que o investigador compreenda melhor o fenômeno estudado.

Em seguida, foram observadas as ações geradas pelo grupo de estudo, confrontando o conhecimento teórico e as atividades reais de produção para propor uma intervenção no programa, visando aperfeiçoar o desempenho dos resultados da equipe de estudos. Ao final, os procedimentos foram aplicados em um determinado produto e os resultados foram validados para que o modelo de implantação se estenda para outros itens da empresa.

Assim, os procedimentos propostos apresentados neste trabalho poderão ser utilizados como base para outras empresas do segmento de autopeças especializadas na estampagem e soldagem do aço.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado em seis capítulos e desenvolve-se de um cenário abrangente para a contemplação de uma realidade industrial.

O Capítulo 1 realiza uma breve introdução à necessidade das empresas em se manterem competitivas no mercado automobilístico global. É apresentado também o objetivo principal do trabalho e os fatores que motivaram a abordagem do problema.

O Capítulo 2 faz uma revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing*, Seis Sigma e a integração dos sistemas, originando a filosofia *Lean Seis Sigma*. São apresentados conceitos, princípios, ferramentas dos temas abordados e comparações entre o *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma, a fim de elucidar a complementação dos métodos.

O Capítulo 3 propõe os procedimentos para análise da lucratividade de produtos, cerne deste trabalho. São apresentados os elementos essenciais e a forma de execução, percorrendo os fatores primordiais para uma análise de processos produtivos.

No Capítulo 4, é realizada a aplicação dos procedimentos propostos no capítulo anterior uma indústria de autopeças, onde serão analisados os processos operacionais atuais de um determinado produto, confrontando-os os parâmetros encontrados com aqueles utilizados na fase de planejamento do sistema produtivo. Neste capítulo, são identificadas as principais causas para o surgimento da baixa lucratividade e são apresentadas algumas soluções para eliminação ou redução dos efeitos do problema.

O Capítulo 5 aborda as contribuições da pesquisa-ação para desenvolvimento desde trabalho, apresentando qual era o escopo inicial do programa da empresa e o seu formato final após a intervenção do pesquisador.

Durante o Capítulo 6, são apresentadas as conclusões do trabalho, as contribuições e limitações do trabalho, assim como propostas de trabalhos futuros.

Para finalizar o trabalho, são apresentadas as referências bibliográficas, base para formação do conhecimento teórico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 *Lean Manufacturing*

De forma geral, *Lean Manufacturing*, também conhecido como Produção Enxuta, é a interpretação ocidental do Sistema Toyota de Produção. Ao traduzir o termo para a língua portuguesa, *Lean* significa magro, sem gordura, esbelto, refletindo seu propósito de utilizar menos esforço humano, menos espaço, menos investimentos em ferramentas e menos tempo em engenharia para desenvolvimento e produção industrial (MOREIRA, 2011).

A filosofia *Lean* possui origem no período pós Segunda Guerra Mundial. Nesta triste fase da história da humanidade, o Japão atravessava uma grande crise financeira com seu mercado interno limitado e grande falta de mão de obra especializada. Destruído pelas forças aliadas, o parque industrial japonês dispunha de poucos recursos financeiros para investir no sistema de produção em massa, que caracterizava o modo produtivo implantado por Henry Ford em suas fábricas (RIANI, 2006).

Diante deste cenário, o vice-presidente da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno, notou que os métodos tradicionais de produção não eram mais aplicáveis à realidade japonesa. Ohno observou também que era necessário criar um novo modelo gerencial que permitisse um sistema produtivo mais eficiente. Assim, foi elaborado um conjunto de métodos e técnicas produtivas que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção (Figura 2) e utilizado como base para o surgimento do *Lean Manufacturing*. À medida que o novo sistema de produção se espalhou pelo País, o Japão foi afastando-se gradativamente da crise econômica, culminando no “milagre japonês” (MOREIRA, 2011).



Figura 2 – Elementos estruturais do Sistema Toyota de Produção (LIKER, 2005).

Seguindo Liker (2005), os 4P's que fundamentam o Sistema Toyota de Produção (Figura 2) e que impulsionaram as empresas japonesas são:

1. Filosofia (*Philosophy*): a filosofia representa o pensamento de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
2. Processo (*Process*): processos corretos possibilitam alcançar melhores resultados econômico-financeiros;
3. Pessoas e Parcerias (*People and Partners*): sob a filosofia de longo prazo, desenvolver pessoas e parceiros que adicionem valor ao cliente de forma contínua;
4. Solução de Problemas (*Problem Solving*): a resolução de problemas de forma contínua e sistemática conduz a empresa à aprendizagem organizacional.

Em um passado mais recente, os princípios criados pela Toyota se espalharam por todo o mundo, apresentando ótimos índices de produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos. A nova filosofia tem sido implantada com sucesso por inúmeras empresas para se manterem competitivas em um mercado cada vez mais globalizado (AZIZ; HAFEZ, 2013; CHEN; CHANG; HUANG, 2013; AR; AL-ASHRAF, 2012).

O *Lean Manufacturing* é um modelo de negócios que tem por objetivo eliminar desperdícios de produção e criar valor aos produtos. Por meio de práticas de trabalho sinérgicas, o *Lean Manufacturing* proporciona um desempenho muito superior para os clientes, colaboradores, acionistas e sociedade em geral (BHASIN, 2012; CELIS; GARCÍA, 2012).

Algumas pesquisas apontam que esta filosofia de produção apresenta maior eficiência do que as tradicionais práticas de manufatura, reunindo as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando as inconveniências inerentes à estes sistemas. A filosofia prega por concepção de equipes dotadas de trabalhadores multifuncionais em toda esfera organizacional, ausência de estoque, uso de máquinas flexíveis para fabricar uma maior variedade de produtos, fornecendo ao cliente exatamente o que é necessário, com maior valor agregado, qualidade e com menos custos adicionais a partir dos recursos existentes (AZEDEGAN *et al* 2013; BEHROUZI; WONG, 2011; WOMACK; JONES, ROOS, 1992).

2.1.1 Princípios do pensamento *Lean*

O pensamento *Lean* é um conjunto de ferramentas que tem por objetivo melhorar o fluxo de trabalho por meio de um sistema. Esta abordagem expõe os problemas de qualidade e busca eliminar quaisquer resíduos da cadeia que não agreguem valor ao produto (AZIZ; HAFEZ, 2013; YOUSRI *et al*, 2011).

É uma forma de criar valor por meio da formulação da melhor sequência de ações para executar determinadas tarefas, sem interrupções e de forma eficaz, produzindo mais com menos recursos (MOREIRA, 2011).

Womack e Jones (1996) propõem os cinco passos do pensamento *Lean* e que compõem os conceitos da mentalidade enxuta. Os autores afirmam que há um conjunto de atividades que devem ser seguidas para transformar problemas do método produtivo em fluxos operacionais bem organizados. Os passos são apresentados em sua sequência:

1. Valor: somente o cliente pode definir o valor do produto e a empresa deve focar e identificar as expectativas do cliente quanto ao produto final;
2. Identificar a cadeia de valor: identificar o fluxo de valor por meio da observação de cada atividade que o compõe, dissecando a cadeia produtiva e classificando os processos em três tipos de atividades: (1) aquelas que agregam valor, (2) aquelas que não agregam valor, mas são importantes para manter a qualidade do produto e (3) aquelas que não agregam valor e devem ser evitadas imediatamente. Os processos que gerem desperdícios devem ser combatidos a fim de se permitir um ótimo fluxo de produtos, materiais e informações (NETO, 2008);
3. Criar fluxo contínuo: a eliminação de desperdícios permite a criação de um fluxo contínuo que evita interrupções nas atividades que agregam valor ao produto final.

Deve-se focar nos produtos e necessidades dos clientes e reduzir atividades que não gerem valor;

4. Produção puxada: deve-se fabricar de forma que o cliente (e não a empresa) “puxe” a necessidade de produção e que os bens ou serviços alcancem o cliente somente quando solicitado, no momento certo. Esse princípio evita o acúmulo de produtos em estoque. A prática de fabricação puxada limita a quantidade de trabalho em progresso e reduz o tempo entre a concepção e lançamento do produto e entre a venda e a entrega;
5. Buscar a perfeição: esse é a essência da filosofia *Lean*. As interações dos quatro passos anteriores criam um círculo vicioso que expõe desperdícios, gerando valor de forma mais rápida ao fluxo produtivo. Assim, a cada novo pedido do cliente, novos desperdícios são identificados e eliminados, aperfeiçoando o sistema de forma contínua.

Ao examinar o pensamento *Lean* sob a vista de Womack e Jones (1996), observa-se que os cinco princípios eleitos pelos autores estão contidos dentro dos 14 princípios que sustentam o Sistema Toyota de Produção (Figura 3), e que este último está implicitamente embutido nos 4P's apresentados anteriormente. Liker (2005) apresenta os 14 princípios que regem o modelo Toyota:

1. Decisões administrativas devem se basear na filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo;
2. Trazer problemas à tona através da criação de um fluxo de processo;
3. Utilizar sistemas “puxados” para prevenir a superprodução.
4. Nivelar a carga de trabalho;
5. Desenvolver a cultura de interromper e solucionar problemas para que, logo na primeira tentativa, seja obtida a qualidade desejada;
6. Padronizar tarefas é a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários;
7. Utilizar o controle visual para identificar problemas ocultos;
8. Utilizar somente tecnologia confiável e testada e que atenda aos funcionários e processos;
9. Desenvolver líderes que vivam a filosofia, compreendam completamente o trabalho e que possam ensinar aos outros;
10. Desenvolver pessoas e equipes de forma excepcional e que sigam a filosofia da empresa;
11. Respeitar, desafiar e cooperar com sua rede de parceiros e fornecedores;

12. Ver por si mesmo para entender completamente a situação;
13. Na tomada de decisões, fazê-la lentamente e por consenso, considerando todas as opções e implementá-las com rapidez;
14. Ser uma empresa de aprendizagem por meio da reflexão incansável e da melhoria contínua.



Figura 3 – Os 4 P's e os 14 princípios do Sistema Toyota de Produção (LIKER, 2005).

Segundo Nunes (2010), para cada um dos cinco princípios do pensamento *Lean* apresentados, existe um conjunto de ferramentas que os auxiliam em sua implementação prática. Estas ferramentas são apresentadas na Figura 4.

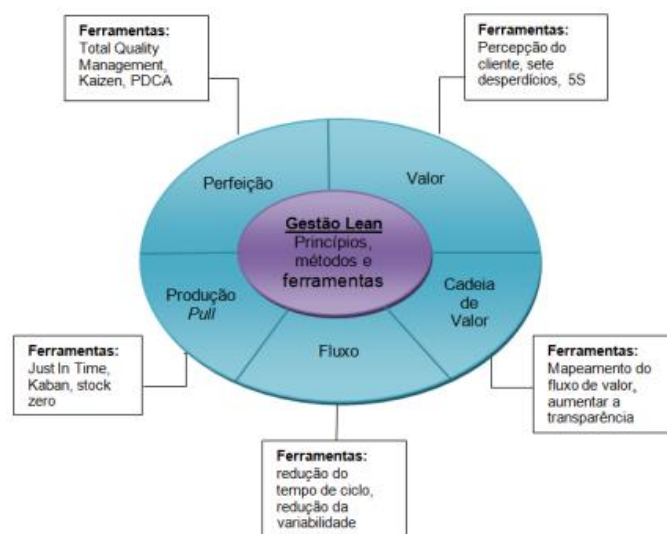


Figura 4 – Relação entre os cinco princípios *Lean* e as ferramentas práticas que os suportam (NUNES, 2010).

2.1.2 Os desperdícios segundo a filosofia *Lean*

De modo a introduzir o pensamento *Lean* nas companhias, a filosofia afirma que é de fundamental importância identificar, compreender e eliminar os desperdícios presentes na cadeia produtiva, a fim de selecionar e aplicar as ferramentas mais adequadas à situação (HICKS, 2007).

Considera-se desperdício toda atividade industrial que consuma algum tipo de recurso e que não agregue valor ao produto (NUNES, 2010).

Portanto, uma produção reconhecida como “*enxuta*”, é o resultado da eliminação ou redução de sete tipos clássicos de desperdícios, presentes em qualquer indústria. Ganhos consideráveis em eficiência ocorrem quando os desperdícios são eliminados completamente (VLACHOS; BOGDANOVIC, 2013; KINSEY, 2010; SINGH *et al*, 2010; RIANI, 2006).

Os sete tipos de perdas definidas por Taiichi Ohno e divulgados por Shigeo Shingo, consultor de qualidade da Toyota são (UITDEHAAG, 2011; MANFREDINI; SUSKY, 2010):

1. Transporte de materiais: perda relacionada ao deslocamento desnecessário de componentes ou produtos ainda em produção. Os deslocamentos devem ser eliminados ou reduzidos por meio de um leiaute eficiente, minimizando as distâncias a serem percorridas (RIANI, 2006).
2. Inventário: acúmulo de peças à espera de processos subsequentes ou produtos finalizados ainda não enviados ao cliente. Este tipo de desperdício pode estar relacionado ao excesso de produção.
3. Movimentação: deslocamentos desnecessários de pessoas, informações, ferramentas, equipamentos entre outros durante os processos. A má organização do leiaute e dos postos de trabalho coopera para este tipo de perda.
4. Espera: espera desnecessária de pessoas, componentes ou produtos para iniciar a próxima etapa de trabalho ou presença de momentos onde não há processamento, tarefas de inspeção de qualidade ou transporte.
5. Processos desnecessários: etapas desnecessárias no processamento do produto e que não impactam diretamente na qualidade final do produto. O uso de equipamentos ou materiais inadequados coopera para o surgimento de processos desnecessários como o retrabalho.
6. Superprodução: fabricação de produtos além da quantidade demandada ou fabricados antes do momento exato. Esse tipo de desperdício gera altos custos como a necessidade de maior área de estoque, manutenção e conservação de

produtos acabados, recursos humanos, energia, utilização extra de equipamentos entre outros.

7. Defeitos: produtos de qualidade inapropriada, causando desperdício de materiais, mão de obra, equipamentos e tempo. Cria atividades de retrabalho em paralelo ou descarte de produto fora das especificações.

Há ainda um oitavo desperdício designado por subutilização do potencial de pessoas, relacionado diretamente com o poder de novas ideias, inovação e criatividade (HICKS, 2007).

Riani (2006) classifica os sete tipos de desperdícios descritos acima com três aspectos fundamentais da indústria: pessoas, quantidade e qualidade (Figura 5). O autor sugere ainda que atuar diretamente nestes três pontos, possibilita-se reduzir ou eliminar perdas presentes no processo.

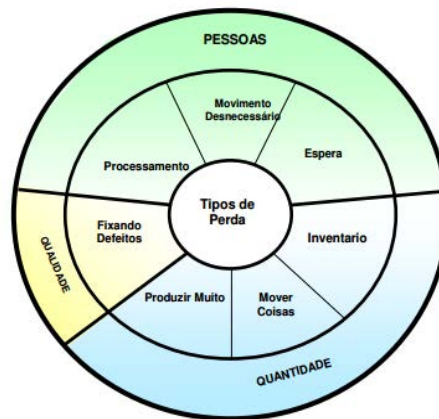


Figura 5 – Relação dos sete tipos de desperdícios com pessoas, quantidade e qualidade (RIANI, 2006).

Após identificar as principais fontes de desperdício em um processo produtivo, faz-se necessário aplicar ferramentas da metodologia *Lean* para combater estas perdas e tornar o processo mais eficiente (AZADEGAN *et al*, 2013; AR; AL-ASHRAF, 2012).

2.1.3 Ferramentas *Lean Manufacturing*

De forma prática, o *Lean Manufacturing* consiste na implementação de um conjunto de técnicas e ferramentas que visam reduzir os desperdícios presentes em um processo produtivo (HICKS, 2007).

Dentre as diversas ferramentas disponíveis pela metodologia *Lean*, as principais são (WOMACK; JONES, 2004):

- Mapa do Fluxo de Valor: do inglês *Value Stream Mapping* (VSM), o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta eficaz que analisa todo o fluxo produtivo por meio de três passos. O primeiro passo refere-se à representação do estado real através de um diagrama, analisando o fluxo de informações e os caminhos percorridos por materiais. Na segunda etapa, é criado um mapa do fluxo de valor do estado futuro para identificar as causas dos desperdícios e as melhorias de processos que impactam positivamente. O terceiro passo é a aplicação das oportunidades de melhorias observadas (AR; AL-ASHRAF, 2012);
- Troca Rápida de Ferramentas: do inglês *Single Minute Exchange of Die* (SMED), a troca rápida de ferramentas é uma técnica muito útil, porém, pouca difundida. O objetivo central da SMED é reduzir o tempo necessário para troca de ferramenta, realizando atividades em paralelo enquanto a máquina está em funcionamento para simplificar e agilizar as etapas restantes. Nesta técnica, as atividades de troca de ferramenta são divididas em atividades externas, que são realizadas enquanto a máquina estiver funcionando e atividades internas, realizadas enquanto a máquina está desligada (ALMOMANI *et al*, 2013);
- 5S: o 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*) é técnica de organização do ambiente de trabalho que visa reduzir as ineficiências e perda de tempo e materiais nas atividades diárias, simplificando as tarefas e melhorando a organização do fluxo de operações. O método prega um ambiente limpo e organizado, onde os fluxos e informações estejam claramente identificados e os objetos e ferramentas de trabalho estejam prontamente disponíveis (BERTHOLEY *et al*, 2009);
- TPM: do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), o TPM é uma técnica de manutenção de equipamentos realizada por todos os empregados através de atividades em pequenos grupos. O objetivo principal é a eliminar a ocorrência de avarias, defeitos, acidentes, desperdício e custos, reduzir o tempo de inatividade e aumentar significativamente a disponibilidade e produtividade dos equipamentos. A TPM estimula o envolvimento intra e inter-departamentos de uma empresa para maximizar a eficácia global dos equipamentos de produção e a qualidade do produto (BAKRI *et al*, 2012);
- *Kaizen*: *Kaizen* é uma palavra de origem japonesa que significa mudança (*kai*) para se tornar melhor (*zen*). Seus princípios estão baseados na mudança, eficiência, desempenho e a eliminação de desperdícios por meio de melhorias pequenas e

contínuas. Essa técnica busca envolver todos os trabalhadores da empresa no processo de melhoria contínua para implementação e otimização de novas rotinas (TETTEH, 2012);

- *Kanban*: é definido como um mecanismo para controlar o fluxo de materiais, matéria-prima, fornecimento de componentes e níveis de estoques, monitorando a quantidade e o momento adequado de suprimento da produção. Esta ferramenta utiliza cartões para identificar as necessidades de fornecimento à produção de peças. Os cartões são dispostos nos postos de trabalho ou em setores específicos. À medida que são retirados de sua posição original, é gerada uma necessidade para o posto anterior, criando uma produção puxada (JUNIOR; FILHO, 2010);
- *Poka-Yoke*: esta ferramenta é um mecanismo criado para detectar, evitar e erradicar erros e defeitos. Inspecciona 100% das peças e trabalha de forma independente em relação ao tempo de atenção do operador. A utilização de *Poka-Yokes* pode corrigir erros em sua origem, evitar retrabalhos e impedir que o produto apresente falhas ao cliente final (SAURIN; RIBEIRO; VIDOR, 2012).

Segundo Behrouzi e Wong (2011), a aplicação simultânea de ferramentas *Lean*, selecionadas por meio de um diagnóstico inicial do modo produtivo, irão determinar os resultados e o sucesso do programa.

Em muitos casos, as transformações pregadas pela filosofia *Lean* são radicais e necessitam de um trabalho cultural na organização para que sua implantação obtenha sucesso (VLACHOS; BOGDANOVIC, 2013).

2.2 Seis Sigma

O Seis Sigma é uma estratégia de negócios que visa encontrar e eliminar as causas de defeitos e erros, reduzir os tempos de ciclo e custo das operações, melhorar a produtividade e atender melhor as expectativas dos clientes (PARAST, 2011).

Seu conceito foi desenvolvido pelo engenheiro da Motorola William Smith para ser utilizado como uma ferramenta para melhorar a confiabilidade e a qualidade dos produtos, com foco especial na redução de defeitos e aperfeiçoar os processos de produção (KUMAR *et al*, 2008).

Nos anos 80, a Motorola foi a primeira organização a utilizar os princípios do Seis Sigma como parte do seu programa de qualidade e melhoria contínua de seus processos. Desenvolvido inicialmente como uma estratégia operacional, o Seis Sigma evoluiu para uma

estratégia empresarial amplamente utilizada em todo o mundo corporativo (KUMAR *et al*, 2008; KWAK; ANBARI, 2006).

Ao longo dos anos, muitas empresas, como a *General Electric*, *Allied Signal*, *Raytheon*, e *Delphi Automotive* implementaram sistemas Seis Sigma, e estas declaram que seus programas transformaram a organização, melhoraram o desempenho operacional e aumentaram a satisfação dos clientes em relação aos produtos e serviços da empresa (CHAKRAVORTY, 2009).

Mas especialmente na última década, o Seis Sigma recebeu considerável atenção de companhias globais para maximizar o lucro das empresas, posicionando-se como uma ferramenta estratégica para geração de vantagem competitiva (BÜYÜKÖZKAN; ÖZTÜRKCAN, 2010).

O Seis Sigma é uma ferramenta de gestão flexível, abrangente, com aplicação disciplinada de seus conceitos, e que, por meio da melhoria contínua da qualidade dos produtos e processos, tem por objetivo principal sustentar e maximizar os resultados financeiros da empresa, concomitantemente com o aumento da satisfação do cliente (SHAFER; MOELLER, 2012; WERKEMA, 2004).

Não somente uma técnica, mas uma filosofia de produção, o Seis Sigma está focado na redução da variação de processos por meio de um método estruturado e aplicação de medidas estatísticas de desempenho (BÜYÜKÖZKAN; ÖZTÜRKCAN, 2010).

Os principais elementos-chave da abordagem Seis Sigma são: a atenção especial às necessidades dos clientes, o uso de medidas de *performance*, foco na melhoria dos processos para reduzir sua variação, aplicação de metodologias para resolver problemas e geração de resultados comerciais tangíveis (CELIS; GARCÍA, 2012; SHAFER; MOELLER, 2012).

De forma estatística, Seis Sigma é o termo utilizado para representar uma variação média do processo limitada à 3,4 defeitos por milhão, ou uma taxa de 99,99966% de êxito (KWAK; ANBARI, 2006). Cada incremento sigma conduz à uma redução exponencial dos defeitos e a um aumento da confiabilidade. A escala Sigma de defeitos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Significado da escala Sigma (Adaptado de Trad e Maxiômiano, 2009)

Taxa de Acerto [%]	Taxa de Erro [%]	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)	Escala Sigma
30,9	69,1	691.462	1,0
69,1	30,9	308.538	2,0
93,3	6,7	66.807	3,0
99,3	0,62	6.210	4,0
99,977	0,023	233	5,0
99,99966	0,00034	3,4	6,0

Empresas que atingem o patamar Seis Sigma de produção são consideradas como classe mundial de qualidade (CHABUKSWAR *et al*, 2011).

Parafraseando Harry (diretor da Motorola durante a implantação do Seis Sigma), se alguém tivesse que limpar um tapete de 140 metros quadrados com qualidade 3 sigma, ao final da atividade, notaria-se que a superfície continuaria suja e que esta área corresponderia à aquela ocupada por uma cadeira. Se outra pessoa aplicasse uma limpeza de qualidade 6 sigma, a área suja seria equivalente ao tamanho da cabeça de um alfinete (LOPES *et al*, 2010).

2.2.1 A metodologia DMAIC

No início do desenvolvimento da metodologia Seis Sigma, a Motorola baseou-se no ciclo de melhoria de processos PDCA (do inglês *Plan, Do, Check, Act*) para desenvolver seu próprio método de implantação (MAIC, siglas originadas de suas iniciais em inglês *Mensure, Analyse, Improvement e Control*), baseado em quatro etapas para melhorar a qualidade de seus produtos (LIMA; BARBUIO; COSTA, 2009; HO; CHANG; WANG, 2008).

Por meio destas fases, o modelo se aperfeiçoou ao inserir o estágio *Define* e atingiu sua versão atual intitulada como método DMAIC, que se baseia nos cinco passos abaixo (CHABUKSWAR *et al*, 2011):

- Definir: definir os objetivos dos processos de melhorias que são consistentes com as necessidades dos clientes e com a estratégia da empresa;
- Medir: realizar medidas dos processos atuais e coletar informações importantes para comparações futuras;
- Analisar: checar a relação e causalidade dos fatores, certificando que todos os fatores foram considerados;
- Melhorar: aperfeiçoar os processos estudados com base nas análises realizadas;

- Controlar: assegurar que todas as variações foram consideradas antes de se apresentarem como defeitos, controlando efetivamente o processo.

O DMAIC é uma abordagem estratégia desenvolvida especialmente para eliminar defeitos e reduzir a variação produtiva, gerando um ciclo de aperfeiçoamento contínuo (KUMAR *et al*, 2008).

Considerando as necessidades do cliente, o desempenho atual é medido, as variáveis que afetam os interesses do cliente são analisadas e como consequência o processo é melhorado, aplicando-se ferramentas de monitoramento para controle (BÜYÜKÖZKAN; ÖZTÜRKCAN, 2010).

A metodologia DMAIC é um ciclo fechado utilizado para resolução de problemas que elimina etapas improdutivas, busca novas medidas de desempenho e aplica tecnologia para melhoria contínua (CHAKRAVORTY, 2009; KWAK; ANBARI, 2006).

A estrutura do método está baseada na teoria de rotinas organizacionais, ou seja, gerar rotinas para mudar rotinas já estabelecidas ou criar novas. O método DMAIC é consistente com os passos de resolução de problemas do modelo PDCA e coloca mais ênfase na integração de ferramentas específicas para cada etapa do método (SCHROEDER *et al*, 2008).

Para a implementação de um programa Seis Sigma, há uma hierarquia de especialização normalmente identificados pelo nível de treinamento. Neste sistema, há quatro diferentes níveis de cinto, onde os treinamentos oferecidos são customizados de acordo com o nível de envolvimento no projeto e define as funções e responsabilidades dos indivíduos nos processos de implantação (KWAK; ANBARI, 2006).

Os graus de titulação são denominados como *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e *Yellow Belts*. O papel de um *Champion* é dirigir todo o programa Seis Sigma em uma empresa; o *Master Black Belt* é responsável por gerenciar uma equipe Six Sigma e responder ao *Champion*; *Black Belt* tem por função acompanhar a execução de grandes projetos, reportando-se ao *Master Black Belt*; por fim, o *Green Belt* é responsável pela execução de pequenos projetos Seis Sigma (HO; CHANG; WANG, 2008).

Na filosofia Seis Sigma, a cada fase implantada pelo método DMAIC, um conjunto bem definido e aquedado de ferramentas é selecionado e aplicado, resultando em um estruturado programa de melhoria de processos (SHAFER; MOELLER, 2012).

2.2.2 Ferramentas da metodologia Seis Sigma

O Six Sigma utiliza técnicas estatísticas seguindo as fases do DMAIC para estudo e análise dos dados coletados. A finalidade da utilização destas técnicas é de encontrar as causas raízes dos problemas, eliminá-los ou melhorá-los e mantê-los sob controle depois de efetuada a mudança (FERNANDES, 2008).

Por meio das ferramentas estatísticas, é possível identificar, entender e organizar os processos-chave que necessitam de melhorias e que afetam a satisfação do cliente (CELIS; GARCÍA, 2012).

As ferramentas Seis Sigma permitem que a maioria dos problemas possam ser identificados e resolvidos. Cada ferramenta tem o seu momento e a sua aplicação, não havendo uma indicação específica para saber qual ferramenta deverá ser utilizada em cada fase do DMAIC. A ferramenta depende do problema abordado, de seu grau de influência, da fase em que é encontrado, das informações obtidas, dos dados históricos disponíveis (TÁVORA, 2009; OLIVEIRA *et al*, 2009).

A seguir, são apresentadas algumas ferramentas básicas de controle estatístico de qualidade que podem ser utilizadas nos programas Seis Sigma:

- Diagrama de Pareto ou gráfico de Pareto: técnica de análise de causas que torna visível os elementos críticos. As causas que originam o problema e sua localização no sistema são apresentadas de maneira clara, facilitando a tomada de ações. Esta ferramenta é utilizada também para estabelecer uma ordem de priorização no combate às causas (OLIVEIRA; ALLORA; SAKAMOTO, 2006);
- Diagrama de Ishikawa: também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta que auxilia na compreensão dos principais problemas e os parâmetros de influência entre os diferentes problemas. Com o Diagrama de Ishikawa, é possível identificar as relações entre causa e efeito e classificar sua importância e esses parâmetros (MEYER, 2007);
- Folhas de verificação: são formulários estruturados para coleta de dados. A observação do processo e o registro de ocorrências permitem uma rápida percepção da realidade e imediata interpretação da situação, contribuindo para um diagnóstico *in loco* (TÁVORA, 2009);
- Histograma: o histograma é uma representação gráfica que registra a distribuição de frequências de um conjunto de medições de uma determinada atividade. O

histograma apresenta um carácter preliminar em qualquer estudo, sendo este um importante indicador da distribuição de ocorrências (TÁVORA, 2009);

- Diagrama de dispersão: em uma análise, o diagrama de dispersão permite a identificação da existência, da intensidade e da correlação entre duas variáveis. No entanto, essa ferramenta somente verifica a existência de correlação, não sendo útil para declarar se a variável X causa efeito na variável Y e vice-versa (OLIVEIRA *et al*, 2009);
- Cartas/Gráficos de controle: o gráfico de controle é uma importante ferramenta para monitorar processos. Os gráficos são utilizados para analisar a variabilidade do processo no decorrer do tempo e apresentar o quanto a variável está sob controle. Os limites de controle superior e inferior são baseados nas necessidades dos clientes e a variabilidade do processo é controlada por esses limites, variando relativamente constante em torno da média. No entanto, o gráfico de controle é uma ferramenta lenta para detectar pequenas à moderadas alterações na variabilidade do processo (MACHADO; MAGALHÃES; COSTA, 2008);
- Fluxograma: é uma representação do fluxo das atividades que permite a identificação das causas de falhas, hiatos, pontos sem saída, duplicações entre outros. O uso de fluxogramas possibilita a elaboração, simplificação e aperfeiçoamento dos processos, facilita a visualização de todas as fases que compõem um determinado processo, permitindo identificar aqueles pontos que merecem especial atenção por parte da equipa de melhoria (JÚNIOR, 2007).
- VOC – A Voz do Cliente (VOC) é uma ferramenta que identifica as necessidades específicas dos clientes para desenvolvimento de produtos e serviços compatíveis à estas necessidades. A ferramenta pode ser aplicada tanto à clientes externos (compradores de um produto ou serviço), quanto aos clientes internos da própria empresa (aqueles que são servidos por subprocessos nos sistema produtivo). Para obtenção das informações, é necessário estar em contato com o cliente e identificar suas necessidades, correlacionando-as com o poder de desenvolvimento e adequação da empresa.

2.3 Comparações entre *Lean Manufacturing* e Seis Sigma

Apesar do *Lean Manufacturing* e Seis Sigma cooperarem entre si para resolução de problemas em processos produtivos, deve-se observar que seus objetivos são diferentes.

Na filosofia *Lean*, o enfoque está da melhoria da eficiência do processo e no aumento da margem de lucro. Diferentemente, no Seis Sigma, considera-se como principal fator a maximização da qualidade dos produtos e satisfação total do cliente, onde os aspectos econômicos não são tão relevantes. As formas como seus distintos objetivos são alcançados também diferem notavelmente: o *Lean Manufacturing* concentra-se na identificação e remoção de todos os tipos de desperdícios para reduzir o tempo e os custos do processo, enquanto que no Seis Sigma, sua única preocupação é a remover as fontes de variabilidade por meio de ferramentas estatísticas. As formas de gestão também diferem consideravelmente: enquanto que o *Lean* possui uma visão mais geral da companhia e exige envolvimento de todos os funcionários e setores da empresa, para somente depois lançar projetos específicos, o Seis Sigma utiliza uma estratégia baseada em melhorias localizadas, possibilitando a criação de iniciativas independentes que originam “ilhas de sucesso” na estrutura da empresa. Observa-se também grandes diferenças quanto à aplicação do capital humano: no *Lean*, os funcionários são treinados e capacitados à medida que a metodologia é implantada, exigindo uma menor capacidade analítica dos envolvidos; no Seis Sigma, é exigida a formação de equipes de alta qualidade técnica para desenvolvimento dos projetos em decorrência do uso de análises estatísticas avançadas (PINTO, 2011; TURRAS, 2009).

Segundo Fernandes (2008), o *Lean Manufacturing* não faz uso de programas de melhorias estruturados e profundos para solução de problemas, nem de ferramentas estatísticas para trabalhar a variabilidade de processos, o que pode ser complementado por meio das ferramentas Seis Sigma, facilitando a tomada de decisões.

Em se tratando de velocidade dos processos produtivos, o Seis Sigma atenta-se somente para o *lead time*, isto é, o tempo total entre a entrada de um novo pedido até o momento de entrega do produto no cliente. O Seis Sigma também não fornece soluções padrões na resolução de problemas, todavia oferece uma visão geral do processo por meio de análises estatísticas. A análise total do sistema de produção e uma visão geral do processo é obtida por meio dos princípios *Lean* que, por outro lado, é deficitária em detalhes por não possuir robustas ferramentas analíticas do processo. Há diferença ainda quanto aos métodos de mensuração dos resultados: o *Lean* faz uso de valores relativos, ao passo que o Seis Sigma utiliza números absolutos (PINTO, 2011).

Outra diferença entre os métodos reside na visão sobre a organização: enquanto que o *Lean* acompanha o processo produtivo do começo ao fim com amplo foco, o Seis Sigma atua em projetos de melhoria em uma pequena área por meio de uma abordagem mais detalhista (GREMYR; FOUQUET, 2012).

Na Tabela 2 é apresentada uma breve análise comparativa e as principais diferenças conceituais e estruturais entre o *Lean Production* e o Seis Sigma.

Tabela 2 – Análise comparativa entre *Lean Manufacturing* e Seis Sigma (Adaptado de Turras, 2009).

	<i>Lean Manufacturing</i>	Seis Sigma
Objetivo	Aumentar os lucros e construir vantagem competitiva dinâmica	Aumentar a satisfação do cliente e aumentar os lucros
Estratégia	Eliminar desperdício com o objetivo de criar valor	Reduzir a variabilidade dos processos
Enfoque	Cadeia de valor da organização (processos, pessoas, funções)	Todos os processos da organização
Método implementação	Mapeamento da cadeia de valor Kaizen	DMAIC Ferramentas Estatísticas
História	Desde o final da década de 40	Desde 1986

A integração entre o *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma é natural e deve ser explorada. As organizações devem conhecer e usufruir dos pontos fortes de ambas as estratégias (PINTO, 2011).

2.4 *Lean Seis Sigma*

A integração das metodologias *Lean Manufacturing* e Seis Sigma originou-se nos meados da década de 90 após as empresas observarem que ambas, quando aplicadas simultaneamente e de forma desagregada, competiam pelos mesmos recursos e promoviam o colapso do sistema de implantação (FERNANES, 2008).

A popularização do termo *Lean Seis Sigma* iniciou-se na década de 2000, quando o termo *Lean Sigma* foi utilizado para descrever um sistema que combinava os princípios *Lean* e Six Sigma. Algumas empresas usam o termo *Lean Seis Sigma* enquanto que outras usam *Seis Sigma Lean*, dependendo da metodologia aplicada inicialmente antes de sua integração (SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010).

O *Lean Six Sigma* é considerado uma ferramenta estratégica de negócios com foco na eliminação de desperdícios e variação dos processos, seguindo a estrutura DMAIC para melhorar a qualidade, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente. Esta metodologia corrobora com a valorização das necessidades, apoderando-se de dados e fatos para elaborar

estratégias de médio e longo prazo, gerando maior desempenho financeiro para a empresa. A filosofia *Lean Seis Sigma* proporciona melhorias rápidas e ações pontuais por meio das vantagens e ferramentas de cada sistema, eliminando suas principais fraquezas, tornando-se complementares. A unificação dos sistemas permite a solução dos mais diversos tipos de problemas relacionados à melhoria de processos, obtendo-se melhores resultados (CELLIS; GARCIA, 2012; PAMFILIEA; PETCUU; DRAGHICIC, 2012; SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010; TURRAS, 2009).

De forma mais específica, Taghizadegan (2006) relata que o *Lean Seis Sigma* baseia-se em três abordagens principais: (1) é uma técnica orientada para a análise das causas dos problemas encontradas no sistema produtivo, eliminando defeitos e controlando os processos em seis desvios padrão; (2) envolve os empregados de forma a torná-los conhecedores da estratégia da empresa e da importância de atender a satisfação do cliente; (3) ajusta a filosofia de engenharia de projeto e técnicas com baixos riscos.

Para alcançar o desempenho esperado na implantação do *Lean Seis Sigma*, é preciso criar um amplo sistema de gerenciamento que envolva um plano de implementação estratégica. A integração dos sistemas deve considerar características estruturais na organização e contemplar mudanças culturais, novas abordagens para a produção e alto grau de treinamento e educação dos empregados (KUMAR *et al*, 2006; ARNHEITER; MALEYEFF, 2005).

2.4.1 Integração do *Lean Manufacturing* com o Seis Sigma

A afirmação de que *Lean* e Seis Sigma possuem uma relação de complementaridade é amplamente aceito nos dias de hoje. Muitas empresas estão implantando programas *Lean Seis Sigma* principalmente após a comprovada capacidade de trabalho em conjunto das ferramentas *Lean* e Seis Sigma em empresas líderes de seus segmentos como GE e Toyota (SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010).

A integração entre *Lean Manufacturing* e Seis Sigma complementa-se na perfeição com grandes benefícios para as companhias, pois os métodos compartilham importantes princípios e objetivos, apesar das peculiaridades de cada técnica (TURRAS, 2009).

Apesar de possuírem diferentes características, o *Lean* e o Six Sigma não competem entre si e sua integração torna-se uma poderosa ferramenta para o setor industrial e serviços, essencial para uma completa estratégia competitiva (PANNEL, 2006).

O principal benefício por meio da ótica da fusão *Lean Seis Sigma* é ser capaz de aumentar o fluxo e velocidade nos processos, reduzir perdas e custos (princípios *Lean*), alcançar melhorias na qualidade do produto e reduzir a variação indesejada dos processos (princípios Seis Sigma) (AL-AOMAR, 2012; GREMYR; FOUQUET, 2012).

Segundo Pinto (2011), da fusão dos sistemas, surgem cinco leis que norteiam o processo de melhoria contínua:

1. Lei do Mercado: prioriza-se o que é crítico para a qualidade e para o cliente;
2. Lei da Flexibilidade: aperfeiçoa-se a velocidade por meio de processos flexíveis;
3. Lei do Foco: age diretamente nas causas principais dos problemas;
4. Lei da Velocidade: aumenta a velocidade do fluxo por meio da redução da quantidade de trabalho em processo;
5. Lei da complexidade e custo: reduz a complexidade do processo para gerar menores custos.

No *Lean Seis Sigma*, são utilizadas em conjunto ferramentas do *Lean* e do Seis Sigma, podendo existir métodos originais do *Lean Seis Sigma*. Como relatado anteriormente, muitas vezes estas ferramentas atuam de forma complementar, compensando as carências umas das outras (TURRAS, 2009).

Para a integração *Lean Manufacturing* e Seis Sigma ocorrer, é necessário alinhar ambas as filosofias, assim como seus conjuntos de ferramentas em um único método. O método DMAIC, pertencente à filosofia Seis Sigma, pode ser aplicado como estratégia base em qualquer tipo de problema, inclusive aqueles tratados pelo *Lean Manufacturing*. Portanto, um projeto *Lean Seis Sigma* é coordenado pelo uso do método DMAIC e, independentemente do processo em estudo, é essencial utilizar as ferramentas adequadas em cada uma das fases de implantação. A cada fase do DMAIC, é realizada uma avaliação do estado atual do programa para avançar à próxima etapa, iniciando o estágio seguinte somente depois de finalizar etapa anterior (FERNANDES, 2008).

Segundo Salah, Rahim e Carretero (2010), a implantação do *Lean Seis Sigma* deve seguir três fases: (1) definição de objetivos, (2) seleção de pessoas e projetos e (3) implementação do programa, que inclui a formação técnica e os treinamentos necessários.

À medida que o *Lean Seis Sigma* é implantado, o novo sistema exige mudanças culturais de todos os envolvidos, desde a gerência aos operadores de máquinas. São exigidas novas abordagens para a produção e atendimento dos clientes, alto grau de formação, educação e envolvimento dos funcionários, sendo este último um dos aspectos mais importantes na implantação da metodologia. (PAMFILIEA; PETCUU; DRAGHICIC, 2012).

3 PROPOSTA TEÓRICA PARA ANÁLISE DE LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS

Nos últimos anos, desde que a indústria se despertou para o gerenciamento da qualidade, diversos modelos de desenvolvimento de processos de melhoria contínua têm sido aplicados (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

O mais conhecido deles, o PDCA, criado pelo Dr. W. Edwards Deming, considerado como o pai do controle de qualidade moderno, tem por característica descrever a lógica da melhoria de processos baseada em dados (RISTOF, 2008).

Por meio da filosofia de melhoria contínua PDCA, foi desenvolvido o ciclo de aperfeiçoamento DMAIC, que possui função similar de seu predecessor ao ser utilizado como método para solucionar diversos tipos problemas de manufatura e abordagem estratégica de melhoria de processos (MAST; LOKKERBOL, 2012). Uma correlação entre as fases do PDCA e DMAIC é apresentada na Figura 6.

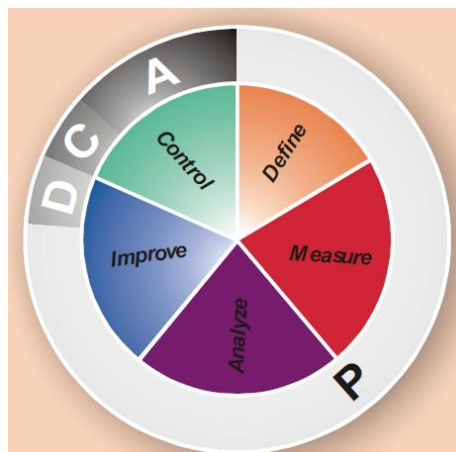


Figura 6 – Relações entre as fases da metodologia PDCA e DMAIC (WERKMA, 2002).

Como método integrador dos conceitos e princípios do *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, o DMAIC será utilizado neste trabalho como ferramenta estratégica para orientar a proposta de procedimentos que permitam analisar a lucratividade de produtos utilizando a metodologia *Lean Seis Sigma*.

Os elementos teóricos propostos neste trabalho foram baseados na estrutura de Werkema (2013) quanto ao método para implantação de um programa *Lean Seis Sigma*.

3.1 Definir

A fase Definir do DMAIC é caracterizada pela identificação de uma necessidade não satisfeita em relação ao cliente ou em relação à empresa, sendo este estágio responsável por identificar os objetivos, as metas, a atuação e os limites do projeto *Lean Seis Sigma*.

Dessa forma, alguns passos deverão ser executados para alcançar a totalidade da fase, como será proposto na sequência.

3.1.1 Plano de Projeto (*Project Charter*)

O Plano de Projeto é uma ferramenta utilizada para definir a base de desenvolvimento do projeto, na qual serão registrados os principais aspectos do problema, permitindo uma reflexão quanto às metas, viabilidade de execução e possíveis resultados.

Esta ferramenta dá origem à um importante documento denominado *Project Charter*.

As principais finalidades do *Project Charter* é autorizar formalmente o desenvolvimento de um projeto, transferi-lo das mãos do *Champion* para a equipe e manter os membros alinhados à estratégia da empresa e às expectativas dos gestores. Na sequência, são sugeridas algumas atividades que auxiliarão a confecção do *Project Charter*.

3.1.1.1 Selecionar o projeto

Dentre diversos problemas encontrados em uma organização, observa-se que alguns deles impactam de forma mais significativa nos resultados da corporação do que outros.

A eleição do problema a ser abordado deve considerar, mesmo que ainda de forma preliminar, a viabilidade técnica e financeira, assim como os possíveis benefícios para o cliente e organização.

Por meio desta análise e reflexão sobre a missão, visão e valores da empresa, pode-se elencados os principais problemas que afetam os interessados. A partir desta pré-filtragem, define-se o alvo do programa.

3.1.1.2 Descrever o problema

Nesta etapa, o problema deve ser identificado e descrito para que seja definida posteriormente a estratégia de abordagem.

Deve ser relatado quando e onde o problema é observado, os produtos e processos acometidos e os fatores que favorecem sua ocorrência, permitindo que a equipe de execução compreenda plenamente o alvo a ser atacado.

3.1.1.3 Definir os objetivos e metas

Por meio da descrição do problema, deverão ser claramente definidos os objetivos do programa, um valor de meta e o prazo de execução do projeto de forma a eliminar ou atenuar seus impactos negativos.

3.1.1.4 Validar o projeto

Antes da aplicação propriamente dita do projeto, deve-se avaliar a importância do mesmo para o alcance da missão da empresa e analisar a viabilidade técnica e econômica de execução.

Deve-se considerar as consequências dos resultados obtidos como o retorno econômico, aumento de produtividade, aumento de vendas, aumento da margem de lucro, assim como os ganhos em qualidade e satisfação do cliente.

Para a identificação da viabilidade técnica e financeira, é necessário realizar um estudo que aborde os requisitos técnicos finais do produto em estudo, capacidade técnica da empresa, necessidades de parceria, aquisição de novos equipamentos ou terceirização de parte da solução, soluções disponíveis no mercado, os possíveis resultados, fatores de riscos, análise da literatura e resultados de concorrentes quanto ao mesmo problema.

Deve-se ainda prever os custos do projeto, investimentos, analisar as possibilidades financeiras da empresa, prazo para execução do cronograma, possíveis ganhos financeiros e avaliar a taxa de retorno dos valores investidos em soluções.

3.1.1.5 Identificar as necessidades

Ao iniciar o projeto de implantação de um programa *Lean Seis Sigma*, é necessário entender as necessidades e as percepções do cliente em relação aos produtos e serviços entregues. O objetivo é identificar desperdícios e gerar oportunidades de melhoria.

Após o claro consentimento das necessidades do cliente, a organização deve realizar uma análise interna para identificar as necessidades da empresa, observar sua missão, visão e

estratégias de mercado. Somente após a esta reflexão, deve-se identificar quais são as oportunidades e como deverão ser abordadas (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005).

3.1.1.6 Definir a equipe responsável

Outro elemento importante desta fase é a criação da equipe que executará o projeto. A equipe deve ser treinada, motivada e envolvida para trabalhar de forma enérgica e sinérgica para obtenção dos resultados.

Este grupo deve ser composto de membros dedicados em tempo integral, de especialistas para suporte técnico e de funções de liderança como *Champion*, *Black Belt* e *Green Belt*, na qual cada integrante deverá ter sua responsabilidade definida.

Todos os membros da equipe deverão estar orientados quanto às tarefas a serem executadas e sua área de atuação, as características do problema, metas, prazos, cronograma, recursos disponíveis, necessidades do cliente e da empresa e os impactos decorrentes do sucesso do programa.

Outros pontos como frequência, local, duração e participantes das reuniões deverão ser definidos nesta etapa.

3.1.1.7 Definir cronograma

Um cronograma preliminar deverá ser elaborado para a visualização das atividades, finalização de etapas e acompanhamento dos prazos. No entanto, os prazos de execução de algumas atividades poderão ser modificados em decorrência dos desdobramentos do programa.

3.2 Medir

Neste momento, após a definição dos preceitos básicos do programa *Lean Seis Sigma* por meio do *Project Charter*, é necessário identificar qual o produto a ser analisado, conhecer seu processo produtivo, seu desempenho atual e coletar os dados a fim de caracterizar, quantificar e focalizar o problema, preparando o pesquisador para encontrar possíveis soluções.

3.2.1 Planejar e coletar dados

Para o levantamento de dados, a equipe deverá decidir se novos dados serão coletados ou se serão aproveitados os existentes. Vale ressaltar que, quando existirem, estes poderão conter erros de coleta, devendo-se dar preferência à coleta de novas informações.

Nesta fase, a coleta de dados deve ser planejada de forma a assegurar a veracidade do processo produtivo. Uma importante ferramenta a ser utilizada é o Plano de Coleta de Dados, onde são registradas as formas, a estratégia de coleta e os sistemas de medição a serem aplicados.

Antes de iniciar a coleta de dados propriamente dita, deve-se selecionar, preparar e testar os sistemas de medição/inspeção a serem utilizados para avaliar o problema e os processos produtivos.

É importante a equipe estabelecer quais critérios ou indicadores são importantes para segregar os produtos com possível baixa lucratividade, assim como caracterizar o problema em estudo.

Se o foco são produtos da indústria de autopeças metálicas, é importante planejar a coleta de dados como produtividade, formas de fabricação, tempo-padrão, índice de sucata, índices de retrabalho, disponibilidade de operação de máquina, disponibilidade de operação, número de operadores, processos executados, equipamentos utilizados entre outros. A dinâmica destes fatores influencia no preço final do produto e devem ser investigados.

Assim, para a coleta de dados, além da identificação dos aspectos importantes a serem investigados, os membros da equipe devem ser treinados para extrair o máximo de informações possíveis, sem interferir na rotina normal de trabalho.

Na sequência, são apresentados as etapas para identificação dos produtos a serem analisados.

3.2.2 Segregação de possíveis produtos de baixa lucratividade

Em uma empresa, podem ser fabricadas dezenas e até milhares de diferentes produtos, cada um com suas particularidades.

Para identificar os produtos com possível baixa lucratividade, propõe-se a aplicação de algumas ferramentas que serão utilizadas para orientar o pesquisador na pré-seleção dos produtos a serem analisados.

3.2.2.1 Curva ABC de faturamento

Uma ferramenta importante a ser utilizada é a aplicação da curva ABC de faturamento dos produtos, pois permite identificar quais itens justificam maior atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa.

Para criar a curva ABC de faturamento, deve-se basear no volume produtivo anual e no preço de venda de cada item. Assim, quando soma-se o faturamento de todos os itens, obtém-se a receita da empresa.

Em seguida, deve ser calculada a porcentagem de composição da receita para cada item, devendo-se classificá-los em ordem decrescente de valores.

Esta ferramenta é capaz de segregar os produtos por meio de uma ordem de importância: 20% dos itens de maior faturamento são considerados produtos classe A, os próximos 30% são produtos de classe B e os outros 50% dos produtos são elencados como itens classe C.

3.2.2.2 Levantamento de dados e entrevista com gestores e operadores

Baseados na curva ABC de faturamento, gestores e operadores industriais deverão ser questionados quanto ao desempenho dos primeiros itens desta lista.

O objetivo principal desta atividade é reconhecer, ainda que de forma preliminar, quais produtos são suspeitos de possuírem baixa lucratividade.

Ouvir gestores e operadores é importante, pois estes conhecem de forma profunda cada item produzido em seu setor e são capazes de identificar com certo grau de precisão aqueles que apresentam muitos problemas para fabricação como baixa produtividade, retrabalhos e rejeições de qualidade, operadores extras desenvolvendo atividades não previstas no orçamento do produto e indisponibilidade das máquinas.

Assim, dentro da curva ABC, devem ser destacados os produtos que apresentam relatos de mau desempenho de fabricação.

Para confirmar a opinião dos entrevistados, deve-se buscar registros históricos do produto, conhecer antigos leilantes e modos de produção, se possível.

3.2.2.3 Identificação do Índice Global de Eficiência

O Índice Global de Eficiência (IEG) é um indicador aplicado para avaliar o desempenho de um equipamento, linha de produção ou um sistema operacional em termos de disponibilidade, capacidade e qualidade (SUZUKI, 1994), fornecendo valiosas informações sobre o estado real de utilização de recursos das empresas.

O IEG expressa as principais perdas do processo produtivo como perdas por paradas programadas, ajustes de produção, falhas de equipamentos, falhas operacionais, produção normal, produção anormal, produtos fora de especificação e reprocessamento (Figura 7).

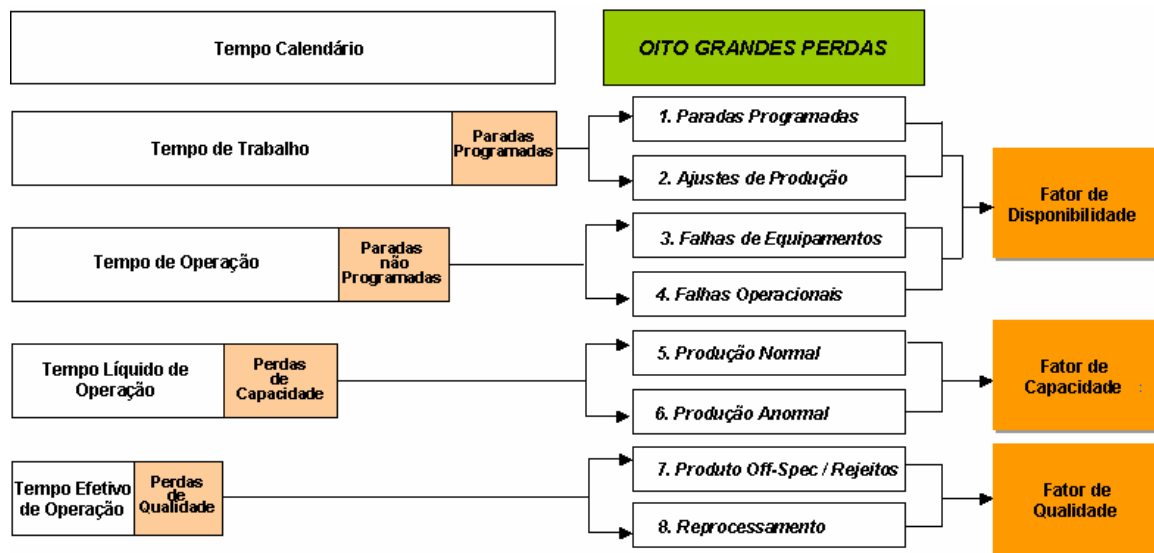


Figura 7 – Tipos de perdas consideradas no cálculo do IEG (adaptado de ARAGÃO; BORNIA, 2007).

Segundo Hansen (2006), para calcular o IEG, o pesquisador deve possuir em mãos, ou coletar pessoalmente durante o processo produtivo, a quantidade produzida de um determinado produto (q_i), seu tempo-padrão de fabricação (TP_i) e o tempo disponível para produção desse item (T).

Por meio destes dados, obtém-se o IEG de um posto de trabalho aplicando a equação (1) proposta por Antunes e Klippel (2001):

$$IEG = \frac{\sum_{i=1}^n TP_i \cdot q_i}{T} \quad (1)$$

O cálculo do IEG deverá ser aplicado a todos os produtos pré-selecionados no tópico anterior. Após identificação do IEG, deve-se escolher, dentre os produtos de maior

faturamento anual da empresa, aqueles que possuem menor IEG, segregando os produtos de possível baixa lucratividade.

Utilizando o IEG e o faturamento do produto, o pesquisador deve avaliar qual o potencial de retorno financeiro é possível atingir se este item tiver sua eficiência produtiva reestabelecida à 85%, parâmetro frequentemente utilizado para cálculo orçamentário.

O produto que apresentar melhor potencial de reabilitação operacional e financeira, deve ser eleito para aplicar os procedimentos a seguir.

3.2.3 Estudar o processo produtivo

Nesta etapa, será investigado os processos industriais utilizados na fabricação do produto escolhido na etapa anterior.

Durante a análise dos processos, é necessário acompanhar todo seu desenvolvimento para compreendê-lo perfeitamente, mapeando as atividades e o fluxo de informação. Cada aspecto que pode contribuir para o surgimento do problema deve ser destacado e investigado em separado em fase posterior.

Para caracterização dos processos, podem ser utilizadas ferramentas como VSM, Mapa de Processo, Cronoanálise e FMEA.

Para confirmar as observações *in loco* realizadas pelo pesquisador, é necessário conversar e obter relatos detalhados por parte de operadores e gestores da área.

3.3 Analisar

A fase Analisar tem como principal objetivo estudar os dados encontrados na etapa anterior de forma mais profunda para compreender melhor os fenômenos encontrados, estabelecer uma relação causa-efeito e propiciar melhor desempenho futuro do processo.

Para execução desta etapa, é necessário analisar os dados coletados por meio de ferramentas apropriadas e identificar as causas do surgimento do problema, sendo esta um dos pontos fortes desta fase.

Após analisar os dados, o projeto e as metas prioritárias podem ser retroalimentados para aumentar a precisão da investigação, reforçando ou refutando hipóteses levantadas em outras fases.

3.3.1 Confrontar o processo planejado *versus* processo real.

Após conhecer e caracterizar o processo produtivo real, o número de funcionários em operação, a produtividade, índice de rejeição, disponibilidade do posto de trabalho, entre outros dados, é necessário confrontar os dados encontrados com os parâmetros utilizados para cálculo do orçamento inicial do projeto.

A diferença entre o sistema produtivo atual e o sistema produtivo planejado permite que o produto tenha uma lucratividade diferente daquela prevista no início da fabricação do item.

Quando a comparação apresentar valores incompatíveis, os investigadores devem encaminhar os dados encontrados para o setor de Orçamento, a fim de que seja iniciado um novo processo de cálculo de lucratividade atual do produto.

3.3.2 Definir a lucratividade atual do produto

De posse dos dados coletados *in loco*, o setor de Orçamento deve reabrir um novo processo de formação de preço para que seja recalculada a lucratividade do produto.

Baseado na situação atual da produção, a área de Orçamento analisará a dinâmica do sistema produtivo, as máquinas e equipamentos envolvidos, os processos executados, o número de funcionários, índices de rejeição e produtividade.

Por meio destas informações, os profissionais desta área formarão as bases técnicas para orçamento do produto, sendo os dados transferidas ao setor de Custos para cálculo do preço de venda atual e da lucratividade do produto.

A lucratividade atual deve ser confrontada com aquela prevista no desenvolvimento inicial de fabricação do produto, possibilitando a identificação da lacuna entre o processo planejado e real.

3.3.3 Definir causas que geram o problema

Caso constatado diferença entre a lucratividade planejada e a lucratividade real, os investigadores devem analisar e identificar as possíveis causas deste distanciamento por meio do acompanhamento do processo e aplicação das ferramentas relatadas no tópico anterior.

Todos os fatores que cooperam para a baixa lucratividade do produto deverá ser analisado de forma a torna-los problemas mais simples e localizados, a fim de obter soluções menos complexas.

Estes problemas menores devem ser caracterizados quanto aos fatores que cooperam para seu surgimento e possuir soluções próprias. Devem se avaliados quanto ao ponto de vista de período, local, tipo de ocorrência ou sintoma apresentado.

3.3.4 Apresentar resultados à diretoria

A lucratividade real encontrada deve ser enviada para a alta diretoria afim de que sejam tomadas as devidas providências quanto ao produto.

Se a lucratividade for baixa, a equipe de *Lean Seis Sigma* deve informar qual o potencial de ganho em eficiência operacional se um programa de reabilitação for aplicado.

Dependendo do produto, se algum trabalho de melhoria contínua já foi aplicado com considerável sucesso, é possível que o ganho operacional neste momento seja pequeno.

Se o potencial de eficiência operacional for grande, o produto deve ser reabilitado com o objetivo de melhorar sua lucratividade.

Se não for possível ou viável ganhar considerável eficiência, cabe à diretoria negociar junto ao cliente, repasses de custos não previstos no orçamento inicial ou aumentos de custo como de matéria-prima e mão de obra.

3.4 Melhorar

A fase Melhorar do DMAIC é a etapa responsável por gerar ideias para solução das causas fundamentais dos problemas encontrados na fase anterior.

Neste momento, as ferramentas do *Lean Manufacturing* contribuem significativamente para eliminação destas causas e dos desperdícios encontrados, gerando ganhos reais para o sistema produtivo. Nota-se que até a fase anterior, na maioria das vezes, foram utilizadas ferramentas do Seis Sigma, ocorrendo nesta etapa uma grande integração das metodologias.

As soluções encontradas devem estar alinhadas com a estratégia da empresa e a interação destas deverá resultar no alcance do objetivo principal do projeto.

Se as soluções almejadas estiverem fora da área de atuação da equipe *Lean Seis Sigma*, o departamento responsável deverá ser acionado, gerando um nova e pequena ramificação do projeto.

3.4.1 Levantar e priorizar potenciais soluções

Os membros da equipe deverão se reunir e revisar os dados coletados e correlações encontradas a fim de gerar potenciais soluções para o problema, registrando-as formalmente. Ferramentas como *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, VSM entre outras poderão ser aplicadas.

As potenciais soluções deverão ser elencadas da possivelmente mais efetiva para a menos efetiva. Combinações de soluções poderão ser realizadas.

Na sequência, as possíveis soluções de maior viabilidade técnica, financeira e maior impacto deverão ser selecionadas e priorizadas.

3.4.2 Testar as soluções selecionadas

Antes da aplicação das soluções identificadas na fase anterior, é necessário realizar um teste piloto para validá-las.

O teste piloto tem por finalidade identificar falhas na seleção da solução, os riscos que ela oferece, os impactos no sistema operacional, departamentos e pessoas, particularidades do processo e a eficiência da solução. Deve-se aplicar o teste em pequena escala e simular a implantação da solução.

Após o teste piloto da solução, equipe deve analisar o potencial de eficiência e seus efeitos correlatos. Quando for necessário descartar a solução, deve-se retornar à fase Medir do DMAIC para reanálise da aplicação das atividades.

Muitas vezes, ajustes na solução são aplicados e cooperam para o alcance da meta do projeto. Se isto ocorrer, a equipe deve encaminhar a solução para a fase de implementação final.

3.4.3 Implantar a solução

Verificado os impactos e o desempenho da potencial solução, a equipe está apta a planejar e executar um plano de implantação.

Se os problemas encontrados repetem-se em outros postos de trabalho iguais ao estudo, deve-se aplicar a solução em larga escala.

Para elaboração do plano de implantação, ferramentas como 5W2H, Diagrama de Árvore, Diagrama de Gantt entre outras poderão ser utilizadas.

3.5 Controlar

Controlar é a etapa final do processo DMAIC. Seu objetivo é monitorar os resultados obtidos por meio da implantação das soluções encontradas.

A implantação da solução deve permanentemente ir de encontro à meta principal do projeto e desvios de percurso deverão ser identificados e corrigidos imediatamente.

As etapas que configuram a fase Controlar são descritas a seguir.

3.5.1 Avaliar a eficiência da solução

A solução implantada em larga escala deve ser frequentemente monitorada. Para isso, a coleta de dados do processo é essencial, assim como a comparação destas com os resultados obtidos antes da efetiva implantação. Deve-se refletir continuamente se os resultados alcançados cooperam significativamente para a meta principal do projeto.

Se os resultados obtidos não forem relevantes, a equipe deve retornar à fase Medir para rever o processo de avaliação do problema. Se as melhorias forem significativas, deve-se seguir à próxima etapa.

3.5.2 Elaborar e implantar plano de monitoramento do processo

Esta etapa é responsável por elaborar e implantar um plano para monitoramento das modificações realizadas e do desempenho do processo. Seu objetivo é avaliar continuamente se as causas do problemas não ressurgiram, garantindo a eficiência do programa.

A equipe deve estar preparada também quanto aos novos problemas que podem surgir no decorrer do tempo. Dessa forma, o plano de monitoramento deve atentar-se às anormalidades e tratá-las imediatamente após percepções ou comprovações estatísticas.

Nesta fase, diversas ferramentas podem ser utilizadas, dependendo das características do processo produtivo. As mais comuns são Folha de Verificação, Carta de Controle, Histograma, Índice de Capacidade entre outras.

3.5.3 Padronização e divulgação dos novos procedimentos

Certificados que a solução implantada realmente coopera para a meta principal, os procedimentos alterados deverão ser padronizados e registrados formalmente a fim de que não sofra alterações.

Pequenas modificações na implantação poderão ocorrer ao longo da vida útil do processo. No entanto, qualquer alteração deverá ser analisada e aprovada antes de sua real implementação.

Os novos padrões deverão estar disponíveis a todos os interessados (operadores de máquina, operários da manutenção, equipe de qualidade, gestores) em forma de documentos formais, manuais e registros visuais. Treinamentos e palestras são indispensáveis para a completa compreensão e adesão por parte dos colaboradores

Ferramentas como *Poka-Yoke*, Gestão Visual, Procedimentos Padrão entre outras poderão ser aplicadas nesta etapa.

4 APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PROPOSTOS

Este capítulo é dedicado à aplicação dos procedimentos apresentados na sessão anterior para que seja permitido o estudo da lucratividade do produto por meio do distanciamento entre projeto orçado *versus* projeto executado em uma indústria do setor de autopeças.

Para preservar a identidade da empresa, de seus clientes, fornecedores, produtos ou processos, algumas informações poderão ser ocultadas ou disfarçadas. Dados sobre faturamento, custos, margem de lucro ou índices poderão ser transformados por uma função para que seja mantida a confidencialidade. Não serão mencionados nomes de processos, valores considerados para efeito de formação de preço e variações entre o sistema produtivo planejado e sistema produtivo real serão expresso em de porcentagem.

4.1 Descrição da empresa

A Top Stamping é uma empresa multinacional presente em oito países e está posicionada entre as maiores empresas do mundo do setor de autopeças para veículos de passeio.

Há mais de trinta anos no segmento automotivo, a Top Stamping possui amplas e modernas instalações e equipamentos de alta tecnologia para a produção de estampados e conjuntos soldados/montados, componentes híbridos e suportes em geral para o mercado automotivo.

Atualmente, a empresa compra mais de quinhentas mil toneladas/ano de matéria-prima de origem metálica e, por meio de suas plantas internacionais, é um dos maiores consumidores de aço do mundo. No Brasil, a empresa figura entre as dez maiores em volume produtivo de estampagem de peças em aço, apoiando seus clientes no desenvolvimento de novos projetos para aplicações veiculares.

Para a montagem de seus produtos, a empresa dispõe de processos automatizados para fixação de componentes por meio de soldas MIG/MAG/TIG, projeção e ponto, além união por meio de rebitagem e parafusagem.

Na maioria das vezes, a Top Stamping é fornecedora de nível 1 para diversas montadoras de veículos. Por meio de parcerias com outras indústrias do segmento, a empresa é fornecedora indireta de montadoras, compondo também o nível 2 da cadeia produtiva.

Atualmente, a empresa possui um departamento de melhoria contínua que utiliza a metodologia *Lean Manufacturing* e Seis Sigma para aumento da eficiência operacional, na qual as atividades operacionais são analisadas a fim de identificar desperdícios e criar valor para o cliente.

Com o desenvolvimento deste departamento e de suas atividades, a empresa tem conseguido aprimorar o atendimento de suas necessidades quanto à qualidade do produto e custos de produção, tornando a empresa mais competitiva.

No entanto, o departamento de melhoria contínua não oferece tratamento especial para produtos que possam ter baixa lucratividade, não diferenciando esta categoria de produtos dos demais quando o assunto é aumento de eficiência.

Neste sentido, a empresa enxergou a oportunidade de identificar os produtos que possuem lucratividade diferente daquela prevista na fase de orçamento do projeto.

Encontrar produtos que possuem lucratividade real abaixo da lucratividade prevista é de suma importância, pois a ocorrência deste fato coopera de forma negativa para os resultados financeiros da empresa.

Pensando nisso, a empresa decidiu criar um grupo especial de estudo para criar procedimentos que visam identificar produtos de baixa lucratividade a fim de que, em uma fase posterior, os mesmos sejam estudados quanto às suas causas e as possíveis soluções.

Na sequência, será apresentado o processo comercial de desenvolvimento de um novo produto com o intuito de compreender a dinâmica da formulação do orçamento de um novo projeto.

4.1.1 Processo comercial de desenvolvimento de um novo produto

O desenvolvimento de um novo produto inicia-se por meio do contato introdutório entre o cliente e o setor de Vendas da empresa, onde o cliente apresenta suas necessidades e seu projeto de engenharia.

Na maioria das vezes, o cliente apresenta o projeto do produto ao setor de Vendas, cabendo a este, em conjunto ao setor de Engenharia de Processos e o setor de Orçamento, analisar a possibilidade de produção deste item.

Neste ponto, será dada atenção especial ao setor de Orçamento e Engenharia, pois, nestas repartições, é planejado o sistema de produtivo a ser desenvolvido.

Nestes setores, são definidos os equipamentos, os processos, a quantidade de mão-de-obra, os tempos de produção, a relação peças/hora, o consumo de matéria-prima, a carga-

máquina, o local e leiaute de instalação de equipamentos, entre outros aspectos. Caso o projeto de desenvolvimento do produto for aprovado pelo cliente, o setor de Manufatura deverá fabricar o produto baseado neste planejamento e na sequência de operações definidas.

Assim, a proposta de planejamento de fabricação é enviada na sequência para o setor de Custos onde serão calculados os custos de mão-de-obra, de consumíveis, de compra de equipamentos, de área de instalação, de processos, entre outros. São inseridos também os tributos, a margem de lucro, a depreciação de máquinas, os descontos progressivos entre outros, obtendo-se o preço de venda do produto ao final desta etapa.

Com o planejamento do sistema produtivo e o preço final ao cliente em mãos, cabe ao setor de Vendas apresentar a proposta comercial e aguardar pelos seus desdobramentos.

Caso a proposta comercial seja aprovada, o setor de Vendas acionará os setores de Engenharia, Qualidade e Compras para iniciar o desenvolvimento do novo produto, sendo que, ao final desta etapa, o item estará liberado para produção em série no setor de Manufatura.

4.1.2 Distanciamento entre projeto orçado versus projeto executado

É comum que, ao longo dos anos de fabricação de um determinado produto, exista uma pequena diferença entre o projeto orçado e o projeto executado, o que permite a alteração da lucratividade do produto.

Esta diferença é notada principalmente entre os parâmetros que mais contribuem para a formação do preço de venda e, portanto, para a lucratividade do produto: o número de operadores empregados, a alteração de processos ou a inserção de outros não previstos e a produtividade.

Assim, na sequência, é apresentado o desenvolvimento projeto *Lean Seis Sigma* para análise da lucratividade do produto, aperfeiçoado por meio da pesquisa-ação.

4.2 Desenvolvimento do projeto *Lean Seis Sigma*

4.2.1 Escopo do Projeto

O escopo do projeto prevê a execução de sete principais atividades: (i) definir *Project Charter*; (ii) identificar, dentro do universo de produtos fabricados pela empresa, os possíveis produtos de baixa lucratividade; (iii) caracterizar o método produtivo atual deste produto; (iv)

confrontar método produtivo previsto *versus* método produtivo real; (v) identificar as principais causas do afastamento entre previsto *versus* real, (vi) propor ferramentas para aprimoramento do sistema produtivo; (vii) propor sistemas de controle.

Para desenvolver a proposta deste estudo, será aplicada a metodologia DMAIC. A tabela 3 apresenta as fases DMAIC e a distribuição dos procedimentos apresentados de acordo com cada etapa.

Tabela 3 – Correlação dos procedimentos propostos com as etapas do método DMAIC.

Procedimentos	Fases DMAIC
Definir o <i>Project Charter</i>	Definir
Identificar os possíveis produtos de baixa lucratividade	Medir
Caracterizar o método produtivo atual do produto selecionado	
Confrontar sistema produtivo previsto x sistema produtivo real	Analisar
Identificar as causas do afastamento	
Propor ferramentas para melhoria do sistema produtivo	Melhorar
Propor sistemas de controle	Controlar

4.2.2 Definir

4.2.2.1 Definir *Project Charter*

Como mencionado anteriormente, o *Project Charter* é o documento que detém as informações fundamentais para iniciar o desenvolvimento de um programa *Lean Seis Sigma*.

Para elaboração do *Project Charter*, foram discutidos aspectos como problema a ser solucionado, objetivos do programa, prazos de execução, investimentos e a equipe responsável por desenvolvê-lo.

O levantamento destas informações foi registrado no *Project Charter*, sendo o mesmo apresentado na Figura 8.

TOP STAMPING		PROJETO LEAN SEIS SIGMA - LUCRATIVIDADE DE PRODUTOS	
DADOS DO PROJETO			
Título do projeto	Procedimentos para estudo da lucratividade de produtos		
Número do Projeto	TS01		
Data início	15/05/2013		
Data fim	08/11/2013		
Departamento responsável	OMOMOMOMOMO		
Descrição do problema	Suspeita-se que alguns produtos fabricados atualmente diferem de forma significativa do sistema produtivo quando comparado ao sistema produtivo real. A confirmação da diferença entre previsto <i>versus</i> real pode afetar o desempenho financeiro da empresa.		
Objetivo do projeto	Criar procedimentos que permitam estudar a lucratividade dos produtos por meio da comparação entre sistema produtivo previsto <i>versus</i> sistema produtivo real. É ainda objetivo deste projeto identificar as principais causas qualitativas do problema e propor soluções para sua atenuação/correção		
Meta	Aplicar o procedimento elaborado em item suspeito de baixa lucratividade e maior faturamento.		
ESCOPO DO PROJETO			
Processo inicial	Processo de estampagem		
Processo final	Processo de soldagem		
Comentários	Apesar da fabricação completa compreender os processos de tratamento químico de matéria-prima, pintura e transporte ao cliente, será dada atenção exclusiva às etapas de estampagem e soldagem, pois estes processos envolvem diversos operadores e atividades manuais, proporcionando maiores oportunidades de falhas entre o projeto orçado e o		
Desempenho	Valor de Rentabilidade	Unidade	
Desempenho atual	ND	%	
Desempenho alvo	10,00	%	
ANÁLISE FINANCEIRA			
Capitais	Valor [R\$]	Assinatura Finanças	
Orçamento previsto	XXXX,XX		
Investimento disponível	YYYY,YY		
Economia prevista pelo projeto	ZZZZZ,ZZ		
EQUIPE			
Cargos	Nome	Assinatura	Data
Sponsor	OMOMOMOMOMO		15/08/2013
Champion	OMOMOMOMOMO		15/08/2013
Black Belt	OMOMOMOMOMO		15/08/2013
Financeiro	OMOMOMOMOMO		15/08/2013
MEMBROS DA EQUIPE			
Integrantes	Função	Assinatura	Data
OMOMOMOMOMO	Gerente de Planejamento		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Gerente Industrial		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Engenheiro de Processos		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Gerente de Custos		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Analista de Vendas		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Estagiário de Engenharia		15/08/2013
OMOMOMOMOMO	Estagiário de Engenharia		15/08/2013

Figura 8 – Project Charter do projeto.

Diversos aspectos foram discutidos acerca do início do projeto, como os parâmetros de monitoramento do problema, viabilidade econômica, necessidades dos clientes internos e externos entre outros detalhes.

Para monitorar o problema, foram utilizados indicadores de número de peças/hora, retrabalho/hora e índice de sucata. Além destes indicadores, será observado o número de funcionários na etapa de soldagem, os processos realizados e o gargalo de produção.

Quanto à viabilidade econômica, observou-se que haviam grandes oportunidades de ganhos financeiros com a execução deste projeto, uma vez que a empresa era dotada de uma experiente e criativa equipe de engenharia e que o investimento para implantação do projeto seria baixo, visto que foi utilizado o corpo técnico da própria empresa.

Vale lembrar que a maioria das soluções de melhoria contínua são de baixo custo ou de nenhum custo, uma vez que problemas simples como leiaute ou sequência de processos podem resolvidos de forma simples. Há que considerar ainda que os operadores da célula de soldagem conhecem muito bem os problemas e possuem ótimas sugestões de melhoria.

Outro aspecto importante do projeto é ouvir as necessidades dos clientes internos e externos que possuem relação com este produto.

Clientes internos são aqueles relacionados com a empresa e que possuem relação trabalhista com a mesma. Por outro lado, os clientes externos geralmente aguardam o resultado de um trabalho e não estão envolvidos diretamente na fabricação do produto.

Para identificação das necessidades dos clientes, foram aplicadas as ferramentas Voz do Cliente (VOC), os atributos de Kano e os fatores críticos para a qualidade CTQ (*Critical to Quality*). Os resultados são apresentados na Figura 9.

TOP STAMPING		VOC - VOZ DO CLIENTE		
CLIENTES	NECESSIDADES	ATRIBUTOS DE KANO	CTQ (características críticas)	INDICADOR
Diretoria Geral	Aumentar a eficiência financeira	Obrigatório	Orçado x real	Índice de lucro
Diretoria Financeira	Aumentar a rentabilidade	Obrigatório	Custos adequados	Índice de rentabilidade
Diretoria de Vendas	Aumentar a competitividade	Obrigatório	Preço de venda adequado	Margem de contribuição
Gerência Industrial	Obter maior eficiência operacional	Desempenho	Recursos adequados	Eficiência operacional
Engenharia de Processos	Obter maior eficiência operacional	Desempenho	Processos planejados x real	Eficiência operacional
Cliente final	Quantidade correta e entrega no prazo	Desempenho	Confiabilidade	Entregas atendidas

Figura 9 – Identificação das necessidades do cliente.

Para finalizar a fase de planejamento e definição do Project Charter, foi elaborado o cronograma de execução do projeto, como pode ser visto na Figura 10.

TOP STAMPING		CRONOGRAMA - PROJETO RENTABILIDADE LEAN SEIS SIGMA					
ATIVIDADES	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO
<i>Identificação do problema</i>	x						
<i>Elaboração do Project Charter</i>	x	x					
<i>Treinamento da equipe</i>		x	x				
<i>Planejamento coleta de dados</i>			x				
<i>Coleta de dados</i>			x	x			
<i>Análise dos dados</i>				x	x		
<i>Formulação de melhorias</i>					x	x	
<i>Controle das ações</i>						x	x

Figura 10 – Cronograma de execução do projeto.

4.2.3 Medir

4.2.3.1 Identificar os possíveis produtos de baixa lucratividade

Para estimar os produtos que possuem alteração em sua lucratividade, foi necessário aplicar algumas ferramentas.

Primeiramente, junto ao setor Comercial, foi levantado o faturamento de cada produto, assim como o volume anual e a porcentagem do faturamento deste produto frente ao faturamento anual da empresa.

De posse destes dados, foi realizada a classificação ABC dos produtos, pois esta é fundamental para elencar os itens fabricados em ordem de importância de faturamento.

Neste estudo, a classificação A dos produtos correspondem à 20% do faturamento total da empresa e a lista foi composta por 60 produtos. De forma reduzida, a tabela 4 apresenta os quinze produtos de maior faturamento.

Tabela 4 – Produtos classe A de maior faturamento.

Nome Produto	Receita líquida [R\$ milhões]	% Faturamento
CONJUNTO 1	8,88	2,61
CONJUNTO 2	6,74	1,98
CONJUNTO 3	5,39	1,59
CONJUNTO 4	2,18	0,64
CONJUNTO 5	1,93	0,57
CONJUNTO 6	1,92	0,56
CONJUNTO 7	1,57	0,46
CONJUNTO 8	1,51	0,44
CONJUNTO 9	1,50	0,44
CONJUNTO 10	1,37	0,40
CONJUNTO 11	1,15	0,34
CONJUNTO 12	1,00	0,29
CONJUNTO 13	0,92	0,27
CONJUNTO 14	0,89	0,26
CONJUNTO 15	0,83	0,25

A relação apresentada na tabela acima foi submetida à coordenadores e gerentes de produção, engenheiros de vendas e de qualidade que, por meio de relatos e experiências com estes produtos, foram selecionados alguns itens que na prática, apresentam diversas dificuldades em seus processos de fabricação. Estes produtos são apresentados em destaque na tabela 5.

Tabela 5 – Produtos com possíveis problemas de lucratividade.

Nome Produto	Receita líquida [R\$ milhões]	% Faturamento
CONJUNTO 1	8,88	2,61
CONJUNTO 2	6,74	1,98
CONJUNTO 3	5,39	1,59
CONJUNTO 4	2,18	0,64
CONJUNTO 5	1,93	0,57
CONJUNTO 6	1,92	0,56
CONJUNTO 7	1,57	0,46
CONJUNTO 8	1,51	0,44
CONJUNTO 9	1,50	0,44
CONJUNTO 10	1,37	0,40
CONJUNTO 11	1,15	0,34
CONJUNTO 12	1,00	0,29
CONJUNTO 13	0,92	0,27
CONJUNTO 14	0,89	0,26
CONJUNTO 15	0,83	0,25

A partir dos itens pré-selecionados na Tabela 5, foi aplicado o Índice Eficiência Global (IEG) para medir quão eficiente são os processos, o que possibilita a segregação dos itens de IEG abaixo de 85%, valor de eficiência considerado para fins de orçamento e custos de produção.

Por meio da aplicação do IEG nos produtos pré-selecionados e análise faturamento anual do item, pode-se descobrir o possível ganho financeiro caso a eficiência do sistema produtivo seja reabilitada ao nível de 85%. A tabela 6 apresenta o potencial ganho financeiro.

A tabela 6 apresenta o IEG dos produtos pré-selecionados na tabela 5, fornecendo fortes indícios para identificar os produtos de baixa lucratividade.

Tabela 6 – Produtos com possíveis problemas de lucratividade.

Nome Produto	Receita líquida [R\$ milhões]	% Faturamento	IEG	Potencial financeiro [R\$ milhões]
CONJUNTO 4	2,18	0,64	0,68	0,54
CONJUNTO 7	1,57	0,46	0,39	1,85
CONJUNTO 9	1,50	0,44	0,72	0,91
CONJUNTO 13	0,92	0,27	0,75	0,54

O ganho financeiro foi calculado a partir da diferença entre o faturamento anual se o produto possuísse eficiência de 85% e o faturamento do produto para sua eficiência atual.

Portanto, a partir de uma diversidade de quase mil produtos, seleciona-se o Conjunto Soldado 7 como item que está entre os quinze produtos de maior faturamento (0,46%), possui relatos de mal desempenho produtivo, detém IEG baixo (0,39) e possui potencial ganho financeiro de R\$1,85 milhões.

4.2.3.2 Caracterizar o método produtivo atual do produto selecionado

A determinação do Conjunto Soldado 7 conduz o grupo à necessidade de estudar os processos produtivos envolvidos de uma forma mais profunda para compreender a dinâmica do sistema, preparando a coleta de dados para análise posterior.

Nesta etapa, foram aplicadas ferramentas como VSM e Cronoanálise por meio da observação *in loco* do sistema produtivo, além de entrevistas estruturadas e/ou informais com operadores e gestores da área.

O objetivo do levantamento de informações é conhecer como são encadeados os processos para fabricação do item e identificar fatores normais e anormais ao sistema para que seja gerada massa crítica.

A primeira atividade *in loco* compreendeu a observação direta do sistema produtivo para se ter uma visão panorâmica da atividade de soldagem.

Em seguida, os operadores foram entrevistados para entendimento dos detalhes das operações realizadas, a sequência delas e dinâmica do setor.

Após a visão geral, coordenadores, gerente de produção e engenheiro de processos foram entrevistados a fim de fossem identificados os principais problemas enfrentados pela célula de trabalho em estudo. Foram coletados relatos e dados históricos do problema.

Diante das informações básicas de funcionamento da célula produtiva e dos problemas enfrentados, novamente foi observado o comportamento das atividades operacionais, fluxo de componentes e informações, procurando confirmar a ocorrência dos problemas relatados pelos gestores.

Com consciência do processo produtivo, os investigadores realizaram nova entrevista com os operadores para que sejam confirmadas as observações *in loco*, além de coleta de dados mais detalhados das atividades.

Configurado o cenário de trabalho, foram aplicadas as ferramentas VSM e Cronoanálise, com objetivo principal de compreender o processo de produção de forma sistemática. A aplicação destas ferramentas permitiram caracterizar o tempo do ciclo de cada atividade, a disponibilidade do posto de trabalho ou equipamento, assim como o tempo de *setup* da máquina. Além destes parâmetros, foram caracterizados também o tempo padrão, o tempo médio de produção diária e os gargalos do processo.

Por meio da identificação destes dados, pode-se caracterizar os tempos de produção que agregam valor ao produto e quais não agregam, indicando pontos onde o sistema é empurrado.

O processo de fabricação do Conjunto Soldado 7 inicia-se com o disparo da demanda mensal pré-programada do cliente, que é recebida internamente na empresa pelo setor de Vendas.

Em seguida, a necessidade do cliente é transmitida via sistema interno de comunicação para o setor de Planejamento de Produção, que cria ordem de produção para os setores envolvidos: fornecedores internos, para preparo de matéria-prima e produção de alguns componentes; fornecedores externos, que proveem componentes como porcas e materiais especiais; estampagem interna de componentes e soldagem do conjunto final. Após a sequência de processos, o produto é enviado para a pintura e em seguida, para o cliente.

Na Figura 11, é apresentado o fluxo de informações e materiais desde a colocação de pedido de compra por parte do cliente até o recebimento do produto final.

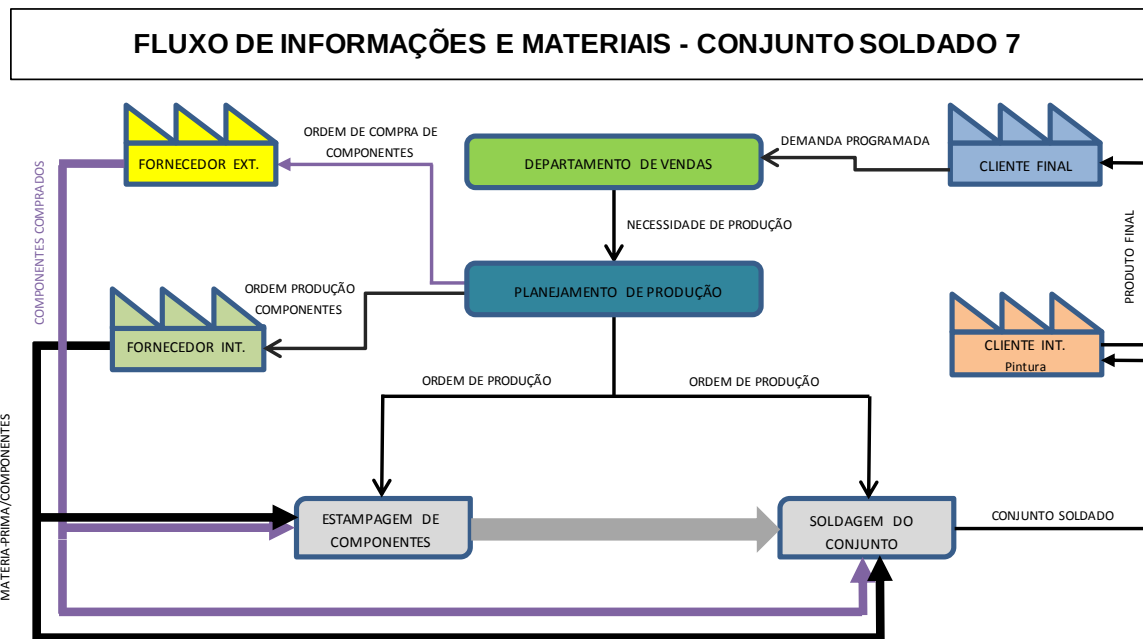


Figura 11 – Fluxo de informações e materiais para fabricação do Conjunto Soldado 7.

Nos próximos tópicos, serão apresentados os setores de Estampagem e Soldagem, focos de estudo deste trabalho.

4.2.3.2.1 Processo de estampagem

O processo de estampagem é responsável por converter uma chapa de aço em um componente com forma e dimensões geométricas definidas.

Durante a avaliação do setor de Estampagem, notou-se que as atividades são altamente automatizadas e que o processo sofre pouca interferência em relação aos fatores humanos.

O Conjunto Soldado 7 é composto por oito componentes diferentes que são fabricados internamente na empresa. No total, cada componente pode ser submetido entre cinco à oito etapas de processamento, geralmente realizadas em máquinas de prensagem com troca de ferramenta para mudança de função.

De modo geral, para a fabricação destes componentes, o setor de Prensaria recebe a matéria-prima em forma de chapa de aço ou bobina e na sequência executa uma série de processos até o produto ser enviado ao setor de Soldagem.

O primeiro estágio do processamento do aço consiste em cortar a matéria-prima em chapas de aço menores (chamadas de *blanks*) para que sejam introduzidas posteriormente nas

máquinas subsequentes (I), sendo que alguns componentes necessitam que seus *blanks* sejam submetidos ao processo de desempenamento para garantir a qualidade do produto.

Na sequência, os *blanks* (II) são introduzidos nas máquinas de prensagem (III) para que sejam submetidos ao processo de recorte e puncionamento. Por meio de troca de ferramentas, os componentes são estampados e calibrados, adquirindo sua forma final (IV) (Figura 12).

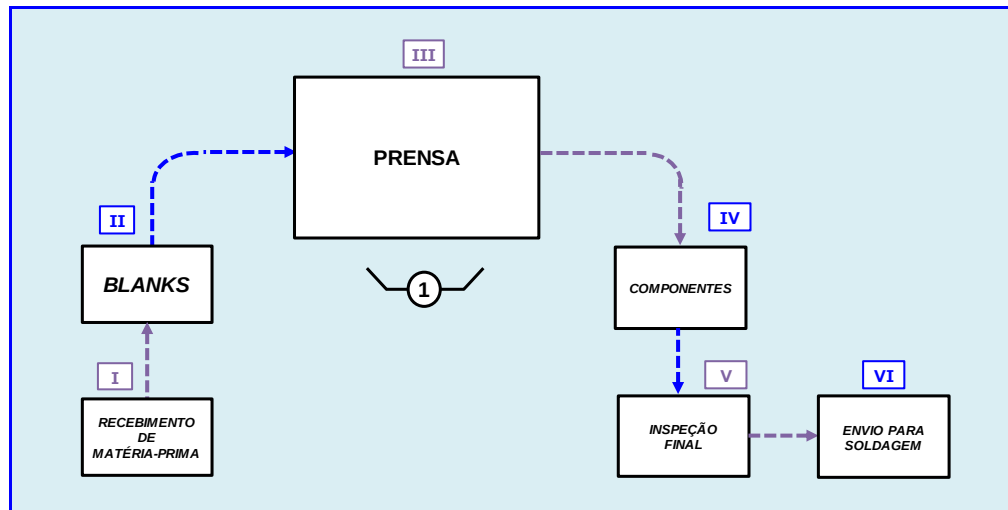


Figura 12 – Processo de estampagem de componentes.

O último processo antes da liberação do componente para o processo de soldagem é a inspeção final (V). Caso aprovado, o item é liberado para ser estocado e aguardar a próxima etapa de fabricação (VI).

Após conhecer o processo produtivo, foi aplicada a ferramenta VSM para identificar as características do fluxo de materiais e de informações nas operações de estampagem, permitindo expor desperdícios dos processos (figura 12).

4.2.3.2.2 Processo de soldagem

O processo real de soldagem do Conjunto Soldado 7 é composto por sete principais operações que vão desde o preparo de componentes até a inspeção final do produto. A Figura 13 apresenta um esboço da área de trabalho para processamento do Conjunto Soldado 7.

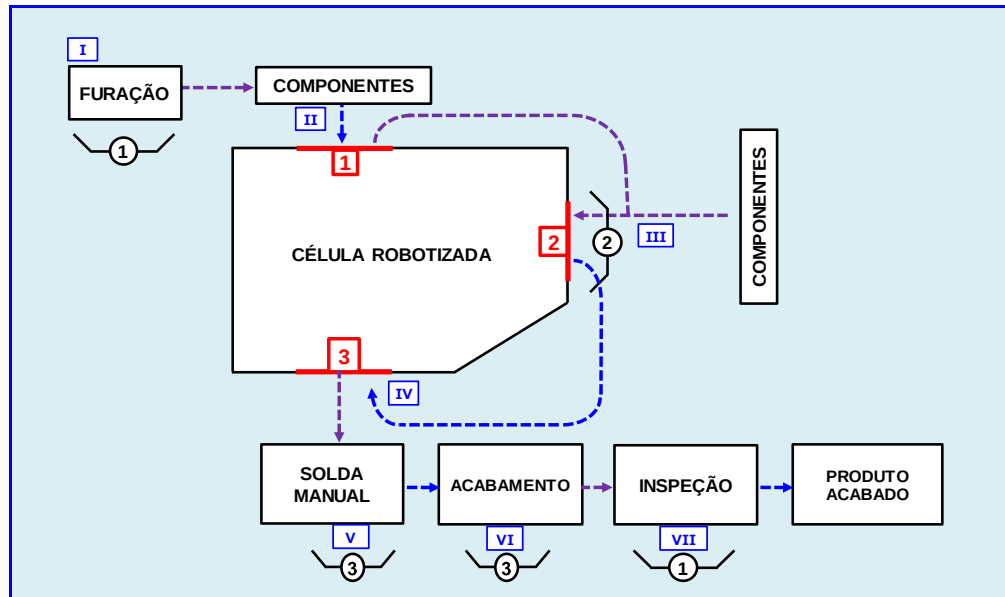


Figura 13 – Processo de soldagem de componentes.

Para a fabricação do produto, um auxiliar de produção recebe componentes de um fornecedor interno para furação destes itens na própria área de trabalho (I).

Após a furação, estes componentes juntam-se à outros e ficam dispostos ao lado da célula robotizada para que sejam inseridos no processo de solda (II).

Para início de um novo ciclo na célula de soldagem robotizada, os componentes pertencentes ao primeiro estágio (mesa 1 destacado em vermelho na figura 13) são inseridos pelo operador no dispositivo de solda onde, após o robô percorrer todos os cordões de solda programados, o subconjunto soldado é liberado para o segundo estágio. Neste estágio, outros componentes são inseridos no dispositivo da mesa 2 e, juntamente com o subconjunto soldado no estágio anterior, uma nova soldagem é realizada (III).

Após o processamento na mesa 2, o novo subconjunto é transferido para o terceiro e último estágio da célula robotizada (mesa 3). Nesta mesa, são introduzidos outros componentes para formação de um novo subconjunto soldado (IV).

Ao finalizar o processo de soldagem robotizado, o produto é transferido para uma bancada, onde é submetido ao processo de soldagem manual com a adição de um novo componente, adquirindo sua geometria final (V).

Antes da liberação do produto, é realizado o processo de acabamento que consiste no lixamento dos respingos de solda (VI). Para finalizar, o conjunto soldado é encaminhado para a inspeção (VII), sendo aprovado e liberado para o setor de pintura se todas as dimensões estiverem adequadas. Caso contrário, o item é retirado do fluxo de processo para retrabalho ou descartado por não atender às exigências de qualidade do cliente e da empresa.

4.2.4 Analisar

A terceira etapa do método DMAIC, chamada Analisar, é a fase responsável por tomar posse dos dados coletados na etapa Medir e estudá-los de forma mais apurada, buscando encontrar relações entre os fenômenos observados, de modo a identificar os fatores que cooperaram para a formação do problema principal.

Com foco no desenvolvimento produtivo do Conjunto Soldado 7, são apresentadas as divergências entre processos, mão-de-obra considerada e empregada e produtividade quando confronta-se o sistema produtivo previsto e sistema produtivo real. Vale lembrar que o planejamento deste produto foi realizado há cinco anos e que os fatores mencionados na sequência podem impactar de forma significativa no custo de produção e na lucratividade do produto.

4.2.4.1 Processos

Durante a fase Medir deste estudo, foram observados os processos praticados para transformação da chapa de aço até o conjunto soldado final.

Foram anotados todos os processos executados para a produção dos oito componentes, assim como os processos envolvidos para soldagem destes para a obtenção do conjunto final.

No levantamento destes processos, foi constatado uma grande diferença entre o sistema produtivo planejado e o sistema produtivo executado.

Quando analisado o setor de Estampagem, observou-se uma redução significativa no número de processos empregados. Na execução real do planejamento produtivo, houve uma redução de 10% no número de processos, havendo a substituição de processos ou inserção de outros.

No setor de Soldagem, houve um aumento de 25% no número de processos executados quando comparado aos processos inicialmente planejados. No momento da cotação da produção, houve um processo que não foi considerado e outro que precisou ser inserido para complementar uma insuficiente do robô de soldagem.

4.2.4.2 Mão-de-obra empregada

O fator mão-de-obra considerada no planejamento e a verdadeiramente empregada também foi analisada.

Na Estampagem, a mão-de-obra empregada na produção dos componentes é 30% menor do que aquela planejada. Possivelmente, a redução do número de empregados seja consequência da redução do número de processos de estampagem previsto, conforme apresentado no tópico anterior.

Para a soldagem final dos componentes, também houve uma redução significativa do número de mão-de-obra empregada. Entre o sistema produtivo planejado e a realidade encontrada, há uma redução de 40% no número de funcionários.

4.2.4.3 Produtividade

Outro fator importante a ser considerado na formação do preço e da lucratividade do produto é a capacidade máxima de produção do sistema.

Quando comparada a produtividade prevista em orçamento *versus* a produtividade real, observa-se um grande intervalo entre estes dados que podem contribuir significativamente para a lucratividade do produto. No sistema produtivo real, observou-se que o desempenho do setor de estampagem em termos de produção é 66% menor do que aquele previsto.

No processo de soldagem do conjunto final, há uma produtividade 17% menor do que a prevista na fase de planejamento do produto.

4.2.4.4 Lucratividade do produto

Por meio do levantamento dos dados levantados como processos executados, tempos de produção, produtividade, máquinas utilizadas, mão-de-obra empregada, desperdícios de matéria-prima entre outros, foi identificada a lucratividade atual do produto.

Os dados coletados *in loco* foram encaminhados para o setor de Orçamento que reconstruiu a ficha técnica do produto, considerando todos os processos e modo de produção atuais.

Em seguida, os dados produtivos e a ficha técnica foram conduzidos para o setor de Custos, no qual foram inseridos os impostos, margens de lucro, valores de processos e mão de obra entre outros.

Por fim, analisando os custos totais de produção e o preço de venda atual do produto, observou-se que a lucratividade atual do produto era de -3%, ou seja, este produto além de não alcançar a meta prevista para seu lucro individual (que era de 10% na fase de orçamento do sistema produtivo), gera ainda prejuízo para a receita da empresa.

4.2.4.5 Identificar potenciais fatores causadores do problema

Durante a realização do VSM, entrevista com gestores/operadores e Cronoanálise nos setores de Estampagem e Soldagem, foram observados diversos fatores que podem cooperar para a redução da lucratividade planejada do produto.

Como apresentado no tópico anterior, o fator que mais chama a atenção é a disparidade entre produção prevista e produção real.

Em se tratando de Prensaria, a equipe e o maquinário atual é capaz de fabricar somente 66% da produção esperada.

Muitos fatores observados durante a análise *in loco* podem contribuir para essa redução como substituição e inserção de novos processos, utilização de equipamentos antigos, desgaste de ferramentas, sequência de processos, tempo de espera entre um estágio e outro de estampagem e tempo de *setup* das máquinas.

Todos estes fatores, quando somados, propiciam queda de produção e eficiência do sistema.

Pelo fato de se caracterizar por processos mais manuais e de maior interferência humana, o setor de Soldagem merece atenção especial.

Neste setor, há a ocorrência de muitos pequenos problemas que interferem no desempenho da célula robotizada de soldagem como por exemplo, o tempo de abastecimento dos dispositivos de solda, tempo do ciclo do robô e na qualidade da solda.

Quanto ao tempo de abastecimento dos dispositivos de solda, observou-se que o operador necessita fazer pequenos ajustes no dispositivo para conseguir inserir os componentes de forma correta. Muitas vezes o operador deve realizar esforços desnecessários ou martelar o dispositivo para garantir a posição dos componentes.

A falta de precisão por parte do dispositivo tende a gerar conjuntos soldados com falhas em seus cordões de solda, o que ocasiona o aumento de retrabalho ou índice de rejeição de peça.

Estas consequências também podem ser favorecidas pelo desajuste da programação do caminho de soldagem do robô. Notou-se que, devido à falta de reprogramação em menores períodos conduz o robô à perda de precisão espacial para realização dos cordões de solda.

Na análise de operação de robô de solda, observou-se ainda um desbalanceamento de atividades entre as mesas do robô, contribuindo para redução da produtividade do posto.

Devido ao processo normal de soldagem, aos desajustes do robô e do dispositivo de solda, por meio da Cronoanálise, identificou-se neste posto trabalho, o gargalo do sistema

produtivo. A célula robotizada dita o ritmo de trabalho dos outros postos e causa ociosidade nas atividades seguintes.

Outro fator que coopera para aumento dos índices de retrabalho ou de rejeição são os componentes provindos da Prensaria. Devido à falta de precisão neste processo, há a ocorrência de componentes com pequenas alterações dimensionais que dificultam o encaixe preciso no dispositivo de solda ou a precisão da deposição do cordão de solda.

As consequências destes fatores apresentados são diversas. Entre elas, nota-se a necessidade de tempo adicional para soldagem manual do conjunto.

Neste posto de trabalho, teoricamente, todos os componentes deveriam ser soldados somente na célula robotizada. No entanto, devido à imprecisão da solda devido à falta de reprogramação frequente do robô ou de ajustes do dispositivo, muitas vezes o soldador deve reforçar os cordões de solda.

Essa soldagem não agrega valor ao produto e além disso, provoca a deposição de maior quantidade de respingos de solda, aumentando o tempo e o dispêndio de energia para a atividade de acabamento.

Na etapa de acabamento, por exigência do cliente, a peça final não deve conter respingos de solda, o que exige maior atenção e tempo de trabalho por parte do operador e inspetor final.

Por estes fatos, no posto de inspeção final, conjuntos soldados são desviados do fluxo produtivo para serem retrabalhados ou descartados por não atenderem condições dimensionais ou aspecto visual.

4.2.5 Melhorar

A quarta fase da metodologia DMAIC é responsável pela elaboração de soluções para os problemas encontrados na fase anterior.

Baseadas nas causas que promovem o surgimento destes problemas, diversas soluções foram levantadas afim de que sua eficiência fosse analisada.

Na sequência, são apresentadas as soluções de maior viabilidade técnica, financeira e maior impacto para combater a baixa lucratividade do produto.

4.2.5.1 Desenvolvimento de soluções

De posse dos dados encontrados na fase anterior, uma equipe paralela e especialista foi formada para analisar as principais causas dos problemas e identificar possíveis soluções para aumento da eficiência dos processos.

Para identificação do comprometimento dos envolvidos na solução do problema, ou seja, aqueles que serão afetados pelas modificações ou que estarão envolvidos em suas implementações.

Assim, foi aplicada a ferramenta *Stakeholder Analyses* (Análise de Grupos de Interesse), aplicando-a nos departamentos de Estampagem e Soldagem.

Esta ferramenta identifica o atual comprometimento do interessado e o nível de comprometimento necessário para implementação das soluções. A Tabela 7 apresenta esta análise. A ferramenta é útil para identificar a aceitação e cooperação por parte dos envolvidos em processos de melhoria do sistema produtivo.

Tabela 7 – Análise de *Stakeholders*

Nível de comprometimento	Gerência industrial	ANÁLISE DE STAKEHOLDERS				
		Estampagem Engenharia de processos	Operadores	Gerência industrial	Soldagem Engenharia de processos	Operadores
Apoio forte		2			2	
Apoio moderado	2		2	2		2
Apoio fraco					1	
Neutro		1		1		
Oposição fraca	1					
Oposição moderada			1			1
Oposição forte						

Na tabela 7, o código 1 representa o atual comprometimento do interessado, enquanto que o número 2 indica qual o comprometimento necessário por parte do *stakeholder* para que as soluções sejam implantadas com sucesso.

Atuando nos setores de Estampagem e Soldagem, a equipe reuniu-se para realização de *Brainstorming* a fim de gerar o máximo possível de soluções. Todas as possibilidades eram registradas para que na sequência fossem avaliadas as viabilidades técnicas e financeiras de cada uma delas.

Para priorização das possíveis soluções, foi aplicado o Diagrama de Matriz para avaliar quais destas eram mais relevantes em termos de viabilidade técnica e financeira. A análise de soluções para o setor de Estampagem e de Soldagem pode ser observada nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Matriz de Priorização para soluções no setor de Estamparia

Critério de Priorização - Estamparia						
		<i>Baixo custo</i>	<i>Aplicabilidade</i>	<i>Eficiência solução</i>	<i>Rapidez implantação</i>	Resultado
Ordem	Peso (5 à 10)	10	9	10	8	
1	Aprimorar/Revisar planej. produção	5	5	5	5	185
2	Implantar <i>Kanban</i> processos	5	5	5	5	185
3	Custo novos processos inseridos	5	5	3	5	165
4	Implantar Gestão Visual	5	5	3	5	165
5	Implantar 5s	5	5	3	5	165
6	SMED prensas	3	5	5	3	149
7	Maior frequência manutenção	3	5	3	5	145
8	Ferramentas reservas	1	5	5	1	113
9	Aquisição novas ferramentas	0	5	5	1	103
10	Aquisição novos equipamentos	0	1	5	0	59

Tabela 9 – Matriz de Priorização para soluções no setor de Soldagem

Critério de Priorização - Soldagem						
		Baixo custo	Aplicabilidade	Eficiência solução	Rapidez implantação	Resultado
Ordem	Peso (5 à 10)	10	9	10	8	
1	Balanceamento tempo mesas	5	5	5	5	190
2	Reprogramação semanal robô	3	5	5	5	165
3	Implantar Gestão Visual	5	5	3	5	165
4	Maior manutenção robô	3	5	5	5	165
5	Uso maior quantidade anti-respingo	5	5	3	5	165
6	Implantar 5S	5	5	3	3	149
7	Maior manutenção dispositivos	3	5	3	5	145
8	Dispositivos de solda reserva	1	5	5	3	129
9	Implantar comunicação direta Estamparia	3	5	3	3	129
10	Novos dispositivos solda	1	5	5	1	113

Nas tabelas acima, as pontuações de 1 à 5 fornecidas às soluções relacionam seu propósito com fatores importantes como baixo custo, aplicabilidade, eficiência e rapidez de implantação. A escala de correlações de 1 à 5 vai da mais fraca correlação (1) à mais forte correlação (5).

Os resultados das correlações podem ser observados na coluna de resultados da tabela, na qual os maiores valores apontam para as melhores soluções.

4.2.5.2 Testar as soluções selecionadas

A formação do *ranking* de prioridades de soluções conduziu o grupo à testar cada uma destas (quando possível) ou ainda ouvir a opinião de gestores/operadores quanto à viabilidade prática de implantação.

Antes da aplicação das soluções selecionadas nos processos em estudo, identificadas na fase anterior, é necessário realizar um teste piloto para validá-las.

Assim, as soluções de 1 à 7 da Tabela 9 foram consideradas como possibilidade de implantação para o setor de Estampagem. No entanto, pelo fato do referido setor envolver muitas pessoas, tanto no trabalho operacional quanto no trabalho administrativo, e as atividades serem altamente automatizadas, observou-se que seria necessário maior tempo para testar e implantar as soluções encontradas.

Somado à isto, notou-se que o gargalo da produção do Conjunto Soldado 7 ocorre no setor de Soldagem e que, por haver maior intervenção humana e menor quantidade de operadores e operações, decidiu-se testar as possibilidades de implantação de soluções na célula robotizada.

Aos finais de semana, foram testadas as soluções de número 1, 2, 4, 5 e 7 e os resultados foram verificados quanto ao aumento de produtividade da célula em 30%.

Dentre os principais impactos da possível implantação final das soluções, o aumento da produtividade da célula robotizada pode afetar o modo operatório e o bem-estar dos trabalhadores, que podem ser exigidos à maior carga de trabalho.

Outro aspecto considerado nos testes é que as soluções selecionadas são viáveis financeiramente e aplicáveis na prática, além de cooperarem para combater o problema da baixa lucratividade do produto.

4.2.5.3 Implantação da solução em larga escala

Analisado e verificado os possíveis impactos da implantação das soluções, assim como a cooperação destas para atingir combater o problema, é necessário planejar e executar um plano de implantação em larga escala.

Neste momento, é necessário envolver todos os gestores e operadores do setor para certificar de todos os detalhes da implantação.

O profissionais da área poderão contribuir ao se comprometer de forma significativa à implantação das soluções, fornecendo detalhes e experiência técnica pertinentes à estes.

Cabe à equipe de desenvolvimento do projeto *Lean Seis Sigma* orientar o trabalho de implantação e assegurar que todos tenham consentimento das mudanças e dos impacto das alterações.

Das soluções testadas, foram implementadas o balanceamento de tempo de execução de atividades nas mesas do robô de solda, maior frequência de reprogramação e manutenção do robô, assim como maior manutenção dos dispositivos de soldagem.

4.2.6 Controlar

A etapa Controlar é o último estágio da metodologia DMAIC. Seu objetivo principal é eleger os indicadores a serem utilizados para monitorar o problema, observando oportunidades de retorno do mesmo.

4.2.6.1 Eleger os indicadores de monitoramento

A solução implantada em larga escala deve ser frequentemente monitorada para prevenir o ressurgimento do problema principal.

Para monitoramento da eficiência da célula robotizada, a equipe decidiu utilizar o IEG como índice para acompanhar a produtividade, o índice de sucata e a disponibilidade do robô.

Por meio deste índice, toda vez que o mesmo atingir valores alarmantes, a equipe de *Lean Seis Sigma* deverá ser acionada para analisar quais fatores estão propiciando a queda de rendimento da célula. Se constatado ressurgimento do problema, a equipe deverá reaplicar a metodologia DMAIC para analisar e implantar novas soluções.

4.2.6.2 Elaborar e implantar plano de monitoramento do processo

Definido o índice a monitor o sistema, é necessário elaborar um plano de implantação e executá-lo de forma estruturada assim que possível..

Por meio da equipe de *Lean Seis Sigma* e o setor de Soldagem, foi definido que os sub-índices de produtividade, disponibilidade do posto e o índice de sucata seriam coletados diariamente para compor o IEG da célula de solda. Foi definido que o responsável pela coleta dos dados deverá ser o líder de produção e os dados deverão ser encaminhados ao gestor da área.

Valores de IEG abaixo de 0,75 deverão ser observados quanto às ocorrências do dia de trabalho. Os fatores que causaram baixa do IEG serão analisados e caso necessário, deverá ser acionada a equipe de *Lean Seis Sigma*.

4.2.6.3 – Padronização e divulgação dos novos procedimentos

Após a implantação das soluções e determinação do modo de monitoramento da célula de produção, é necessário formalizar as alterações ocorridas e documentar as novas rotinas de trabalho.

Dessa forma, os procedimentos alterados foram padronizados e registrados para evitar modificações em suas características. Os operadores foram orientados quanto às modificações no posto de trabalho e orientados quanto aos novos procedimentos de avaliação da célula.

Assim, foi transferida ao setor de Soldagem a responsabilidade pelo monitoramento e acompanhamento do desempenho dos operadores e célula de produção.

5 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA-AÇÃO

Como relatado anteriormente, a principal característica da metodologia pesquisa-ação é a união do conhecimento prático com o conhecimento teórico.

Desta combinação de saberes, coloca-se a teoria no caminho dos detentores da prática, assim como ensina aos pesquisadores a realidade de um contexto real.

Neste estudo, um grupo formado por profissionais de uma empresa, dotados da prática industrial, tiveram a oportunidade de construir um conjunto de procedimentos para a solução de um problema.

O pesquisador, crítico e cooperador, analisa de perto o desenvolvimento do programa, refletindo sobre a teoria de forma contínua para contribuir para o engrandecimento da atividade.

Neste sentido, o pesquisador teve a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de um conjunto de procedimentos para viabilizar a análise da lucratividade de produtos e oferecer embasamento teórico para aperfeiçoar a prática.

No decorrer da elaboração dos procedimentos, o programa original em desenvolvimento pelo grupo (Tabela 10) sofreu intervenção sob a análise do pesquisador, no qual atividades foram aprimoradas ou inseridas a fim de se obter uma sistemática mais robusta (Tabela 11).

Tabela 10 – Procedimentos originais para análise de lucratividade do produto

Etapa	Atividades	Características
1	Formação do grupo	Participantes sem papéis definidos
2	Planejamento/Execução do projeto	Indefinições quanto ao projeto
3	Lista de produtos a serem estudados	Eleição por sentimento dos participantes
4	Eleição quantitativa de um item	Eleição por sentimento dos participantes
5	Análise dos processos	Identificação de processos e Cronoanálise
6	Criação de ficha técnica do estado atual	Padrão da empresa
7	Cálculo de lucratividade do estado atual	Padrão da empresa
8	Comparação lucratividade prevista x real	Padrão da empresa
9	Tomada de decisão junto à diretoria/cliente	Baseado em evidências qualitativas e quantitativas
10	Reinício do sistema	Reaplicação dos procedimentos

Tabela 11 – Procedimentos propostos por meio da pesquisa-ação

Etapa	Atividade	Características
1	Formação do grupo	Participantes com papéis definidos
2	Planejamento/Execução do projeto	Baseado no <i>Project Charter</i>
3	Lista de produtos a serem estudados	Curva ABC
4	Eleição quantitativa de um item	IEG e potencial financeiro de recuperação
5	Análise dos processos	VSM/Entrevistas/Cronoanálise

Etapa	Atividade	Características
6	Criação de ficha técnica do estado atual	Estruturado nos dados anteriores
7	Cálculo de lucratividade do estado atual	Padrão da empresa
8	Confronto estado atual x estado planejado	Identificação de falhas na fabricação do produto
9	Comparação lucratividade prevista x real	Padrão da empresa
10	Identificação fatores causadores do problema	Análise qualitativa
11	Proposta para solução de problemas	Proposta aplicação de ferramentas LSS
12	Proposta de indicadores de controle	Acompanhamento quantitativo
13	Monitoramento do produto	Acompanhamento quantitativo
14	Tomada de decisão junto à diretoria/cliente	Baseado em evidências qualitativas e quantitativas
15	Reinício do sistema	Reaplicação dos procedimentos

Dentre as principais alterações propostas ao grupo, observa-se a metodologia *Lean Seis Sigma* como norteadora das atividades para solução do problema.

Por meio desta técnica, foram inseridas ferramentas metódicas que forneceram dados quantitativos e qualitativos mais consistentes, além de um sistema estruturado e baseado em etapas para atingir o objetivo final do projeto.

Nota-se a claramente aplicação da metodologia DMAIC no desenvolvimento das atividades. Como pode ser visto na tabela 11, as fases de um à dois correspondem à etapa Definir; de três à quatro à etapa Medir; cinco à dez são aplicados os conceitos pertencentes à fase Analisar; passo onze ao estágio Melhorar e de doze à treze, etapa Controlar.

Observa-se que a tabela 10 é base para a tabela 11, sendo a última aprimorada com o conhecimento prático dos integrantes do grupo e embasada pelo conteúdo teórico e regida pela metodologia *Lean Seis Sigma*.

6 CONCLUSÃO

Com o recente estímulo do governo brasileiro para a instalação de novas montadoras de veículos no mercado automobilístico, observa-se um aumento na competitividade do setor de autopeças para suprimento dos novos entrantes no mercado.

À reboque, as novas montadoras trazem consigo fornecedores de autopeças de seu países de origem, que além de oferecerem produtos à preços competitivos, fornecem maior valor agregado ao produto.

Diante deste fato, as empresas brasileiras que competem neste mercado devem buscar maior eficiência produtiva para não sucumbirem à voracidade do meio, sendo essencial lançar mão de poderosas estratégias de gestão industrial.

Dessa forma, à luz da filosofia *Lean Seis Sigma* e por meio da pesquisa-ação, foi proposto um conjunto de procedimentos para promover a análise da lucratividade de produto, a fim de verificar a diferença entre os parâmetros utilizados no planejamento do sistema produtivo e o sistema produtivo real.

Assim, foi analisado o desenvolvimento de um programa para identificação da lucratividade de produtos de uma empresa de autopeças especialista no processamento de aço. Como propõe o método de pesquisa-ação, foi realizada uma intervenção no programa para combinar o conhecimento prático com o conhecimento literário.

Desta relação, foi proposto uma sequência de processos que fosse capaz de atingir os objetivos iniciais da empresa, contribuindo para uma maior *performance* dos resultados almejados pelo grupo e financeiros pela empresa.

Não restrito somente à empresa em foco, os procedimentos aqui propostos poderão ser utilizados como base para outras empresas do segmento de autopeças metálicas para análise de lucratividade de seus produtos.

Por meio de uma aplicação prática dos procedimentos propostos, um produto foi analisado confrontando-se sua lucratividade prevista *versus* lucratividade real. O resultado foi a observação de uma divergência muito grande entre o sistema produtivo planejado e o sistema produtivo real.

A situação observada conduziu a equipe a identificar os fatores que cooperam para esta discrepância, na qual notou-se que a alteração de processos, produtividade e mão-de-obra empregada são os fatores que mais contribuem para o distanciamento entre os parâmetros previstos e os reais.

O não cumprimento do sistema produtivo previsto em sua fase de orçamento tornou o desempenho financeiro do produto ineficiente, alvo de prejuízo para a empresa em seu processo de fabricação. O déficit traduziu-se por meio de sua lucratividade, que no momento da investigação era de -3%, enquanto que o parâmetro previsto era 10%.

Sobre este valor alarmante, o produto em estudo foi analisado quanto às causas que favorecem seu mau desempenho e um plano de recuperação de eficiência produtiva foi elaborado.

Ao final da aplicação dos procedimentos, o produto obteve um aumento de 30% em sua produtividade, o que cooperou para reduzir a perda financeira da empresa.

Assim, por meio do método de pesquisa-ação, observa-se que a interação do conhecimento prático suportado por profissionais da indústria são enriquecidos quando aliado ao conhecimento acadêmico suportado pelo pesquisador. Por meio da experiência prática, acredita-se que o objetivo principal proposto neste trabalho foi alcançado, uma vez que os procedimentos foram aplicados e validados para serem estendidos à outros produtos da empresa.

Sob o ponto de vista de execução do trabalho, que a baixa lucratividade dos produtos podem comprometer os resultados financeiros da empresa e afetar sua competitividade no mercado. Para enfrentar esse problema, o *Lean Seis Sigma* apresenta-se como uma filosofia versátil e de alta aplicabilidade, fornecendo resultados relevantes para caracterização e solução do problema.

Dentre os fatores cruciais para desenvolvimento desta pesquisa-ação, destaca-se o comprometimento do grupo de estudos em solucionar o problema, compartilhar experiências reais e debater questões técnicas-científicas, o que contribui substancialmente para ambas as partes. Outro fator importante é a aproximação dos membros da indústria quanto ao embasamento teórico na solução de problemas, na qual encontram fundamentos para as proposições práticas.

Destacam-se como principais limitações deste trabalho a restrição à utilização dos procedimentos propostos somente às indústrias de autopeças metálicas devido às características produtivas do setor. Empresas que transformam outros tipos de materiais devem ser analisadas quanto aos seus principais modos produtivos.

Deve-se considerar ainda que o presente trabalho coopera para a redução da lacuna científica apontada no início da pesquisa quando refere-se à programas *Lean Seis Sigma* aplicados à produtos de baixa lucratividade.

Por fim, como trabalhos futuros, sugere-se: a abordagem de produtos de baixa lucratividade no segmento de autopeças plásticas (importante setor dentro da cadeia automobilística); o estado-da-arte e as ações das empresas quanto aos produtos de baixa lucratividade; estudo do potencial financeiro das empresas encobertos pela ineficiência produtiva.

REFERÊNCIAS

- AL-AOMAR, R. A *Lean* construction framework with Six Sigma rating. **International journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 4, p. 299-314, 2012.
- ALMOMANI, M. A. *et al.* A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. **Original computers & industrial engineering**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521300226X>>. Acesso em: 17 ago. 2013.
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística**. São Paulo, 2013.
- ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. Uma abordagem metodológica para o gerenciamento das restrições dos sistemas produtivos: a gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada aos resultados do posto de trabalho. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2001, Salvador. **Anais...**, Salvador: ABEPRO, 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR12_0256.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- ARNHEITER, E.D.; MALEYEFF, J. The Integration of *Lean* Management and Six Sigma. **TQM magazine**, v. 17, n. 1, p. 5-18, jan. 2005.
- AUTOMOTIVE BUSINESS. São Paulo: IVL, 2012, ano 4, n. 13, fev. 2012. 54 p.
- AZADEGAN, A. *et al.* The effect of environmental complexity and environmental dynamism on Lean practices. **Journal of operations management**, v. 31, n. 4, p. 193-212, mai. 2013.
- AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. Applying *Lean* thinking in construction and performance improvement. **Alexandria engineering journal**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>. Acesso em: 12 Jul. 2013.
- BAKRI, A. H. *et al.* Boosting *Lean* production via TPM. **Procedia - social and behavioral sciences**, v.65, n.3, p.485-491, Dec. 2012.
- BARNES, J.; DUNNES, N.; MORRIS, M. Developing *Manufacturing* competitiveness within South African industry: the role of middle management. **Technovation**, v.21, n. 5, p.293-309, 2001.
- BERTHOLEY, F. Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS): *Lean Manufacturing*, VSM, 5S. **Transfusion clinique et biologique**, v.16, n.2, p.93-100, Mai. 2009.
- BHASIN, S. Performance of *Lean* in large organisations. **Journal of Manufacturing systems**, v.31, n.3, p. 349-357, Jul. 2012.
- BEHROUZI, F.; WONG, K. Y. *Lean* performance evaluation of *Manufacturing* systems: A dynamic and innovative approach. **Procedia computer science**, v.3, p.388-395, 2011.

- BÜYÜKÖZKAN, G.; ÖZTÜRCAN, D. An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. **Expert systems with applications**, v.37, n.8, p.5835-5847, Aug. 2010.
- CELLIS, O. L. M.; GARCÍA, J. M. S. Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando *Lean Six*. **Estudios gerenciales**, v.28, n.124, p.23-43, jul./set., 2012,
- CHAKRAVORTY, S. S. Six Sigma programs: an implementation model. **International journal of production economics**, v.119, n.1, p.1-16, Mai. 2009.
- CHANG, C. H.; SU, C. T. Service process design and/or redesign by fusing the powers of design for Six Sigma and *Lean*. **International journal of Six Sigma and competitive advantage**, v.3, n.2, p.171-91, 2007.
- CHEN, J. C.; CHENG, C-H.; HUANG, P. B. Supply chain management with *Lean* production and RFID application: A case study. **Expert systems with applications**, v.40, n.9, p.3389-3397, Jul. 2013.
- CINICIOGLUE, E. N.; ÖNSEL, Ş.; ULENGIN, F. Competitiveness analysis of automotive industry in Turkey using Bayesian networks. **Expert Systems with Applications**, v.39, n. 12, p.10923–10932, 2012.
- DANTON, G. **Metodologia Científica**. Pará de Minas: Virtual Books Online M&M Editores Ltda, 2000. 23 p.
- FERNANDES, S. T. Integração dos programas de melhoria Lean Manufacturing e Six Sigma aplicados à logística de transporte de produtos de uma indústria metalúrgica. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2008.
- FERNANDES, M. M.; TURRIONI, J. B. Seleção de projetos Seis Sigma: aplicação em uma indústria do setor automobilístico. **Produção**, v.17, n.3, p.579-591, 2007.
- FONTE, M. O. A. **O Lean Sigma aplicado a uma indústria automobilística**. 2008. 51 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juíz de Fora, Juíz de Fora, 2008.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GREMYR, I.; FOUQUET, J-B. Design for Six Sigma and *Lean* product development. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.3, n.1, p.45-58, 2012.
- HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- HICKS, B. J. *Lean* information management: Understanding and eliminating waste. **International Journal of information mangagement**, v.27, n.4, p.233-249, Aug. 2007.
- HO, Y.-C.; CHANG, O.-C. An empirical study of key success factors for Six Sigma Green Belt projects at an Asian MRO company. **Journal of air transport management**, v.14, n.5, p.263-269, set., 2008.

HORS, C. *et al*; Aplicação das ferramentas de gestão empresarial *Lean* Seis Sigma e PMBOK no desenvolvimento de um programa de gestão da pesquisa científica. **Gestão e economia em saúde**, v.10, n.4, p.480-90, 2012.

JÚNIOR, O. M. S. **Análise no processo produtivo da empresa Hiper Solados**. 2007. 59 f. Trabalho de Conclusão de Estágio (Graduação em Administração) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade do Vale do Itajaí, Tijucas, 2007.

JUPP, V. **The sage dictionary of social research methods**. London: Sage Publications, 2006.

KIMSEY, D. B. *Lean* methodology in health care. **AORN journal**, v.92, n.1, p.53-60, Jul. 2010.

KUMAR, U. D. *et al*. On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. **International journal of production economics**, v.111, n.2, p. 456-467, fev., 2008.

KUMAR, M. *et al*. N. Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: a case study. **Quality and Reliability Engineering International**, v.23, p.849–866, 2007.

KUMAR, M. *et al*. Implementing the *Lean* Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production planning & control**, v.17, n.4, p.407-423, 2006.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. **Technovation**, v.26, n.5-6, p.708-715, Mai-Jun, 2006.

LAOSIRIHONGTHONG, T.; DANGAYACH, G. S. A comparative study of implementation of *Manufacturing* strategies in Thai and Indian automotive *Manufacturing* companies. **Journal of Manufacturing Systems**, v.24, n. 2, p.131-143, 2005.

LIKER, J. **O modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMA, E. P.; GARBUIO, P. A. R.; GOUVÊA, S. E. Proposta de modelo teórico-conceitual utilizando o Lean Seis Sigma na gestão de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 29, 2009, Salvador. **Anais...**, Salvador. Disponível em: <www.abepro.org.br ... enegep TN S TO .pdf>. Acesso em: 30 mai. 2013.

LOPES, C. P. *et al*. A aplicação do Lean Seis Sigma como método para redução de custos nos serviços logísticos da DHL Global Forwarding. **eGesta**, v.6, n.1, p.21-45, Jan.-Mar. 2010.

MACEDO, M.; POSSAMAI, E. A contribuição do *Lean Manufacturing* na obtenção de vantagem competitiva: um estudo de casos múltiplos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2, 2012, Ponta Grossa. **Anais...**, Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2012/anais/artigos/>>. Acesso em: 24 mai. 2013.

MACHADO, M. A. G.; Magalhães, M. S.; Costa, A. F. B. Gráfico de controle de VMAX para o monitoramento da matriz de covariâncias. **Produção**, v.18, n.2, p.222-239, mai./ago., 2008.

MACHADO, R.; FRANCISCO, A. C. Melhoria contínua como ferramenta para o aumento da competitividade organizacional: um estudo de caso no setor metal metalúrgico. In: SIMPEP, 12, 2005, Bauru. **Anais...**, Bauru. Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br/anais/>. Acesso em 24 mai. 2013.

MADU, C. N. Strategic value of reliability and maintainability management. **International Journal of quality & reliability management**, v.22, n.3, pp.317-328, 2005.

MANFREDINI, M. F.; SUSKI, C. A. Aplicação do *Lean Manufacturing* para minimização de desperdícios gerados na produção. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. 1, 2010, Brusque. **Anais...**, Brusque. Disponível em: <http://sites.unifebe.edu.br/~congressoits2010/artigos/artigos/047_-_aplicacao_do_Lean_Manufacturing_para_minimizacao_de_desperdicios_gerados_na_producao.pdf>. Acesso em: 18 Ago. 2013.

MAST, J.; LOKKERBAL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International journal of production economics**. v.139, n.2, p. 604–614, Out., 2012.

MEYER, V. R. Measurement uncertainty. *Journal of chromatography*, v.1158, n.1–2, p.15-24, jul., 2007.

MOREIRA, S. P. S. **Aplicação das ferramentas *Lean*: caso de estudo**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2007.

NUNES, I. J. D. **Aplicação de ferramentas *Lean* no planejamento de obras**. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

OLAVE, M. E. L.; NETO, J. A. Redes de cooperação produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas. **Gestão e produção**, v.8, n.3, p.289-303, 2001.

OLIVEIRA, C. C. *et al.* Aplicação de ferramentas da qualidade no acompanhamento e controle de perdas de embalagens da produção de resfriados temperados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais...**, Salvador: ABEPRO, 2009. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20enegep/4.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2013.

OLIVEIRA, S. E.; ALLORA, V.; SAKAMOTO, F. T. C. Utilização conjunta do método UP' (Unidade de Produção-UEP') com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação: um estudo na agroindústria de abate de frango. **Custos e agronegócio on line**, v.2, n.2, p.37-48, jul./dez., 2006.

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

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PANNELL, A. Happy together: Solid *Lean* Principles are at the heart of every successful Six Sigma Program. **Industrial Engineer**, v.38, n. 3, p.46-49, mar. 2006.

PARAST, M. M. **The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance**. **International journal of project management**, v.29, n.1, p. 45-55, jan. 2011.

PIMENTA, S. G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. **Educação e Pesquisa**, v.31, n.3, p.521-539, set./dez. 2005.

PINTO, A. P. **A aplicação do Lean Seis Sigma na prestação de serviços no setor agrícola**. 2011. 81 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, 2011.

NETO, A. G. L. P. **Redução do tempo de ciclo do pedido: uma aplicação *Lean Sigma* na logística**. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Transportes) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SANTOS, R. A.; MONTEIRO, A. O.; CERQUEIRA, L. S. Estratégia e competitividade no varejo de autopeças na cidade de Salvador. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 9, 2012, Resende. **Anais....**, Resende. Disponível em: <www.aedb.br/seget/artigos.pdf>. Acesso em 24 mai. 2013.

RIANI, A. M. **Estudo de caso: o Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2006. 44 f. Trabalho de Graduação (Graduação Engenharia de Produção) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

RUI, C. *et al.* Diversificação, vantagem competitiva e bens estratégicos em uma empresa de autopeças. In: ENCONTRO DE ESTUDOS DE ESTRATÉGIAS. 5, 2011, Porto Alegre. **Anais....**, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/evento.php?acao=trabalho&cod_edicao_subsecao=700&cod_evento_edicao=56&cod_edicao_trabalho=12867>. Acesso em: 24 mai. 2013.

SALAH S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J. A. The integration of Six Sigma and *Lean* management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p. 249-274, 2010.

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

SARTI, F. *et al.* Relatório de acompanhamento setorial autopeças. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**, Unicamp, V. 1, 2008.

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

SAURIN, T. A.; FERREIRA, C. F. The impacts of *Lean* production on working conditions: A case study of a harvester assembly line in Brazil. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.39, p.403–412, 2009.

SCHROEDER, R. G. *et al.*; Six Sigma: definition and underlying theory. *Journal of operations management*, v.26, n.4, p.536-554, Jul. 2008.

SHAFER, S. M.; BOELLER, S. B. The effects of Six Sigma on corporate performance: an empirical investigation. **Journal of operations management**, v.30, n.7–8, p.521-532, nov., 2012.

SINDIPEÇAS. **Desempenho do Setor de Autopeças**. São Paulo, 2013.

SINGH, B. *et al.* Lean implementation and its benefits to production industry. **International journal of Lean six sigma**, v.1, n.2, 2010.

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.

SIRIKRAI, S. B.; TANG, J. C. S. Industrial competitiveness analysis: Using the analytic hierarchy process. **Journal of High Technology Management Research**, v.17, n.1, p.71–83, 2006.

SUZUKI, T. **TPM in Process industries**. Portland: Productivity Press, 1994.

TRAD, S.; MAXIOMIANO, A. C. A. Seis Sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação. **Revista de administração contemporânea**, v.13, n.4, out./dez., 2009.

TAGHIZADEGAN, S. Chapter 1: Introduction to essentials of *Lean Six Sigma* (σ) strategies: *Lean Six Sigma: Six Sigma Quality with Lean speed*. **Essentials of Lean Six Sigma**, p.1-6, 2006.

TÁVORA, K. F. D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma no processo de corte de uma indústria produtora de capas para bancos de automóvel**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Comercial) – Faculdade de Economia do Porto, 2009.

TETTEH, H. A. *Kaizen*: A process improvement model for the business of health care and perioperative nursing professionals. **AORN Journal**, v.95, n.1, p. 104-108, Jan. 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1994.

THOMAS, A.; BARTON, R.; CHUKE-OKAFOR, C. Applying *Lean six sigma* in a small engineering company – a model for change. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.20, n.1, p.113-129, 2009.

TURRAS, P. M. C. C. D. **Estudo e proposta de optimização de processo industrial com recurso A Ferramentas *Lean Six Sigma***. 2009. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

UITDEHAAG, J. C. M. The seven types of drug discovery waste: toward a new Lean for the drug industry. **Drug discovery today**, v.16, n.9-10, p.369–371, mai. 2011.

VASCONCELOS, H. S. R. **A pesquisa-ação em projetos de educação ambiental**. In: PEDRINI, S. G. Educação ambiental: reflexões e práticas contemporâneas. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

VERGARA, S. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2013. 94 p.

VLACHOS, I.; BOGDANOVIC, A. *Lean* thinking in the European hotel industry. **Tourism management**, v.36, p.354-363, Jun. 2013.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Campus, 2013.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YOUSRI, T. A. *et al.* *Lean thinking*: Can it improve the outcome of fracture neck of femur patients in a district general hospital? **Injury**, v.42, n.11, p.1234-1237, Nov. 2011.