

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Alexander Pitta dos Anjos

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN* SEIS
SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE MANUFATURA: UM ESTUDO DE
CASO REALIZADO EM UMA METALÚRGICA DE PEQUENO PORTE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla
Orientador

Araraquara, SP – Brasil
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

A619p Anjos, Alexander Pitta dos

Proposta de implementação da metodologia Lean Seis Sigma em uma indústria de manufatura: um estudo de caso em uma metalúrgica de pequeno porte/Alexander Pitta dos Anjos. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2017.
178f.

Dissertação (Mestrado)- Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientador: Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla

1. Lean Seis Sigma. 2. Pequena empresa. 3. DMAIC.
4. Manufatura não seriada. 5. Implementação Lean Sigma. I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Anjos, A.P. **Proposta de implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* em uma indústria de manufatura:** Um estudo de caso em uma metalúrgica de pequeno porte.2016. Número de folhasf. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

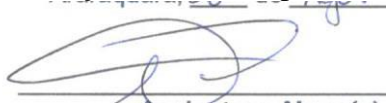
ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Alexander Pitta dos Anjos

TÍTULO DO TRABALHO: Proposta de implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* em uma indústria de manufatura: Um estudo de caso em uma indústria metalúrgica de pequeno porte.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2016

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo deste texto para exame de qualificação e concede a Universidade de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Alexander Pitta dos Anjos

Universidade de Araraquara – UNIARA

Rua Carlos Gomes, 1217, Centro. CEP: 14801–340, Araraquara-SP

E-mail: ale.engprod@gmail.com



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

NOME DO AUTOR: **ALEXANDER PITTA DOS ANJOS**

TÍTULO DO TRABALHO:

"A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE MANUFATURA: UM ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA METALÚRGICA DE PEQUENO PORTE."

Assinatura do(a) Examinador(a)

Conceito

Prof(a). Dr(a). José Luís Garcia Hermosilla (orientador(a))
Universidade de Araraquara - UNIARA

(x)Aprovado () Reprovado

Prof(a). Dr(a). Fábio Ferraz Júnior
Universidade de Araraquara - UNIARA

(x)Aprovado () Reprovado

Prof(a). Dr(a). Marcel Andreotti Musetti
Universidade de São Paulo - USP

(x)Aprovado () Reprovado

Versão definitiva revisada pelo(a) orientador(a) em: 31 / 10 / 2017

Prof(a). Dr(a). José Luís Garcia Hermosilla (orientador(a))

Aos meus pais, irmão e namorada, pelos quais tenho amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho e incansável apoio ao longo do período de elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela grande oportunidade de cursar esse mestrado, pela força e perspicácia ao longo da elaboração desse trabalho.

Ao Prof. Dr. José Luís Garcia Hermosilla, pessoa de grande conhecimento, competência profissional e humildade, por quem tive o privilégio de ser orientado. Obrigado pelos incentivos, pela sinceridade, pelo conhecimento compartilhado e por sua compreensão durante toda a elaboração desse trabalho.

À minha namora Geisa, que sempre me deu apoio e força nos momentos difíceis e que com carinho sempre me incentivou.

Aos meus pais, que sempre me mostraram o valor do estudo e sempre me incentivaram na realização dos meus sonhos. A minha mãe Marlene pelo carinho e amor. Ao meu pai Daniel por sempre me orientar nos momentos difíceis.

Aos colegas de curso, pelo carinho, pelas palavras e gestos de amizade, pela motivação, pelo companheirismo e ajuda.

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.” (Abraham Lincoln)

RESUMO

A Metodologia *Lean Seis Sigma* (LSS) apesar de ser considerada uma das ferramentas mais eficazes para a melhoria dos processos produtivos, tem sido pouco empregada em empresas de pequeno e médio porte. O objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de implementação da metodologia LSS para uma indústria metalúrgica de pequeno porte. Através do levantamento bibliográfico foi possível descrever o padrão de implementação do LSS em pequenas e grandes empresas. Através dessa investigação foi elaborado uma proposta de implementação da metodologia LSS destinada as pequenas empresas. A investigação de caráter qualitativo tem como técnica de pesquisa o estudo de caso da aplicação da metodologia em uma empresa de pequeno porte que utilizou como instrumentos para a coleta dos dados a observação sistemática do processo de implantação, documentos da empresa com informações cadastrais e de desempenho, assim como o bibliográfico para efeito comparativo futuro. Os resultados mostram uma redução de não conformidades em aproximadamente 76% na fabricação do produto martelo oscilante, após a implementação da metodologia LSS. Através da investigação ocorrida no caso real pode-se observar que embora o método utilizado pela empresa estudada não detalha as atividades de forma sequencial, o mesmo permitiu entender claramente o problema, estabelecer a situação atual do processo, analisar os dados e desenvolver melhorias. Ao comparar o modelo adotado pela empresa estudada com a proposta de implementação da metodologia LSS para pequenas empresas, foi possível observar que embora o método utilizado para a implementação da metodologia LSS tenha gerado um impacto positivo na avaliação financeira e operacional, muitos outros resultados poderiam ser alcançados, caso a equipe de projeto fosse melhor direcionada pelo método de implementação LSS.

Palavras-chave: *Lean Seis Sigma*. Pequena Empresa. DMAIC. Metal Mecânica.

ABSTRACT

The Lean Six Sigma Methodology (LSS), despite being considered one of the most effective tools for the improvement of the productive processes, has been little used in small and medium enterprises. The objective of this work is to elaborate a proposal for the implementation of the LSS methodology for a small metallurgical industry. Through the bibliographic survey it was possible to describe the LSS implementation pattern in small and large companies. Through this research, a proposal was made to implement the LSS methodology for small companies. The qualitative investigation has as a research technique the case study of the application of the methodology in a small company that used as instruments to collect the data the systematic observation of the process of implantation, company documents with cadastral information and performance , as well as the bibliographical for future comparative effect. The results show a reduction of nonconformities by approximately 76% in the manufacturing of the oscillating hammer product after the implementation of the LSS methodology. Through the investigation carried out in the real case it can be observed that although the method used by the company studied does not detail the activities in a sequential way, it allowed to clearly understand the problem, establish the current situation of the process, analyze the data and develop improvements. When comparing the model adopted by the company studied with the proposed implementation of the LSS methodology for small companies, it was possible to observe that although the method used to implement the LSS methodology generated a positive impact in the financial and operational evaluation, many other results could be achieved , in case the project team was better guided by the LSS implementation method.

Key-words: *Lean Six Sigma. Small business. DMAIC. Mechanical Metal.*

Lista de Figuras

Figura 1 - Linha do tempo evolução da metodologia lean	26
Figura 2 - Os cinco princípios do pensamento enxuto	27
Figura 3 - Casa do STP.....	31
Figura 4 - Principais técnicas e ferramentas lean	33
Figura 5 - Definição 5S	34
Figura 6 - Etapas do MFV	35
Figura 7 - Mapa Atual	36
Figura 8 - Etapas para implantação da ferramenta SMED	38
Figura 9 - Cartão Kanban de retirada	40
Figura 10 - Cartão Kanban de produção.....	40
Figura 11 - Quadro kanban.....	41
Figura 12 - Metodologia TPM.....	42
Figura 13 - Sistema Andon.....	43
Figura 14 - Tempo de Ciclo.....	44
Figura 15 - Folha de Instrução do trabalho	45
Figura 16 - Diagrama de trabalho padronizado	46
Figura 17 - Caixa de Heijunka.....	47
Figura 18 - Células de manufatura	47
Figura 19 - Ciclo PDCA	49
Figura 20 - Sistema de produção puxada	50
Figura 21 - Proporção de Defeitos x Nível Sigma	53
Figura 22 - Exemplos de processos operando em 4 sigma e 6 sigma	54
Figura 23 - Distribuição normal	54
Figura 24 - Distribuição normal com desvio de 1,5 sigma.....	55

Figura 25 - Diagrama de Pareto.....	58
Figura 26 - Diagrama de causa e efeito	58
Figura 27 - Diagrama de dispersão.....	59
Figura 28 - Análise de Kano.....	60
Figura 29 - Histograma.....	60
Figura 30 - Fluxograma processo de colheita.....	61
Figura 31 - Carta controle.....	62
Figura 32 - Diagrama de afinidades	63
Figura 33 - Lista de verificação.....	64
Figura 34 - Diagrama de relações.....	65
Figura 35 - Diagrama de árvore.....	66
Figura 36 - Diagrama de matrizes	67
Figura 37 - Diagrama de matriz de priorização.....	68
Figura 38 - Diagrama de processos decisórios	68
Figura 39 - Controle estatístico do processo (CEP)	69
Figura 40 - Eficiência global de equipamentos (OEE).....	70
Figura 41 - ANOVA.....	71
Figura 42 - FMEA resfriamento de cubas	72
Figura 43 - Diagrama árvore de CTQ.....	73
Figura 44 - Plano de ação 5W2H	74
Figura 45 - Boxplot	75
Figura 46 - SIPOC	75
Figura 47 - Cronograma de fabricação	76
Figura 48 - Ferramentas LSS.....	77
Figura 49 - Contribuição da metodologia LSS.....	79

Figura 50 - Estrutura DMAIC utilizado pela Intel	83
Figura 51 - Estrutura DMAIC utilizado pela empresa Ericsson.....	86
Figura 52 - Estrutura do método DMAIC GSK Farmacêutica.....	88
Figura 53 - Métodos utilizados para implantação LSS nos trabalhos investigados em grandes empresas	93
Figura 54 - Método DMAIC para grandes empresas	94
Figura 55 - Método DMAIC utilizado pela fundição de pequeno porte	96
Figura 56 - Fases adotadas para implantação da metodologia LSS na pequena empresa de engenharia.....	97
Figura 57 - Termo de Abertura.....	99
Figura 58 - Execução do modelo DOLADMAICS	100
Figura 59 - Implementação DMAIC na empresa de Impressão	101
Figura 60 - Modelo para implementação da metodologia LSS.....	103
Figura 61 - Fatores Críticos de Sucesso Implementação LSS em PME.....	106
Figura 62 - Métodos utilizados para implantação LSS nos trabalhos investigados em pequenas empresas	107
Figura 63 - Critérios e classificação de pesquisa.....	108
Figura 64 - Procedimentos operacionais da pesquisa.....	111
Figura 65 - Proposta para implementação da metodologia LSS em pequenas empresas.....	115
Figura 66 - Ferramentas LSS.....	117
Figura 67 - Esquema área de preparo e extração de caldo	118
Figura 68 - Estrutura Organizacional	121
Figura 69 - Método DMAIC empresa Alfa	122
Figura 70 - Martelos oscilantes fabricados pela empresa Alfa.....	123
Figura 71 - Desfibrador XP 78".....	124

Figura 72 - Desenho de fabricação dos martelos oscilantes	125
Figura 73 - Processo de fabricação martelos oscilantes	127
Figura 74 - Registro de não conformidades	128
Figura 75 - Defeitos de fabricação martelos oscilantes.....	129
Figura 76 -Análise de ponto de equilíbrio	130
Figura 77 - Árvore CTQ	131
Figura 78 - Simulação de ponto de equilíbrio	131
Figura 79 - Cronograma de atividades do projeto LSS	133
Figura 80 - Equipe de projeto LSS	134
Figura 81 - Matriz de responsabilidades.....	135
Figura 82 - Project Charter	136
Figura 83 - Diagrama SIPOC do processo de fabricação dos martelos oscilantes.....	137
Figura 84 - Desenhos de corte	138
Figura 85 - Variação de pesos martelos oscilantes por fornecedor	139
Figura 86 - Análise estatística dos martelos oscilantes	140
Figura 87 - Martelo oxicortado.....	140
Figura 88 - Proporção de defeitos ocorridos na usinagem dos martelos	141
Figura 89 - Proporção de defeitos ocorridos durante a aplicação de solda	142
Figura 90 - Diagrama de causa e efeito (aumento das não conformidades nos martelos oscilantes).....	143
Figura 91 - Quantidade de defeitos por pedido de compra.....	144
Figura 92 - Árvore de falhas da máquina de oxicorte	145
Figura 93 - ANOVA teste de funcionamento.....	146
Figura 94 - Proporção de defeitos gerados por operador.....	147
Figura 95 - Dispositivo para usinagem de martelos	148

Figura 96 - Questionário de avaliação de fornecedores	150
Figura 97 - Dispositivo implantado para usinagem.....	151
Figura 98 - Procedimento para aplicação de solda dura.....	152
Figura 99 - Programa anual de auditorias.....	154
Figura 100 - Indicadores de desempenho	156
Figura 101 - Programa anual de treinamentos.....	158
Figura 102 - Quadro comparativo do modelo LSS proposto pela literatura e modelo adotado pela empresa Alfa	161

Lista de Quadros

Quadro 1 - Três tipos de atividades	29
Quadro 2 - Sequência de implantação de ferramentas Lean	51
Quadro 3 - Contribuições e limitações	105
Quadro 4 - Comparação dos resultados do projeto LSS.....	153

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Cálculo DPMO inicial	91
Tabela 2 - Cálculo DPMO após ações de melhorias	91
Tabela 3 - Resultados obtidos nos projetos	104

Lista de Abreviaturas e Siglas

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CSF – Critical Success Factor
LSS – *Lean Seis Sigma*
MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor
PME – Pequenas e Médias Empresas
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SMED – *Single Minute Exchange of Die*
SME – *Small Medium Enterprise*
STP – Sistema Toyota de Produção
TPM – *Total Productive Maintenance*
DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control.*
VSM – *Value Stream Mapping*
CTQ – *Critical to Quality*
FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*
CEP – Controle Estatístico do Processo
VOC – *Voice of Customers*
VOB – *Voice of Business*
SIPOC – *Supplier, Input, Process, Output, Client.*
OEE – *Overall Equipment Effectiveness.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.2 Justificativa.....	19
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo Geral	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
1.4 Aspectos Metodológicos.....	21
1.5 Estrutura do Trabalho	22
2 LEAN MANUFACTURING (MANUFATURA ENXUTA)	24
2.1 Origem e evolução do Lean Manufacturing	25
2.2 Lean Thinking “ Pensamento Enxuto”	27
2.3 Os 7 tipos de Desperdícios	30
2.4 Os Pilares do STP: Just-in-time e Jidoka.....	31
2.5 Técnicas e ferramentas do Lean Manufacturing.....	32
2.6 Implantação da metodologia lean– visão geral	50
3 SEIS SIGMA.....	52
4 LEAN SEIS SIGMA (LSS).....	77
5 A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA LSS NAS EMPRESAS. 81	
5.1 Implantação da Metodologia LSS em grandes empresas (Casos).....	81
5.2 Implantação da metodologia LSS em empresas de pequeno e médio porte (Casos)	95
6 METODOLOGIA	108
7 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA LSS PARA PMEs E DESCRIÇÃO DO CASO PRÁTICO.....	113
7.1 Proposta de implementação da metodologia LSS para PMEs com base na literatura	113

7.2 Apresentação da empresa investigada	117
7.3 Implementação da Metodologia LSS na empresa Alfa.	119
7.4 Análise dos resultados	159
8 CONCLUSÕES	166
REFERÊNCIAS	168

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade global ocorrida nas últimas duas décadas, um ambiente de mudanças constantes passou a fazer parte da rotina das organizações, demandando maneiras de reduzir custos de produção e aumentar os níveis de qualidade dos produtos e serviços (HALLGREEN; OLHAGER, 2009; PRASANNA; VINODH, 2013).

Na opinião de Deloitte (2005) as empresas industriais enfrentam um conjunto de desafios que as obrigam a repensar a forma de operacionalizar sua estratégia.

Nesse ambiente, o cliente passou a ter grande influência no processo produtivo, exigindo respostas mais rápidas, maior qualidade dos produtos e serviços prestados, menores preços e prazos de entregas cada vez mais reduzidos (BASU, 2001; GEORGE, 2002; JIE; KAMARUDDIN; AZID, 2014; HERRON; HICKS, 2008; MU; PENG; TAN, 2007).

Cudney e Elrod (2011) afirmam que independente do setor e mercado de atuação, toda organização deve focar em velocidade, valor e eficiência para que continuem competitivas no mercado.

Diante desses desafios, uma das alternativas encontradas por muitas organizações tem sido a adoção de programas de melhoria contínua, com o intuito de melhorar a qualidade de seus produtos e serviços (SMITH, 2003; GEORGE, 2004). Um dos programas de melhoramento contínuo que vem se destacando por seus resultados satisfatórios é a metodologia *Lean Seis Sigma* (LSS). (KUMAR et al., 2006; BUESA, 2009; LIMA; GARBUIO; COSTA, 2009; KAUSHIK et al., 2012; ZHANG et al., 2012; JIMÉNEZ; AMAYA, 2014).

Para Petcu, Anagnoste e Draghici (2011), a metodologia *LSS* é uma estratégia de negócio que tem como objetivo aumentar o desempenho do processo, alcançar a satisfação do cliente e atrair bons resultados para a organização. Nesse contexto, o *LSS* pode ser entendido como uma metodologia voltada para a gestão da qualidade e melhoria dos processos internos da organização (HOERL; GARDNER, 2010; ASSARLIND; GREMYR; BACKMAN, 2013).

Snee (2010) descreve o *LSS* como uma metodologia bem estruturada, que conta com a participação de um pequeno número de funcionários de uma organização na criação de projetos de melhoria, no qual através dos mesmos quando implantados de maneira efetiva desenvolve em seus funcionários o senso de liderança e comprometimento com a estratégia do negócio. Dessa forma há uma melhora significativa no desempenho da organização onde é possível notar um aumento no número de vendas, um crescimento no valor de suas ações e a satisfação dos clientes.

Outro aspecto que se destaca na metodologia LSS é seu foco na melhoria da qualidade e eliminação de desperdícios, através de técnicas e ferramentas de melhoria contínua, uma vez que a mesma está relacionada à melhoria de processos, foco na necessidade do cliente, treinamento e capacitação profissional, mudança cultural, gestão e ganhos financeiros (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; ACHANGA et al., 2006; THOMAS; BARTON; CHUKE-OKAFOR, 2009; SHAMOU; SAIDPOUR; PERRYMAN, 2010; ANTONY, 2011, ENOCH, 2013).

Muitas organizações tiveram sucesso na implementação desta metodologia, dentre as quais pode-se destacar a empresa de consultoria Deloitte, que buscou com isso estabelecer melhorias quantificáveis, que proporcionassem ao mesmo tempo, a assimilação de uma cultura organizacional focada na necessidade do cliente e na criação de valor (DELOITTE, 2005).

Outras organizações de grande porte como a Toyota, General Electric, Motorola, Honeywell, ABB também alcançaram resultados positivos com a implantação da metodologia, como melhoria na comunicação interna, aumento no número de vendas, consolidação de novos parceiros de negócio, redução no número de acidentes com funcionários, redução de refugos e desperdícios no processo produtivo, desenvolvimento de uma cultura organizacional, dentre outros (BASU, 2004; BAÑUELAS; ANTONY, 2002; SHARMA, 2003; ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; BYRNE; LUBOWE; BLITZ, 2007; TIMANS et al., 2012).

Segundo Hoerl e Gardner (2010) a eliminação dos desperdícios passou a fazer parte da rotina de muitas organizações como meio de sobrevivência. Ainda de acordo com os autores a concorrência do mercado, as necessidades e expectativas dos clientes forçam as organizações a mudarem a maneira de gerenciar seu negócio para que possam continuar competitivas no mercado.

1.2 Justificativa

Atualmente, metodologias como LSS deixaram de ser consideradas um modismo voltado as grandes organizações, passando a ser adotadas como estratégia mesmo em pequenas organizações, com intuito de atrair novos clientes e parceiros de negócio (THOMAS; BARTON ; CHUKE-OKAFOR, 2009).

Apesar dos muitos casos de sucesso de implantação da metodologia LSS nas empresas de grande porte nos últimos anos, nota-se pouca adoção da metodologia em empresas de

pequeno e médio porte, o que pode ser explicado pelo fato de seus projetos não terem sido concebidos para organizações com estas características, como afirmam Anderson *et al.* (2014). Muitos trabalhos confirmam este fato, quando afirmam ter pouca evidencia documental de casos de sucesso da aplicação da metodologia LSS em empresas de pequeno e médio porte (PRAJOGO; JOHNSTON, 2001; KURATKO; GOODALE; HORNSBY, 2001; HARRY; CRAWFORD, 2004; ANTONY; KUMAR; MADU, 2005; VAALAND; HEIDE, 2007; ANTONY, 2008; THOMAS; BARTON; CHUKE-OKAFOR, 2009).

Apesar dos trabalhos de Kumar *et al.* (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Gnanaraj *et al.* (2012), Jiménez e Amaya (2014), Jie, Kamaruddin e Azid (2014), que tratam da implantação da metodologia LSS em empresas internacionais de pequeno porte, poucos são os trabalhos de natureza aplicada como os citados e ainda mais em se tratando de empresas brasileiras com as mesmas características.

Diferentes das grandes empresas as pequenas e médias empresas possuem algumas características únicas. Uma das características mais abordadas na literatura por diversos autores é que muitas vezes as empresas de pequeno e médio porte são lideradas pelo proprietário ou são empresas familiares (MATT; RAUCH, 2013; SHAMOU; SAIDPOUR; PERRYMAN, 2010; GNANARAJ *et al.*, 2012).

Para Shamou, Saidpour e Perryman (2010) outras características também podem ser notadas como poder de investimento limitado, baixos volumes de produção, elevada variedade de produtos, uso de equipamentos manuais ou automatizados devendo contar com alta habilidade dos operadores. Outras questões que se nota é que nos casos de empresas familiares os empresários são envolvidos em todo processo de decisão, ou seja, essas empresas tendem a serem mais centralizadoras, onde a gerencia possui baixo poder de decisão e pouco acesso a informações (MATT; RAUCH, 2013).

Embora as pequenas e médias empresas (PMEs) possuem características distintas em relação as grandes empresas, as mesmas tem grande importância para a economia brasileira, por serem uma das principais fontes geradoras de empregos em um período que o país atravessa uma das maiores crises de desemprego. De acordo com Gnanaraj *et al.* (2012) a contribuição econômica das pequenas e médias empresas é similar a das grandes empresas, pois oferecem contribuições excepcionais, introduzem novas tecnologias e inovações, estimulam a competição e auxiliam as grandes empresas na produção de bens e consumo.

No sentido de contribuir para um maior esclarecimento destes aspectos voltados a implementação da metodologia LSS em pequenas organizações, o problema que se apresenta nesta pesquisa pode ser representado pela questão a seguir:

Quais os impactos e as limitações para implementação da metodologia LSS em uma pequena empresa do segmento metal mecânico?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Como forma de contribuir para a literatura específica da área, o objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de implementação da metodologia LSS para uma indústria metalúrgica de pequeno porte.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Descrever padrão de implantação do LSS em grandes empresas;
- Descrever padrão de implantação do LSS em PME;
- Desenvolver proposta de implementação do LSS para a empresa em questão;

1.4 Aspectos Metodológicos

A pesquisa de natureza aplicada e abordagem qualitativa e caráter descritivo e exploratório, parte da revisão da literatura sobre os principais temas abordados, para propor uma sistemática de implantação da metodologia LSS em uma empresa de pequeno porte. A investigação tomou como base a implementação real da metodologia LSS em uma pequena empresa do segmento metalúrgico. Através da revisão da literatura sobre a implementação da metodologia LSS em empresas de pequeno, médio e grande porte, foi possível levantar os aspectos críticos deste processo de implementação e com isso refinar o padrão teórico e estabelecer uma proposta de implementação da metodologia LSS para pequenas empresas.

O aspecto descritivo se deve ao fato da investigação ter o propósito de descrever o processo de implementação do método em uma empresa com características pouco exploradas pela literatura como o porte e a forma de produção, o que também caracteriza o processo exploratório de investigação.

A técnica utilizada no processo qualitativo de investigação é o estudo de caso que foi apresentado a implementação da metodologia LSS em uma empresa metalúrgica localizada no município de Sertãozinho interior do estado de São Paulo. Os instrumentos utilizados para coleta dos dados são a observação sistemática do processo de implantação, documentos da empresa com informações cadastrais e de desempenho, assim como o bibliográfico para efeito comparativo futuro. Após a coleta dos dados foram apresentados os benefícios alcançados com a implementação da metodologia LSS, demonstrando também quais as limitações e dificuldades encontradas durante o processo de pesquisa e de implementação da metodologia.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em 8 seções como segue:

- Seção 1 contendo a Introdução, a qual contempla a contextualização do problema, o problema de pesquisa, os objetivos, as justificativas, o resumo dos aspectos metodológicos e a estrutura da dissertação.
- Seção 2 apresenta a origem, evolução, os ciclos de pensamento e as principais técnicas e ferramentas utilizadas pelo *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta).
- Seção 3 apresenta a origem do Seis Sigma o ciclo de melhoria DMAIC, a descrição dos agentes responsáveis por conduzir a metodologia nas organizações. Apresenta também as principais técnicas e ferramentas estatísticas utilizadas pela metodologia Seis sigma.
- Seção 4 apresenta a integração do Lean e Seis sigma (LSS). Apresenta também as principais contribuições da metodologia LSS para as organizações, assim como as técnicas e ferramentas que são utilizadas durante implementação da metodologia nas organizações.
- Seção 5 apresenta casos de implementação da metodologia LSS em pequenas e grandes empresas, trazendo os modelos de implementação LSS, as principais técnicas e ferramentas adotadas durante a condução dos projetos de melhoria nas organizações.
- Seção 6 apresenta a caracterização da pesquisa e seus procedimentos operacionais.

- Seção 7 Apresenta a proposta de implementação da metodologia LSS para pequenas empresas e também descreve um caso prático de implementação da metodologia LSS ocorrido em uma metalúrgica de pequeno porte.
- Seção 8 apresenta as considerações finais e conclusão do estudo realizado.
- Referências Bibliográficas apresenta as obras utilizadas e citadas no trabalho.

2 **LEAN MANUFACTURING (MANUFATURA ENXUTA)**

A metodologia *lean manufacturing* ou manufatura enxuta foi introduzida pela Toyota no Japão no final da década de 1940. Na Toyota a manufatura enxuta era conhecida por Sistema Toyota de Produção (STP). Por volta de 1980 à metodologia passou a despertar o interesse de diversas organizações por apresentar um desempenho superior em relação à qualidade de seus produtos e a eficiência de seus processos em comparação com seus concorrentes que operavam com a produção em massa (LIKER, 2005).

Segundo Monden (2015), as principais características do STP são a minimização dos custos através da eliminação dos desperdícios, produzir somente o necessário para atender a demanda, a utilização da ferramenta *kanban* para controlar o processo deixando o mesmo com maior flexibilidade e a utilização de máquinas independentes para reduzir custos de mão de obra.

Complementando está afirmação Ohno (1997), descreve que os dois principais pilares que sustentam o STP é a ferramenta just-in-time e a autonomia. Enquanto a ferramenta just-in-time se concentra em determinar tudo aquilo que deve ser produzido e comprado na hora certa, para redução de custos e estoque, a autonomia age na prevenção da produção de produtos defeituosos, através do mecanismo de função produção que tem o intuito de interromper o funcionamento dos equipamentos automaticamente ao detectar alguma anormalidade durante o processo produtivo.

De acordo com Womack (2004) as principais características do *lean manufacturing* são:

- A linha de produção é programada de acordo com a demanda real e não pelas previsões de mercado feitas através de estimativa;
- o ciclo de fabricação sofre diversas mudanças através do uso técnicas e ferramentas de melhoria continua que tem como objetivo aumentar a flexibilidade e reduzir os tempos de fabricação;
- estoques reduzidos com tendência a zero;
- fortalecimento do vínculo do empregador com empregado através de uma confiança e dependência mútua;
- relação de parceria a longo prazo com fornecedores.

Holweg (2007), afirma que a abordagem da manufatura enxuta não só desafiou as práticas de fabricação em massa como também alterou significativamente os *trade-offs* entre a qualidade, a produtividade elaborando uma nova forma de pensar e gerir as operações.

Portanto, o *lean manufacturing* é considerado uma estratégia de gestão da produção, no qual seu principal objetivo é aumentar cada vez mais a produtividade e a qualidade de seus produtos, por meio da eliminação sistemática e sustentável dos desperdícios dentro da cadeia produtiva. (WOMACK; JONES, 2004).

A metodologia *lean manufacturing* vai muito além de um simples sistema de produção, sendo considerado atualmente um modo de pensar e gerir para muitas organizações (WOMACK; JONES, 2004; GEORGE, 2004; KARIM; ZAMAM, 2013).

2.1 Origem e evolução do *Lean Manufacturing*

Kumar (2006), Guarnieri et al. (2008), Chiavenato (2009) e Sun (2011) acreditam que a metodologia *lean manufacturing* originou-se através de Eli Whitney. Segundo Sun (2011), Eli Whitney utilizou parte do conceito *lean* em 1799 na fabricação de peças intercambiáveis. Os autores citam como exemplo a fabricação de 10.000 mosquetes a um preço de \$ 13,40 cada, preço muito baixo em relação aos demais fabricantes da época. Porém ainda de acordo com o autor os primeiros autores a citar a filosofia da Toyota especificamente foram Sugimori et al. (1977), através de um artigo sobre o sistema *kanban*, no qual mostra as vantagens da implantação da filosofia por meio de alguns indicadores de desempenho que comparavam a Toyota com outras três montadoras (americana, sueca e alemã).

De acordo com Costa (2014) após o surgimento do trabalho de Sugimori et al. (1977) vieram Krafcik (1988), Ohno (1988), e Womack e Jones (2004). A Figura 1 apresenta a linha do tempo retratando de forma resumida a evolução da metodologia *lean*.

Figura 1 - Linha do tempo evolução da metodologia lean



Fonte: Adaptado de Womack e Jones (2004).

Segundo Stone (2012) o conceito *lean* com o passar do tempo ganha popularidade e reconhecimento internacional pela academia, estimulando o desenvolvimento de trabalhos aplicados de *lean* em outros segmentos e de outros envolvendo aspectos motivacionais da filosofia sobre os trabalhadores.

Através do trabalho de Rother e Shook (2003) o *lean manufacturing* deixa de ser considerada uma filosofia voltada somente para o chão de fábrica, e passa a ser uma voltada para toda a organização. Com o passar do tempo surgem trabalhos que relacionam a filosofia *lean* com outras filosofias de melhoria contínua, voltadas para a gestão da qualidade.

Rother e Shook (2003) demonstra em seu trabalho uma forma de enxergar e identificar as atividades que não agregam valor ao cliente.

Womack, Jones e Ross (2004) definem esse conceito como *lean thinking* que traduzido para o português significa pensamento enxuto.

2.2 *Lean Thinking* “ Pensamento Enxuto”

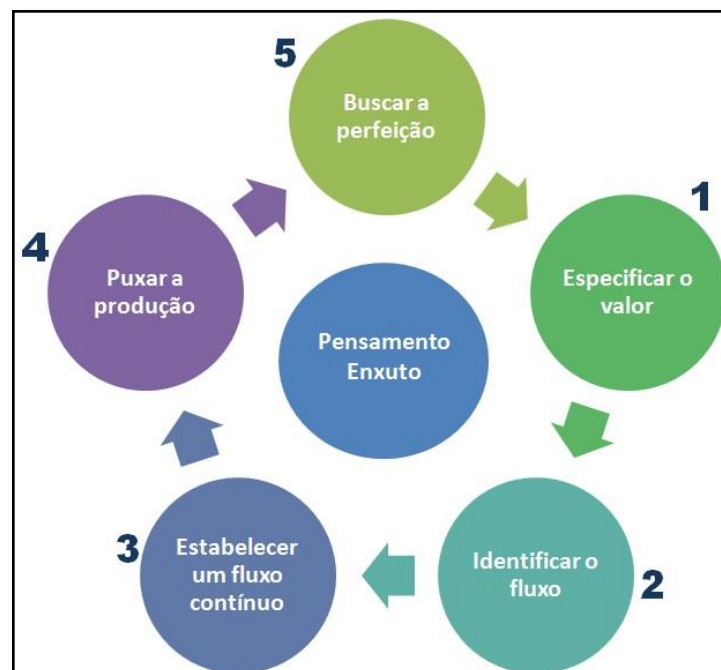
O *lean thinking* ou pensamento enxuto é a forma de pensar nas etapas do processo produtivo de forma a eliminar as atividades ou tudo que não agrega valor ao cliente (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

De acordo com Womack e Jones (2004) o ponto essencial para o pensamento enxuto é o valor, ele pode ser entendido como a forma que o cliente final o reconhece, pode ser expressado tanto para bens ou serviços, seu foco principal é a satisfação do cliente ou seja todo bem ou serviço produzido tem que estar de acordo com a necessidade do cliente.

Para Salgado et al. (2009) o *lean thinking* é a forma de se fabricar cada vez mais com menos recursos seja ele humano, matéria-prima, máquinas e equipamentos, ferramentas, tempo ou espaço.

De acordo com Womack e Jones (2004) para que a metodologia *lean manufacturing* seja implantada de maneira efetiva, deve-se seguir os cinco princípios do pensamento enxuto “*Lean Thinking*”, que é representado pela Figura 2.

Figura 2 - Os cinco princípios do pensamento enxuto



Fonte: Adaptado de Womack e Jones (2004)

A seguir apresentam-se a definição e a explicação dos princípios citados na Figura 2 de acordo com os mesmos autores.

- Especificar o Valor: compreender as necessidades reais dos clientes e o quanto os mesmos estão dispostos a pagar;
- Identificar o fluxo de valor: entender quais as etapas e operações são realmente necessárias para fabricação de cada família de produto, neste caso o produto pode ser considerado bens ou serviços;
- Estabelecer um fluxo contínuo: após a verificação das etapas desnecessárias e eliminados os desperdícios deve-se estabelecer um fluxo contínuo para que o processo tenha maior fluidez e agilidade, para isto é importante revisar o *layout* atual definindo o foco das máquinas e equipamentos necessários para a fabricação dos produtos;
- Puxar a produção: a finalidade desse princípio é fazer com que o cliente puxe a produção de acordo com a sua necessidade, ou seja, a produção inicia-se a partir do pedido do cliente;
- Buscar a perfeição: esse princípio visa a manutenção da melhoria contínua dentro da organização, buscando a eliminação contínua dos desperdícios e das atividades nas quais não agregam valor ao produto.

Hines e Taylor (2000), afirmam que os processos de fabricação são compostos por três tipos de atividades, os mesmos são resumidos no Quadro 1.

Quadro 1 - Três tipos de atividades

TIPOS DE ATIVIDADES	DEFINIÇÃO	ORGANIZAÇÕES DE MANUFATURA	ORGANIZAÇÕES DE SERVIÇOS
Atividades que agregam valor (AV)	São atividades que aos olhos dos clientes agregam valor ao produto ou serviço.	5%	1%
Atividades que não agregam valor (NAV)	São atividades que sob a ótica do cliente final não agrega valor ao produto ou serviço prestado.	60%	49%
Atividades necessárias	São as atividades que não agregam valor ao produto ou serviço, porém são necessárias para a fabricação ou execução dos mesmos.	35%	50%

Fonte: Adaptado de Hines e Taylor (2000)

De acordo com Hines e Taylor (2000), as empresas que não adotam o pensamento enxuto não alteram as atividades que não agregam valor (NAV), pois ficam focadas somente nas atividades que agregam valor (AV). Essas empresas tendem a não produzir de maneira eficiente e perdem parte do lucro em função dos retrabalhos e desperdícios por não investigarem a causa raiz de seus problemas.

Shingo (1996) afirma que as atividades que não agregam valor geram desperdícios que por sua vez devem ser eliminados para que haja uma redução nos custos de produção. A próxima subseção irá apresentar os sete principais tipos de desperdícios.

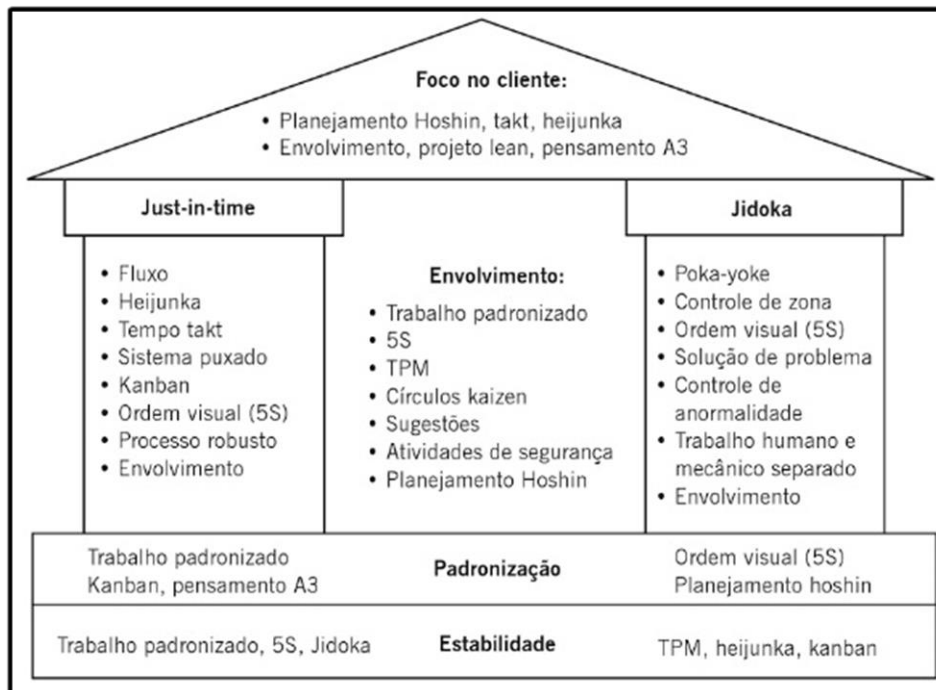
2.3 Os 7 tipos de Desperdícios

Shingo (1996) define os sete principais tipos de desperdícios que devem ser eliminados para que a implementação da metodologia *lean* seja efetiva.

- 1) Superprodução: Trata-se de produzir além da necessidade de demanda da empresa, resultando na formação de estoque. Este desperdício ocasiona um consumo desnecessário de matéria-prima, mão de obra, máquinas e equipamentos.
- 2) Espera: Trata-se o material que está aguardando para ser processado, formando filas para garantir altas taxas de utilização dos equipamentos.
- 3) Transporte: Transporte e movimentação de materiais não agregam valor ao produto, são necessários por restrições do processo e das instalações fabris, porém deve sempre que possível reduzir o número de movimentações e distância.
- 4) Processamento: Trata-se do desperdício inerente ao processo de fabricação não otimizado, ou seja, realização de etapas do processo que não agregam valor ao produto.
- 5) Movimento: São desperdícios nas operações do processo, decorrentes da interação entre o operador, ferramentas, máquina e o material a ser processado.
- 6) Produzir produtos defeituosos: São problemas gerados através da má qualidade, com isso se desperdiça tempo, material, máquinas e mão de obra.
- 7) Estoque: O desperdício de estoque interage diretamente com os outros desperdícios, como exemplo superprodução gera produtos para estoque.

De acordo com Dennis (2008) a eliminação dos desperdícios é alcançada com o uso de diversas ferramentas *lean* as quais compõem os dois pilares que sustentam a chamada Casa do Sistema Toyota de Produção/STP, o *Just-in-Time* e o *Jidoka*. O *Just-in-Time* é uma parte da filosofia *lean* que centra-se em eliminar a formação de estoque intermediários e superprodução, enquanto o *Jidoka* busca reduzir a fabricação de produtos defeituosos. A Figura 3 apresenta a casa do STP com seus pilares de sustentação e ferramentas de apoio.

Figura 3 - Casa do STP



Fonte: Dennis (2008)

As próximas subseções irão detalhar os dois pilares de sustentação da metodologia *lean* e as principais ferramentas de apoio.

2.4 Os Pilares do STP: *Just-in-time* e *Jidoka*

Ohno por volta da década de 70 demonstrou a aplicação da ferramenta *just-in-time*, a qual foi inspirada nas prateleiras de supermercados americanos (SHINGO, 1996).

Ohno enxergou um sistema dinâmico de aquisição de produtos e reposição de materiais, que poderia ser implantado nas montadoras (OHNO, 1997).

Segundo Shingo (1996), Ohno observou nos supermercados que os clientes retiravam o que precisavam, quando precisavam e na quantidade necessária, reduzindo a necessidade de estoque, tanto de matérias, quanto de produtos, onde através dessa noção de atendimento as necessidades dos clientes resultou não somente em uma ferramenta, mas em uma filosofia.

Na visão de Ohno, a empresa que implanta o *just in time* pode alcançar o estoque zero. Em seu ponto de vista esse é o estado de gerenciamento ideal, pois evita os sete desperdícios no qual já foram apresentados no presente trabalho (SHINGO, 1996 ; OHNO, 1997).

O outro pilar que sustenta o STP é o *Jidoka* ou automação. O objetivo dessa metodologia é reduzir a fabricação de itens defeituosos através de mecanismos que são instalados em máquinas e equipamentos que tem o intuito de reconhecer e até mesmo corrigir eventuais anomalias presentes no processo produtivo (SHINGO, 1996)

Complementando este pensamento Monden (2015), define que um dos mecanismos utilizados pela automação é a ferramenta *poka yoke*, que de acordo com o autor é considerado como um dispositivo à prova de erros.

O *poka yoke* é uma forma adotada para retirar a responsabilidade do operador na ocorrência de um erro, pois o mesmo tem o intuito de antecipar o erro, dessa forma contribuindo para a gestão da qualidade (LÉXICO *LEAN*, 2003).

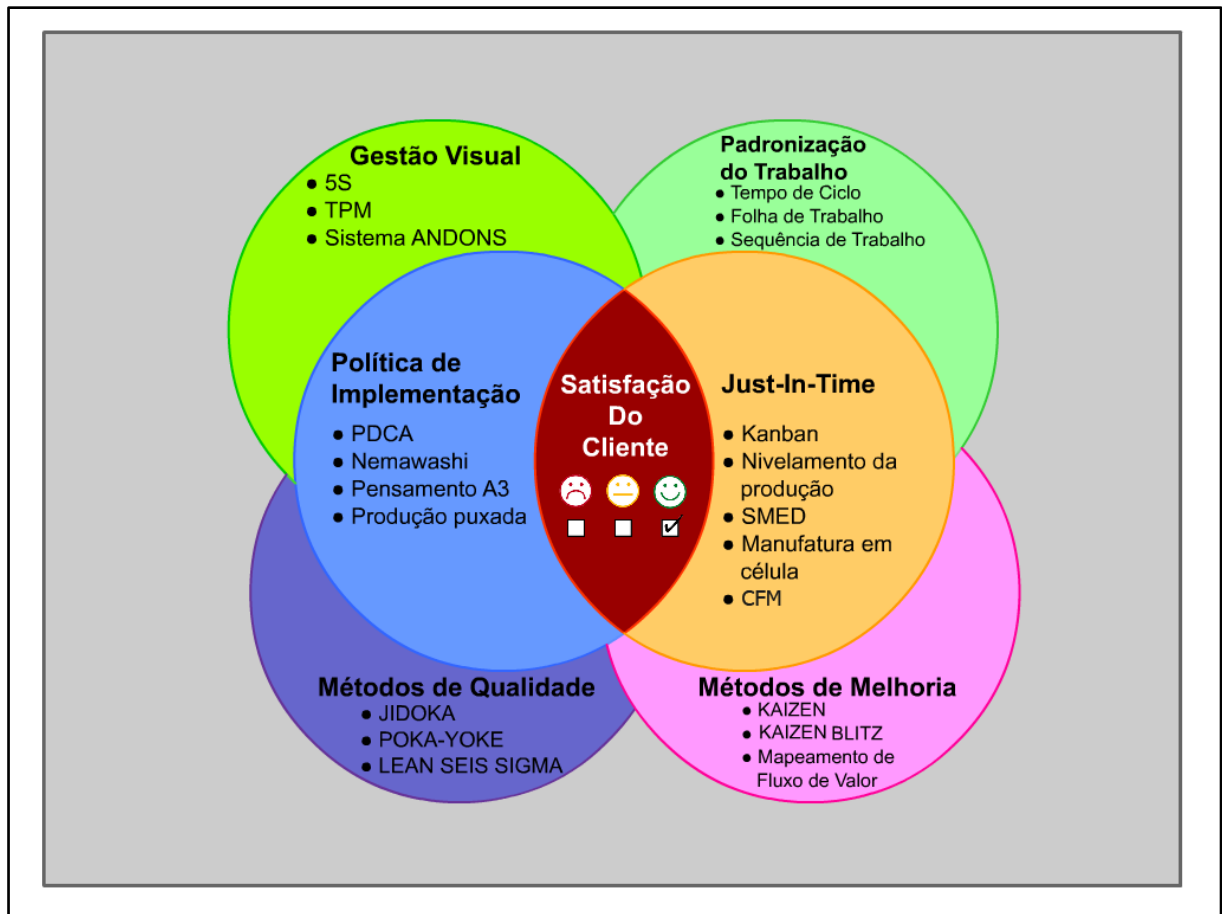
De acordo com Monden (2015) a automação substitui a forma ocidental de enxergar a qualidade, que seria através de inspeções que são realizadas no decorrer do processo, que não agrega valor ao produto e confirma a falta de confiabilidade em seu processo produtivo.

A próxima subseção do presente trabalho irá apresentar as técnicas e ferramentas adotadas pela manufatura enxuta.

2.5 Técnicas e ferramentas do *Lean Manufacturing*

De acordo com Hodge et al. (2011) para apoiar a filosofia *lean*, foram desenvolvidas inúmeras técnicas e ferramentas de aplicações. Muitas emergiram do STP, enquanto outras foram desenvolvidas por outros autores e empresas, com o objetivo de facilitar a aplicação da metodologia. A Figura 4 demonstra as principais técnicas e ferramentas que foram desenvolvidas com o passar dos anos, para facilitar a implantação da metodologia *lean* nas empresas.

Figura 4 - Principais técnicas e ferramentas lean



Fonte: adaptado de Hodge et al. (2011)

A seguir apresentam-se as definições das técnicas e ferramentas *lean* de forma resumida e a função que cada uma exerce durante o processo de implantação da metodologia *lean* dentro das organizações.

▪ **Programa 5S (*housekeeping*)**

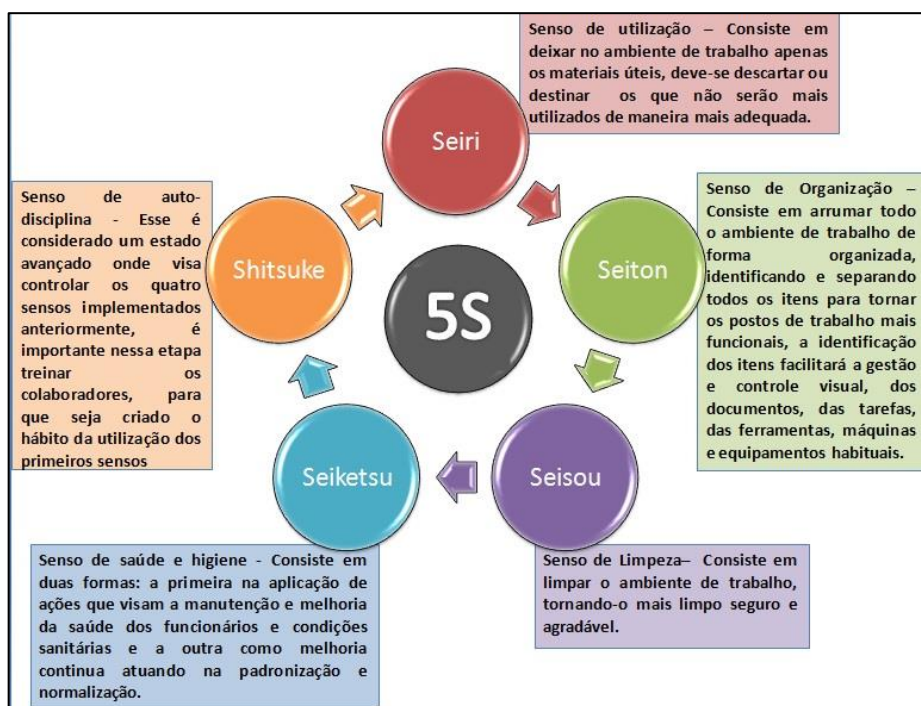
O programa 5S é uma filosofia japonesa criada no final da década de 60 pelo centro de educação a qualidade, com a liderança do Dr. Kaori Ishikawa (WIGINESCKI, 2009).

Para Pinto (2009) o 5S é um conjunto de práticas que tem o objetivo de alcançar a melhoria no desempenho das pessoas e processos, a partir da organização do local de trabalho.

Complementando esta afirmação Monden (2015) afirma que o 5S é uma metodologia que objetiva a sistematização das atividades de limpeza, arrumação e organização dos postos de trabalho com intuito de melhorar a produtividade e a qualidade.

Monden (2015) descreve que a metodologia 5S é representada por cinco iniciais das palavras japonesas: *Seiri* (separar), *Seiton* (Organizar), *Seiso* (Limpar), *Seiketsu* (Normalizar) e *Shitsuke* (Autodisciplina). A Figura 5 demonstra a finalidade de cada senso.

Figura 5 - Definição 5S



Fonte: adaptado de Monden (2015)

O programa 5S é uma ferramenta essencial para aplicação da metodologia *lean* nas organizações, pois a mesma contribui para a melhoria nas condições de trabalho e incentiva os trabalhadores a melhorar a produtividade e reduzir o número de desperdícios. Muitos trabalhos confirmam este fato ao utilizar o programa 5S durante a implantação da metodologia *lean* nas empresas estudadas (KUMAR et al., 2006; PRANCKEVICIUS; DIAZ; GITLOW, 2008; THOMAS; BARTON ; CHUKE-OKAFOR, 2009; AL-AOMAR, 2011; RADNOR, 2011; JIE ; KAMARUDDIN; AZID, 2014; VINODH; KUMAR; VIMAL, 2014).

- **Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)**

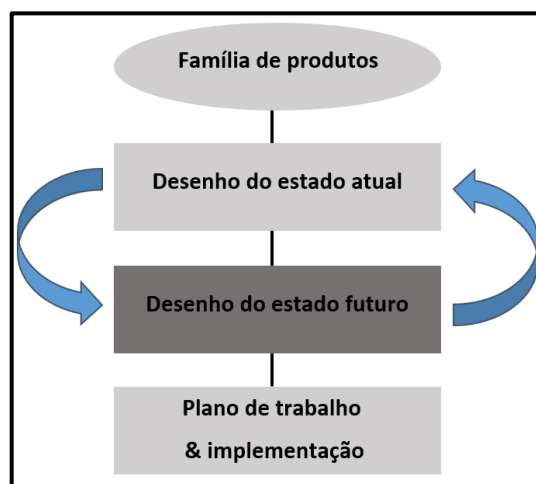
O Mapeamento do fluxo de valor (MFV) também conhecido internacionalmente como “*Value Stream Mapping (VSM)*”, é uma ferramenta que foi apresentada por Rother e Shook (1998) em seu livro “aprendendo a enxergar”; a mesma permite entender todo o fluxo de produção que vai desde os materiais, informações, pessoas, equipamentos (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para Marchwinski e Shook (2007), o MFV trata-se de um diagrama simples que contempla todas as etapas da produção, permitindo ver os fluxos desde o pedido até a entrega do produto final.

Segundo Rother e Shook (2003), a utilização da ferramenta MFV é essencial para qualquer tipo de organização, pois a mesma permite visualizar mais que simples processos individuais, ou seja, mostra a relação entre o fluxo de informações e materiais ajudando a identificar as fontes geradoras de desperdícios.

Os autores acrescentam que o mapeamento do fluxo de valor pode ser entendido como uma ferramenta de planejamento de negócio, ferramenta de comunicação ou uma ferramenta de gerenciamento do processo de mudança. Para implantação da ferramenta é necessário seguir algumas etapas. As etapas a serem seguidas estão representadas na Figura 6.

Figura 6 - Etapas do MFV

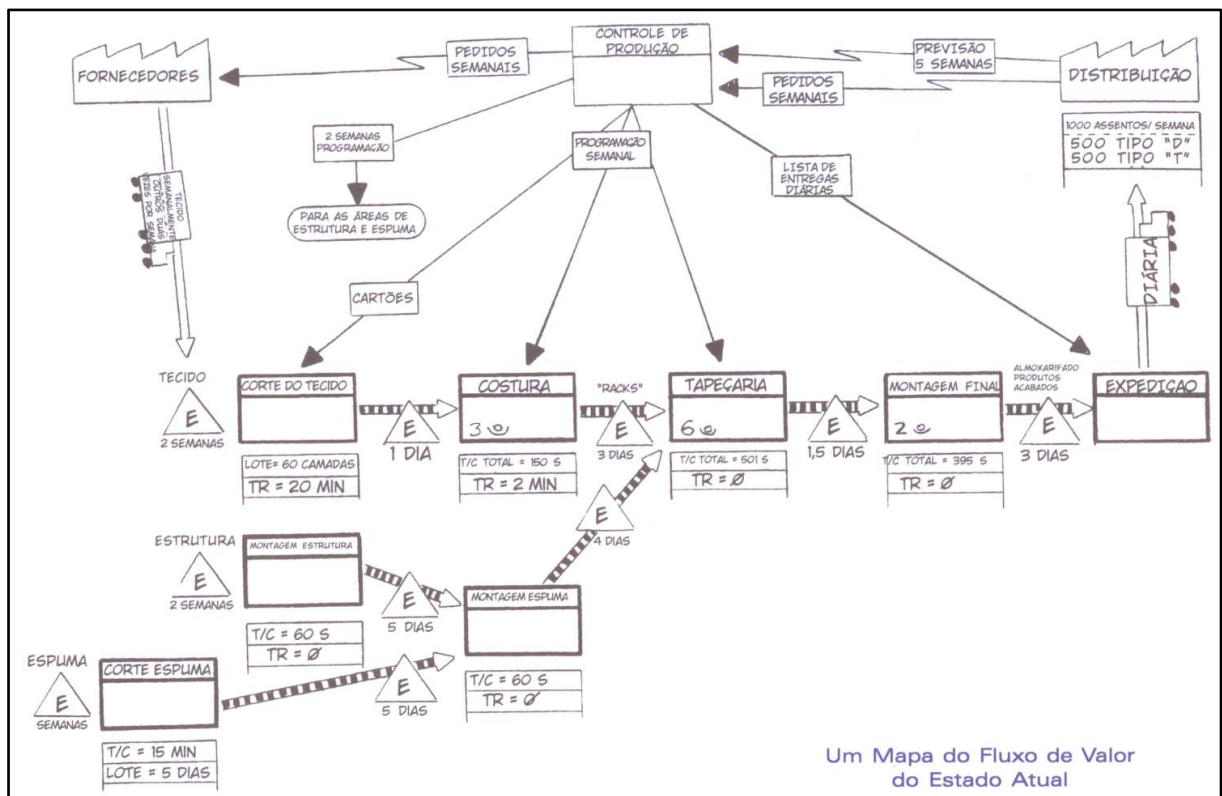


Fonte: Rother e Shook (2003)

Como pode-se observar o primeiro passo da implantação é escolher a família de produtos, ela é considerada como um grupo de produtos que utiliza recursos semelhantes para fabricação, ou seja, mesmos equipamentos e etapas semelhantes (ROTHER;SHOOK, 2003).

A Figura 7 demonstra um exemplo de mapa atual.

Figura 7 - Mapa Atual



Fonte: Rother e Shook (2003)

Muitos trabalhos acadêmicos demonstram que a ferramenta MFV tem facilitado a implantação da filosofia *lean* nas empresas estudadas (KUMAR et al., 2006; GREWAL, 2008; THOMAS; BARTON ; CHUKE-OKAFOR, 2009; SINGH et al., 2010; VINODH; KUMAR; VIMAL, 2014; JIE ; KAMARUDDIN; AZID, 2014).

Os autores relatam que a ferramenta permite uma visualização melhor dos processos, facilitando na identificação de oportunidades de melhoria, tais como: redução no tempo de espera, redução do nível de estoques, redução do tempo de processamento e melhoria na disponibilidade de mão de obra.

- **SMED – *Single Minute Exchange of Die* (Troca rápida de ferramentas)**

O SMED (*Single Minute Exchange of Die*) traduzido pelo português como troca rápida de ferramentas (TRF) é considerada uma ferramenta utilizada na manufatura enxuta com o intuito de otimizar a linha de produção através da redução do tempo de *setup* de máquinas e equipamentos (ETI; OGAI; PROBERT, 2004).

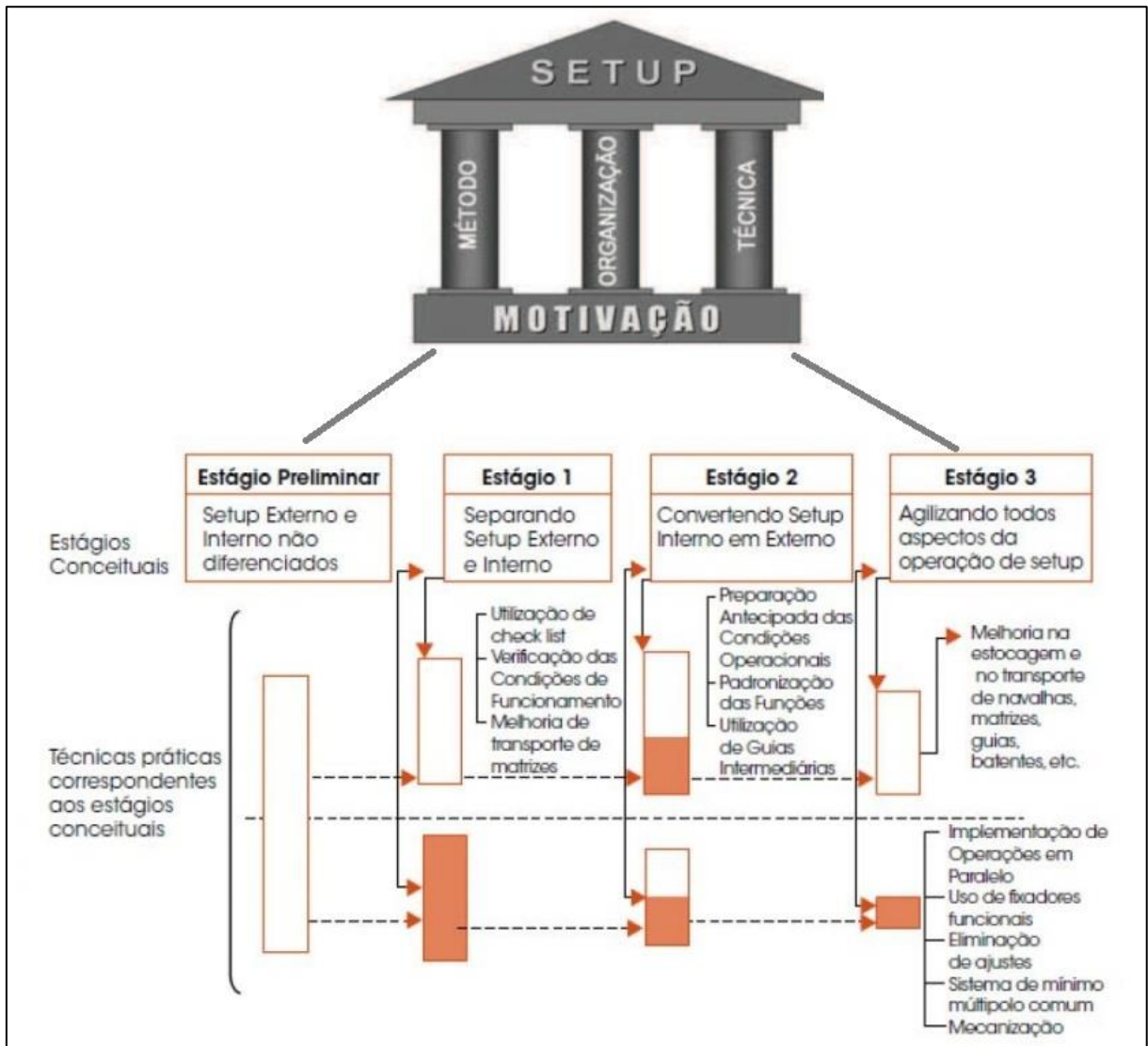
Foi desenvolvido por Shingo no Japão em 1950 a partir de estudos de melhoria da eficiência na planta da Toyo Kogyo da Mazda, em Hiroshima.

Segundo Shingo (2000) a troca de ferramentas ou preparação da máquina deve ser completada em no máximo 9 minutos e 59 segundos, ou não mais do que um dígito de minuto.

O autor ainda acrescenta que embora os procedimentos de *setup* tenham grande variabilidade é possível adaptar a ferramenta SMED para redução do *setup* em qualquer máquina ou equipamento, pois todas as operações de *setup* compreendem uma sequência de passos genérica.

Para aplicação da ferramenta SMED em diferentes máquinas e configurações o autor desenvolveu 4 estágios que são apresentados na Figura 8.

Figura 8 - Etapas para implantação da ferramenta SMED



Fonte: adaptado de Shingo (2000)

Estágio Preliminar: o estágio preliminar consiste no primeiro estágio para implantação da ferramenta SMED, nesta etapa as condições de *setup* interno e externo não se distinguem, pois o interessante nesse estágio é avaliar as necessidades e vantagens decorrentes da implantação da ferramenta, cujo objetivo é aumentar a produtividade através da redução dos tempos de preparação (SHINGO, 2000).

Estágio 1: o segundo estágio representado como estágio 1 consiste em separar as operações de *setup* interno dos externos, ou seja, aquelas que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento (*setup* externo), daquelas que só podem ser executadas com o equipamento parado (*setup* Interno) (SHINGO, 2000).

De acordo com Shingo (2000) através da separação e organização das operações internas e externas é possível reduzir de 30 a 50% o tempo de *setup* interno.

Estágio 2: o estágio 2 consiste em efetuar a conversão do *setup* interno em externo, nesse processo de transformação é possível identificar algumas operações de *setup* que podem ser eliminadas no processo, neste caso se tratando do *setup* interno haverá também um ganho em termos de redução do tempo de ciclo e *lead time* (SHINGO, 2000).

Estágio 3: esta etapa consiste em implementar melhorias com intuito de reduzir os tempos de execução das atividades de *setup*, onde seu principal objetivo é analisar detalhadamente todas as operações, visando sua execução em menor tempo possível (SHINGO, 2000).

Shingo (2000) ressalta que a redução do *setup* não se resume em apenas entender o que é *setup* interno e externo e sim maximizar os *setups* externos e minimizar os internos no qual são impossíveis de se transformarem em *setups* externos.

Alguns autores relatam em sua pesquisa que a ferramenta SMED é muito utilizada e difundida devido a sua capacidade intuitiva e a facilidade de aplicação e de medição dos ganhos gerados (PATEL; DALE; SHAW, 2001; SINGH; KHANDUJA, 2010; MARUDHAMUTHU; KRISHNASWAMY; PILLAI, 2011; ULUTAS, 2011; KUMAR; ABUTHAKEER, 2012).

▪ **Sistema *Kanban***

O sistema *kanban* vem se destacando como uma forma econômica e eficaz para ajudar o *Just in time* no controle da produção (MOURA, 2003; ALVAREZ et al., 2009; JARUPATHIRUN et al., 2011).

A palavra *kanban* é de origem japonesa e significa cartão, placa ou registro visual, essa metodologia utiliza princípios de visibilidade para garantir a eficiência da produção puxada (SCHONBERGER, 1993).

De acordo com Ohno (1997) e Shingo (1996) a idéia do *kanban* foi originalmente criada através de observações feitas em supermercados americanos, no qual nesses estabelecimentos há várias características similares ao sistema *kanban*, como por exemplo, a reposição de materiais nas prateleiras de acordo com a demanda.

Para Shingo (1996) o sistema *kanban* facilita o trabalho de reposição de materiais, pois o reabastecimento é feito em função do que foi retirado, não havendo necessidade de formar estoques intermediários.

Segundo Monden (2015) o sistema *kanban* não precisa necessariamente ser um cartão, podendo também vir de um comando verbal, uma bandeira, uma luz ou qualquer outro tipo de sinal ou alarme.

As Figuras 9 e 10 demonstram exemplos de cartões *kanban*, sendo um de retirada e outro de produção.

Figura 9 - Cartão Kanban de retirada

PRATELEIRA NÚMERO:		B40	PROCESSO PRECEDENTE
ITEM NÚMERO:		A-343	PREPARAÇÃO DAS BUCHAS METÁLICAS
DESCRIÇÃO DO ITEM:		BUCHAS MÉTALICAS	PROCESSO SUBSEQUENTE
CAPACIDADE DO CONTENEDOR	TIPO DO COTENEDOR	NÚMERO DA EMISSÃO	MONTAGEM DAS BUCHAS
30	B	2/4	

Fonte: adaptado de Monden (2015)

Figura 10 - Cartão Kanban de produção

PRATELEIRA NÚMERO:	A32	PROCESSO
ITEM NÚMERO:	A-343	USINAGEM DAS BUCHAS METÁLICAS
DESCRIÇÃO DO ITEM:	BUCHAS MÉTALICAS	

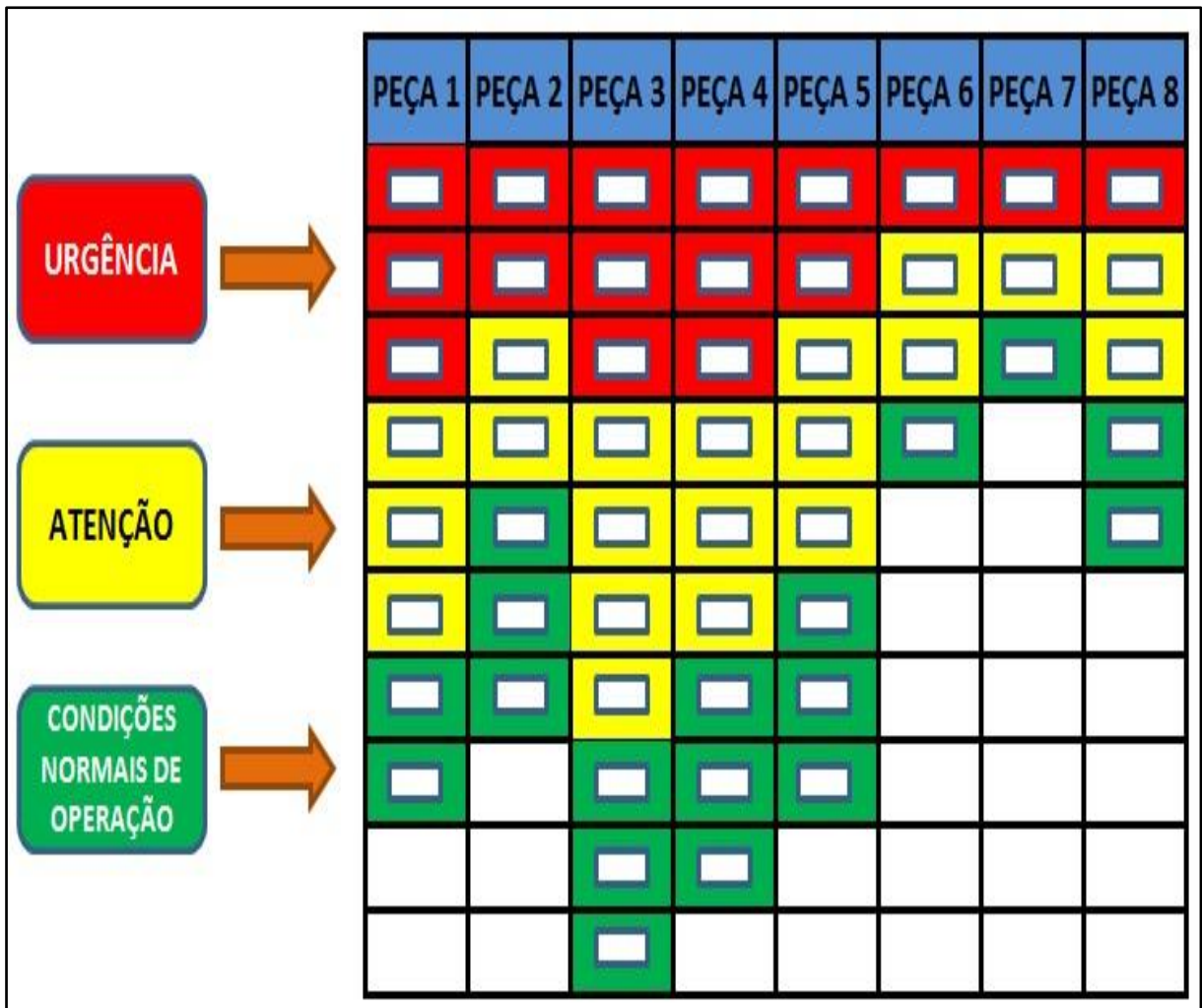
Fonte: adaptado de Monden (2015)

De acordo com Munteanu e Olteanu (2007) o sistema *kanban* é uma ferramenta poderosa para reduzir o desperdício durante a produção, pois a mesma estabelece a quantidade que se deve produzir, no momento certo, ou seja, de acordo com a demanda real e não previsões de demanda.

O sistema *kanban* de forma tradicional emprega nos postos de trabalho, painéis ou quadros de sinalização, estes tem como objetivo facilitar a visualização dos níveis de estoque (MOURA, 2003).

Segundo Moura (2003), os quadros de sinalização demonstram os itens críticos a serem produzidos, porém pode existir no mesmo quadro inúmeros itens críticos a serem produzidos, desta forma deve-se escolher o item que for mais fácil e rápido de se fabricar. A Figura 11 representa um modelo de quadro *kanban*.

Figura 11 - Quadro kanban



Fonte: Moura (2003)

Na literatura encontram-se diversas pesquisas que substituem os cartões *kanban* físicos por informações eletrônicas, esse novo tipo de sistema vem sendo chamado por muitos pesquisadores de *E- Kanban* ou *Kanban* eletrônico (MATSUI, 2007; HADAYA; CASSIVI, 2007; WANG; CHEN, 2008; PETTERSEN; SEGERSTEDT, 2009; POWELL, 2013).

Tanto em sua forma tradicional através do uso de cartões ou na forma eletrônica o *kanban* vem sendo utilizado como uma ferramenta da manufatura enxuta, contribuindo para redução de desperdícios e melhora no reabastecimento de materiais para a produção (MATSUI, 2007; HADAYA; CASSIVI, 2007; WANG; CHEN, 2008).

Os trabalhos de Lee-Mortimer (2008) e Ramnath, Elanchezhian e Kesavan (2010) confirmam esse fato ao adotarem o sistema *kanban* como uma das ferramentas principais durante a implementação da metodologia *lean* na empresa estudada.

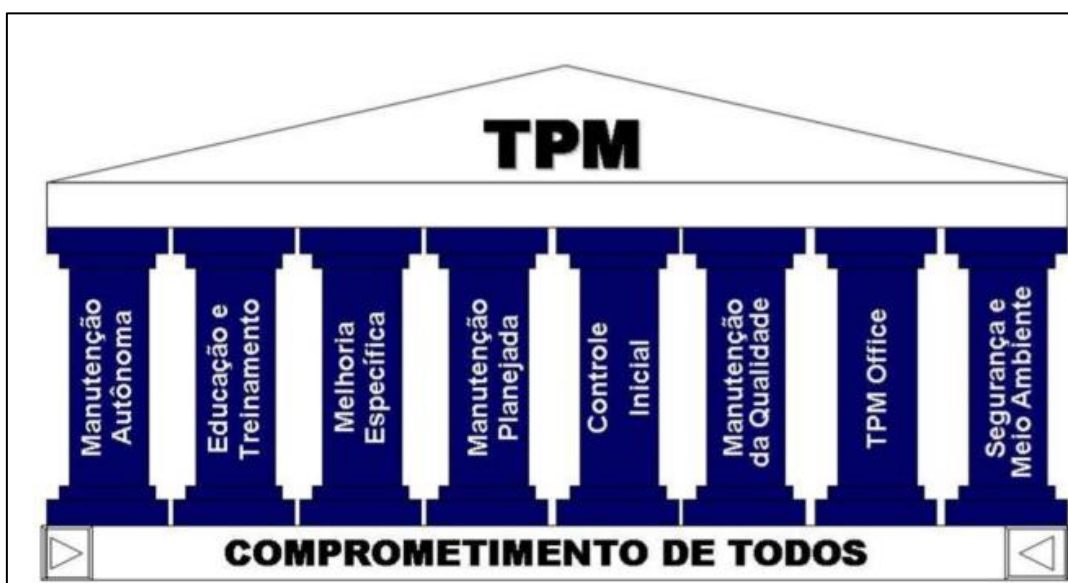
- **Manutenção Produtiva Total (TPM)**

A manutenção produtiva total (TPM) é uma filosofia gerencial desenvolvida no Japão que atua na eliminação dos problemas de manutenção de máquinas e equipamentos, promovendo a melhoria na confiabilidade dos mesmos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011)

Segundo Werkema (2012) o TPM é um conjunto de procedimentos que tem como objetivo garantir que os equipamentos de um processo produtivo sejam sempre capazes de executar as tarefas necessárias, de modo a não interromper a produção.

A TPM promove a melhoria nos sistemas de manutenção tradicionais, através da participação dos funcionários no gerenciamento da manutenção. A filosofia em si é sustentada através de oito pilares que funcionam como planos de ações voltados para a redução de perdas nos processos produtivos, paradas de máquinas e eficiência econômica nos projetos de fábrica. A Figura 12 apresenta os pilares da metodologia TPM (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011)

Figura 12 - Metodologia TPM



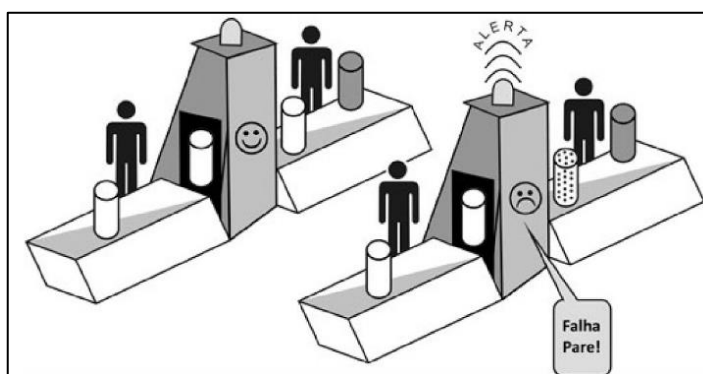
Fonte: adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2011)

- **Sistema Andon**

O sistema Andon é uma ferramenta de gestão visual que permite parar e notificar todas as anormalidades dos processos produtivos (RODRIGUES, 2016)

Segundo Rodrigues (2016) Andon é o termo do Japonês para “ lâmpada” , no qual na prática o sistema Andon é utilizado pelos operadores da linha de produção para sinalizar a produtividade ou alguma falha no processo produtivo. A Figura 13 demonstra a atuação do sistema Andon na linha de produção.

Figura 13 - Sistema Andon

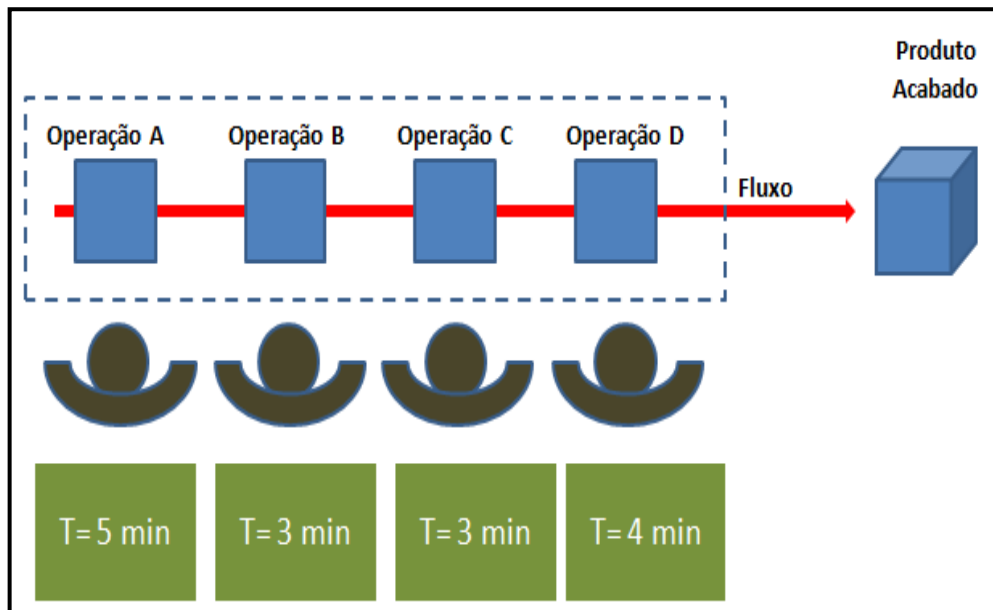


Fonte: Rodrigues (2016)

- **Tempo de Ciclo**

Segundo Rother e Shook (2003) o tempo de ciclo é a frequência que uma peça ou produto é realmente completada em um processo. Também é o tempo em que o operador leva para percorrer todos os seus elementos de trabalho antes de repeti-los. Na prática o tempo de ciclo é amplamente utilizado no balanceamento das linhas de produção com intuito de se atingir o melhor tempo de fabricação para determinado produto. A Figura 14 apresenta o conceito de tempo de ciclo em uma linha de produção, nela pode-se observar que a fabricação de um determinado produto ocorre em quatro operações (operação A, operação B, operação C e operação D) e para cada operação é estimado o tempo de execução.

Figura 14 - Tempo de Ciclo



Fonte: próprio autor

- **Folha de instrução do trabalho**

Segundo Liker e Meier (2007) a folha de instrução do trabalho é uma ferramenta utilizada para detalhar as atividades a serem exercidas em determinado trabalho. Essas folhas servem como referência para certas tarefas que podem ser realizadas raramente ou para tarefas críticas ou complexas. A Figura 15 representa uma folha de instrução do trabalho.

Figura 15 - Folha de Instrução do trabalho

		FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO	N. 058
CÓDIGO	C.C.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	
DIVERSOS	15734	POSICIONAR PORTA REFRIGERADOR E PORTA FREEZER	

Pág.:1/1

1. POSICIONAR UMA ARRUELA ENTRE A DOBRADIÇA INTERMEDIÁRIA E A PORTA

2. APANHAR E POSICIONAR A PORTA DO REFRIGERADOR NA DOBRADIÇA INTERMEDIÁRIA E FIXAR COM UMA PARAFUSADEIRA OS PARAFUSOS

3. TORQUE ESPECIFICADO 30 A 40 LBF. IN

4. UTILIZAR CABECEIRA SEM SERIGRAFIA

5. APANHAR E POSICIONAR A PORTA DO FREEZER NA DOBRADIÇA SUPERIOR E FIXAR COM UMA PARAFUSADEIRA OS PARAFUSOS

6. TORQUE ESPECIFICADO 50 A 70 LBF.IN E POSICIONAR TAMPÃO NA PORTA

7. UTILIZAR UMA ARRUELA ENTRE A PORTA FREEZER E A DOBRADIÇA SUPERIOR

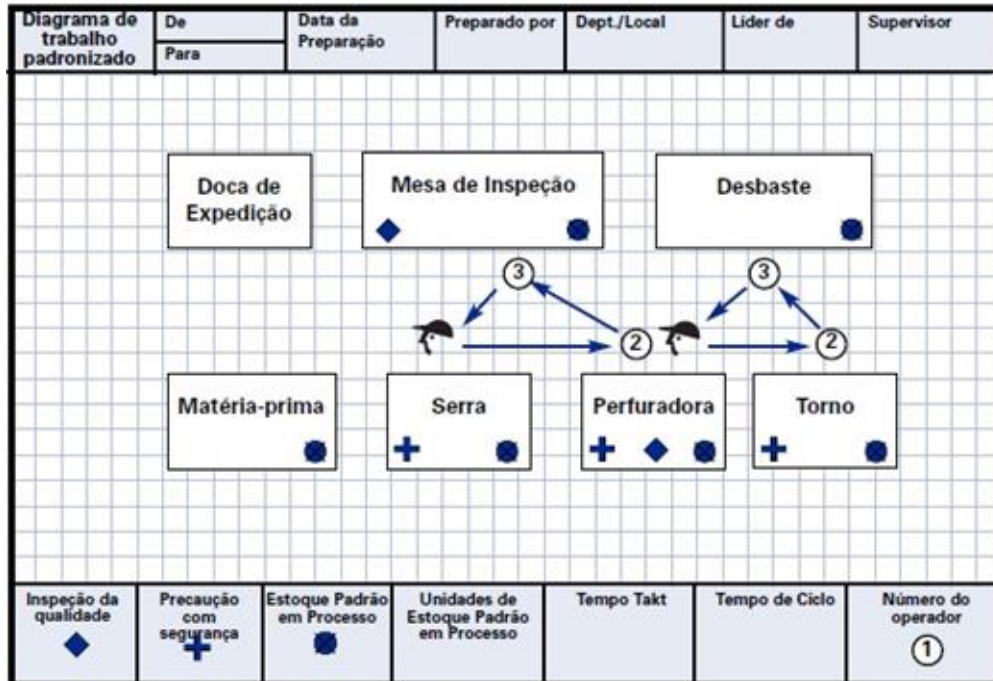
Fonte: Renó, 2008

▪ Sequência de Trabalho

Segundo Liker e Meier (2007) a sequência de trabalho é uma forma de padronização do trabalho que descreve em ordem os passos para realizar o trabalho dentro do tempo de ciclo, além dos movimentos do membro de equipe à medida que realiza esses passos em determinada atividade. A Figura 16 apresenta um diagrama de trabalho padronizado, no qual demonstra um processo industrial envolvendo equipamentos e operadores. Nela é

demonstrada a sequência de trabalho que os operadores devem adotar para fabricação de um determinado produto.

Figura 16 - Diagrama de trabalho padronizado



Fonte: Lean Institute Brasil (2017)

- **Nivelamento da produção “Heijunka”**

O *Heijunka* ou nivelamento da produção foi aprimorado pela Toyota por volta do século XX, tornando-se um dos pilares da manufatura enxuta (DENNIS, 2008)

Segundo Dennis (2008) o nivelamento de produção ou *Heijunka* significa distribuir o volume e a mistura de produção de forma equilibrada através do tempo.

A caixa de *Heijunka* é uma ferramenta de produção que nos diz visualmente quando, o que e quanto produzir (DENNIS, 2008).

A Figura 17 representa um exemplo da caixa de *Heijunka*, demonstrando o balanceamento de uma linha de produção de produtos para montadoras de veículos, a mesma define o que e quando produzir de acordo com a demanda da empresa.

Figura 17 - Caixa de Heijunka

		Tempo (volume)							
Cliente	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8
Ford	A	○		○		○		○	
Ford	B		△			△			
GM	C				Φ			Φ	
	Total	○	△	○	Φ	○	△	○	Φ

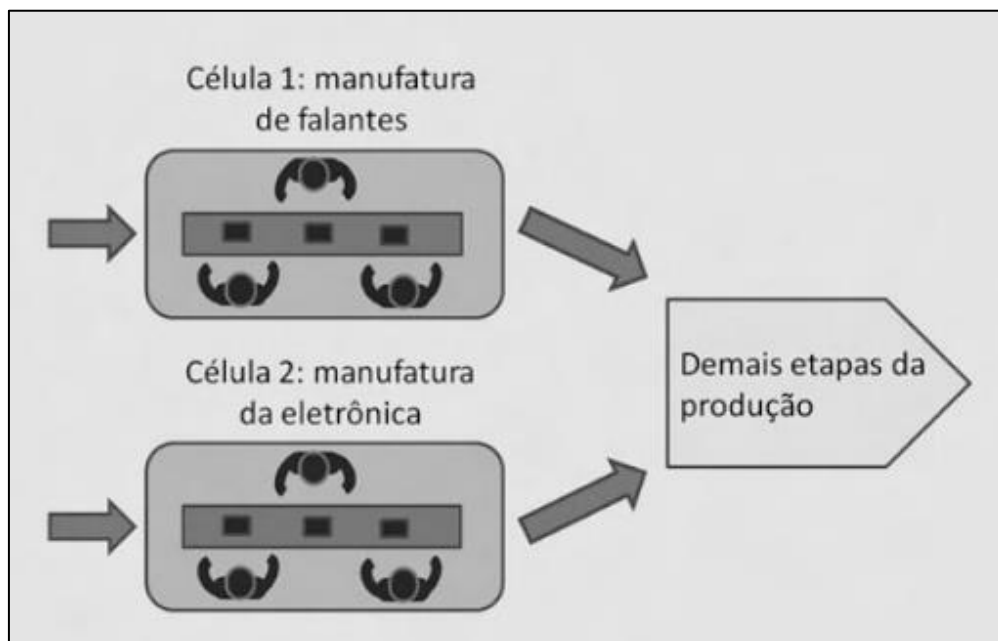
Fonte: Adaptado de Dennis (2008)

▪ Manufatura em Célula

A manufatura em célula é uma ferramenta que permite aos gestores de fábrica otimizar os processos produtivos através da organização de duas ou mais estações de trabalho em um só local (NEUMANN ; SCALICE, 2015).

Segundo Siqueira (2009), as células de manufatura são projetadas e organizadas para fabricar um grupo específico de peças, componentes ou produtos (famílias) com roteiros de produção semelhantes. As células de manufatura são formadas por um grupo de recursos de produção (Máquinas, ferramentas, etc...), que executam processos de manufatura diferentes, sendo que cada uma delas é capaz de processar as operações de manufatura para diferentes famílias (NEUMANN ; SCALICE, 2015). A Figura 18 representa as células de manufatura em uma fábrica de aparelhos de som.

Figura 18 - Células de manufatura



Fonte: Siqueira (2009)

- **Manufatura de Fluxo Contínuo (CFM)**

A manufatura de fluxo contínuo ou “*Continuous-flow manufacturing*” (CFM) é uma estratégia de produção que está associada ao *just-in-time* e ao *Kanban* (MUKHOPADHYAY, 2015)

Segundo Mukhopadhyay (2015) o objetivo principal da manufatura de fluxo contínuo é eliminar os gargalos existentes nos processos produtivos tornando a linha de produção mais balanceada, atuando na eliminação dos desperdícios, redução de custos e tempo de fabricação. Na manufatura de fluxo contínuo os itens não ficam em fila durante qualquer fase da produção e a saída está em lotes pequenos reduzindo substancialmente os riscos de item defeituoso, que geralmente é associado com grandes lotes (MUKHOPADHYAY, 2015)

- ***Kaizen***

Segundo Narusawa e Shook (2009) o *Kaizen* é uma de origem japonesa que significa “mudança” (*kai*) e bom para melhor (*zen*), ou seja, indica melhores mudanças. O *Kaizen* é uma ferramenta de gestão que tem o intuito de promover o processo de aprimoramento contínuo, que consiste na busca de melhorias pela inovação dos processos industriais, dos métodos utilizados, dos produtos a serem produzidos e das regras e procedimentos adotados (NARUSAWA; SHOOK, 2009).

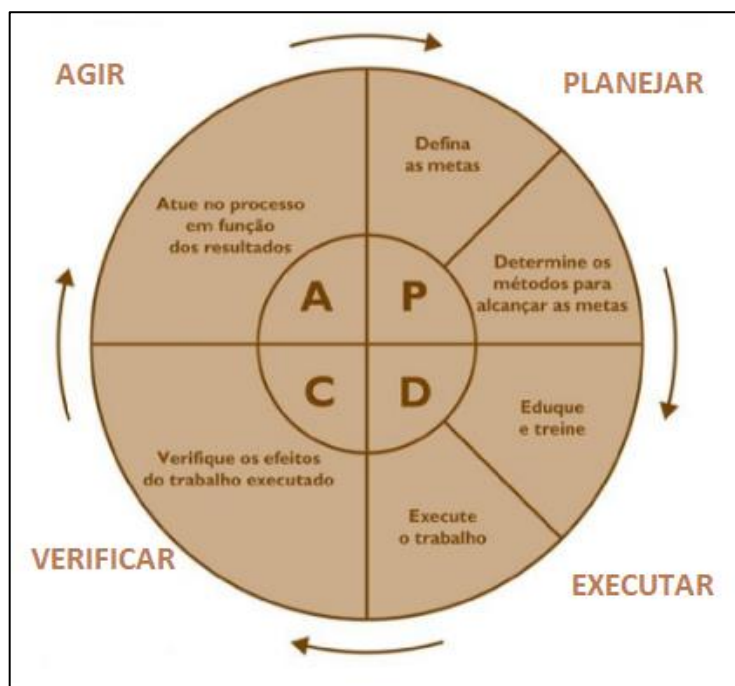
Ainda de acordo com os autores o *kaizen* busca eliminar os problemas de uma organização através da identificação dos potenciais de melhoria, o que é possibilitado pela participação de todos os colaboradores na solução dos problemas.

- **Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA é um método de gestão que representa o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas (WERKEMA, 2013).

Segundo Werkema (2013) o PDCA é aplicado principalmente nas normas de sistemas de gestão e deve ser utilizado em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios. O ciclo se inicia pelo planejamento, em seguida são executadas as ações de melhoria, posteriormente é checado se o que foi feito está de acordo com o planejamento e por último toma-se uma ação para eliminar ou pelo menos reduzir os defeitos no produto ou execução. A Figura 19 representa o ciclo PDCA.

Figura 19 - Ciclo PDCA



Fonte: Werkema (2013)

- **Nemawashi**

Segundo Haghirian (2016) o *Nemawashi* é uma filosofia que foi difundida na Toyota em meados do século XX, quando Ohno percebeu que o principal fator de sinergia durante um processo de mudança era a falta de comunicação. A filosofia prega que antes de fazer qualquer alteração no processo a ser melhorado, deve-se conversar com todos os envolvidos em busca de informações relevantes. Todas as informações levantadas pelos envolvidos no processo de melhoria deve ser levada em consideração para que a mudança que se deseja alcançar seja efetiva.

- **Pensamento A3**

O pensamento A3 ou relatório A3 é uma ferramenta que foi inicialmente utilizada na Toyota por volta do século XX (KOENIGSAECKER, 2011).

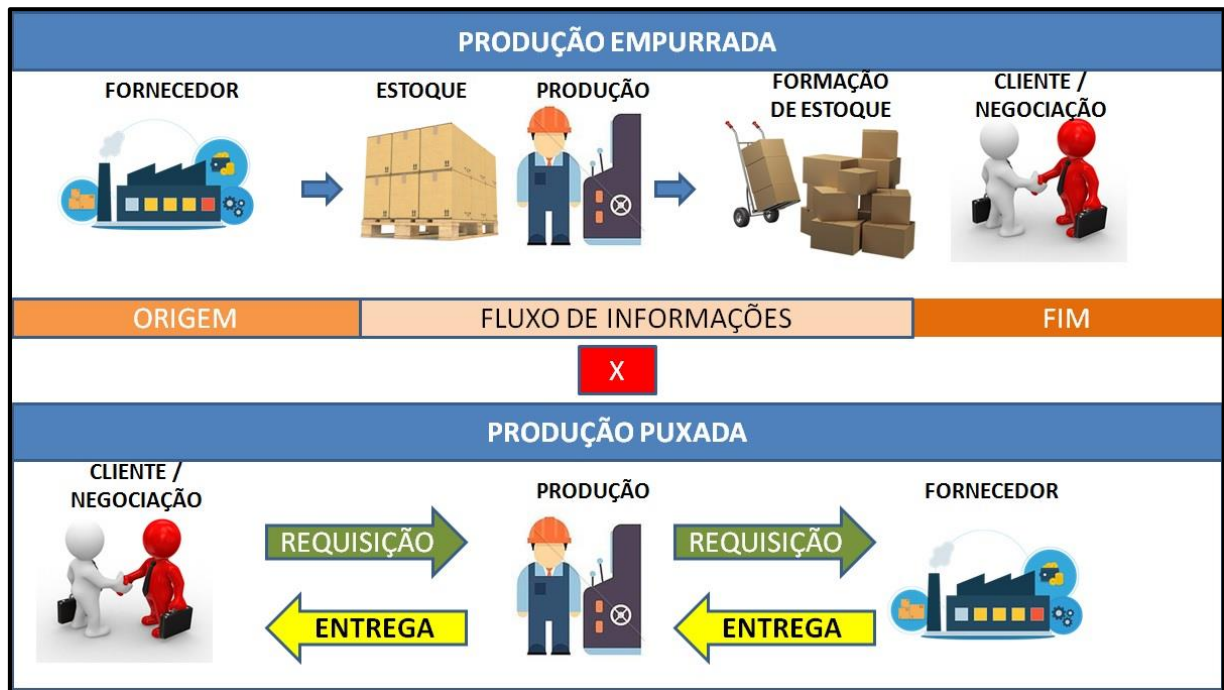
O pensamento A3 é uma ferramenta de análise e solução de problemas que tem como objetivo esquematizar uma solução de determinado problema de modo a eliminar a possibilidade de reincidência (MORGAN ; LIKER, 2008)

Segundo Koenigsaecker (2011) o pensamento A3 é um elemento integrador de outras ferramentas, como controle estatístico, ciclo PDCA e partilha de boas práticas.

▪ Produção Puxada

A produção puxada é um sistema de produção e conceito que indica que algo deve ser produzido mediante a um estímulo do cliente, ou seja, a produção puxada é realizada a partir da necessidade do consumidor final, desta forma não há a formação de estoques excessivos. (POSSARLE, 2014). Já na produção empurrada se produz primeiro para depois vender o produto para o cliente, desta forma há formação de estoques intermediários (POSSARLE, 2014). A Figura 20 apresenta as diferenças entre o sistema de produção empurrada e o sistema de produção puxada.

Figura 20 - Sistema de produção puxada



Fonte: adaptado de Possarle (2014)

2.6 Implantação da metodologia *lean*– visão geral

Para Monden (2015) para que metodologia *lean* seja implantada com sucesso é necessário aplicar as ferramentas sequencialmente. O autor desenvolveu em 1993 um conjunto de princípios metodológicos que ajustam a implantação da filosofia *lean*, com a aplicação das ferramentas de forma sequencial. O Quadro 2 representa a sequência adotada pelo autor em seu trabalho.

Quadro 2 - Sequência de implantação de ferramentas Lean

FERRAMENTAS	OBJETIVO
1° KANBAN	PRODUZIR DE ACORDO COM A NECESSIDADE E NO TEMPO CERTO.
2° PRODUÇÃO NIVELADA	BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO.
3° SMED	MINIMIZAÇÃO DOS TEMPOS DE <i>SETUP</i> .
4° PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO	NORMALIZAR AS OPERAÇÕES.
5° CÉLULAS DE PRODUÇÃO	<i>LAYOUT</i> DE ACORDO COM O FLUXO DE PRODUÇÃO.
6° POLIVALÊNCIA A3	MOTIVAÇÃO E ENVOLVIMENTO DOS OPERÁRIOS NAS ATIVIDADES DE MELHORIA.
7° GESTÃO VISUAL	IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLE VISUAL PARA ALCANÇAR A AUTONOMAÇÃO.
8° PDCA E 6 SIGMA	IMPLEMENTAR UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ENTRE OS DEPARTAMENTOS PARA PROMOVER O CONTROLE DE QUALIDADE TOTAL, ATRAVÉS DE UM CICLO DE MELHORIA CONTÍNUA E CONTROLE ESTATÍSTICO ATRAVÉS DE INDICADORES DE QUALIDADE.

Fonte: Adaptado de Monden (2015)

Já para Melton (2005) não há necessidade de seguir uma sequência lógica de aplicação de ferramentas *lean* durante o processo de implementação da metodologia.

São muitos os pensamentos de implantação das técnicas e ferramentas da manufatura enxuta. Portanto conclui-se que não existe um consenso em relação a aplicação das técnicas e ferramentas *lean*. A escolha das técnicas e ferramentas que serão utilizadas por uma organização durante o processo de implementação, irá depender da estratégia do negócio, o objetivo do projeto de melhoria, ou seja, aquilo que se deseja melhorar e o resultado esperado (MELTON, 2005).

3 SEIS SIGMA

A metodologia seis sigma foi introduzida pela Motorola em 1980 como meio de sobrevivência nesta época a empresa estava ficando para trás em relação aos seus concorrentes, que conseguiam oferecer os mesmos produtos com maior qualidade e menor custo (HENDERSON ; EVANS, 2000; PYZDEK, 2003).

De acordo com Welch (2001) embora a metodologia seis sigma tenha sido desenvolvida inicialmente pela Motorola, acabou ganhando popularidade em 1994, quando o presidente da General Electric (GE) considerou a metodologia como o caminho para a busca da qualidade e rentabilidade.

Na literatura encontram-se diversas definições sobre a metodologia seis sigma. Segue abaixo algumas definições sobre a visão de diferentes autores:

Para Wiklund e Wiklund (2002) o objetivo da metodologia seis sigma é manter a distância entre a média do processo e o limite de tolerância mais próxima a pelo menos seis desvios padrão e assim reduzir a variabilidade em produtos e processos, a fim de prevenir defeitos.

Já para Pyzdek (2003) a metodologia seis sigma consiste na adoção de técnicas e ferramentas estatísticas comprovadas, utilizadas por um quadro de líderes técnicos da empresa, conhecidos como *black belts* com intuito de eliminar defeitos em seus processos produtivos.

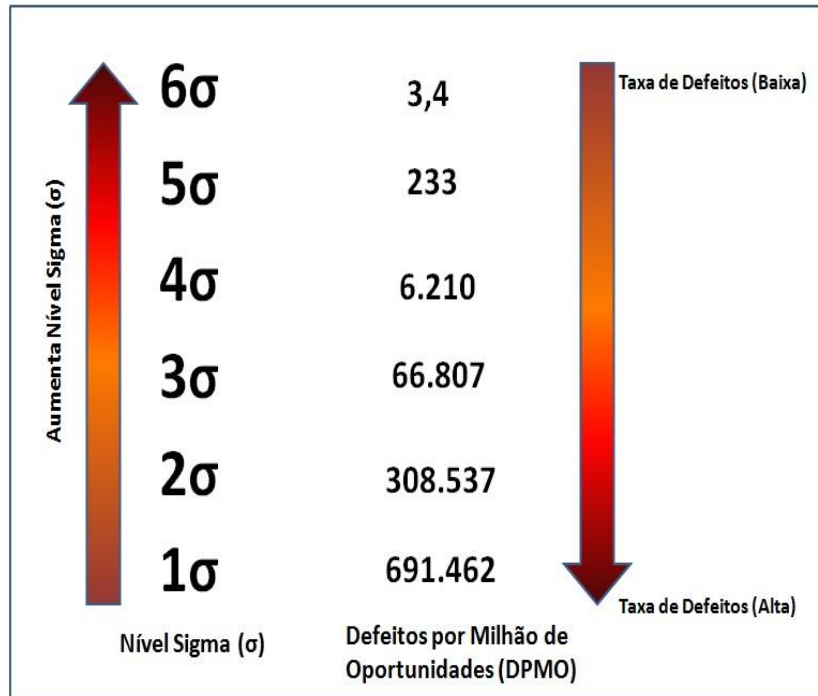
Outra definição é dada por Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) ao definir a metodologia seis sigma em uma estratégia de negócio que tem o objetivo de reduzir os custos de manufatura e serviços, através da criação de melhorias significativas que visa à satisfação dos clientes.

O desenvolvimento da metodologia seis sigma é baseado na teoria de controle de processos por meio da utilização de ferramentas estatísticas, no qual em termos de definição o símbolo sigma (σ) é uma letra do alfabeto grego que denota o desvio padrão utilizado para descrever a variabilidade de qualquer processo (PYZDEK, 2003; THOMAS; BARTON ; CHUKE-OKAFOR, 2009; MCADAM et al., 2014).

O nível sigma é expresso em termos de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), sendo assim quanto maior for o nível sigma, menor será o número de defeitos (ECKES, 2001).

A Figura 21 demonstra a proporção de defeitos em cada nível sigma.

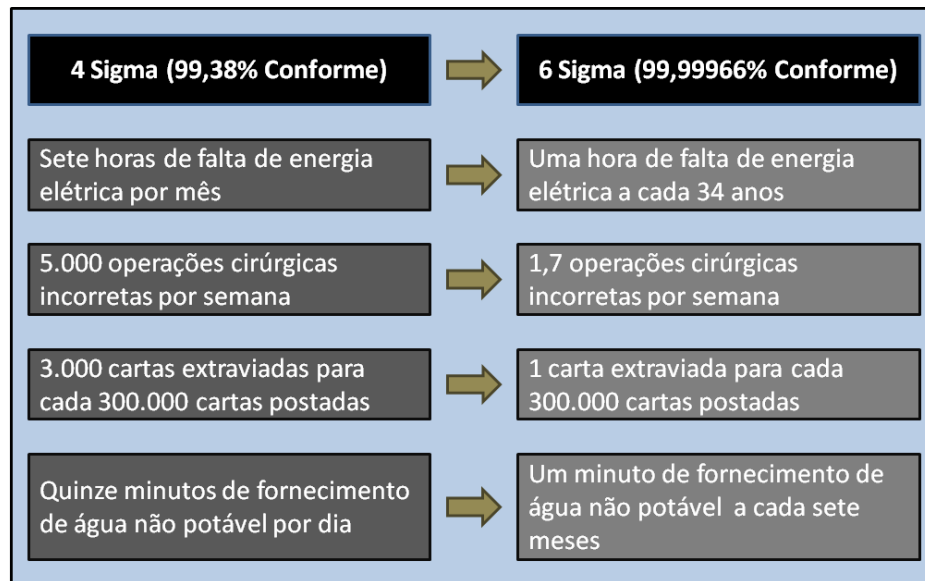
Figura 21 - Proporção de Defeitos x Nível Sigma



Fonte: Adaptado de Eckes (2001)

Para facilitar o entendimento da variação entre os níveis sigma Werkema (2014) demonstra em seu trabalho uma comparação entre processos operando em quatro sigma e os mesmos processos operando em seis sigma. A Figura 22 apresenta exemplos de perdas em processos em termos de sigma.

Figura 22 - Exemplos de processos operando em 4 sigma e 6 sigma

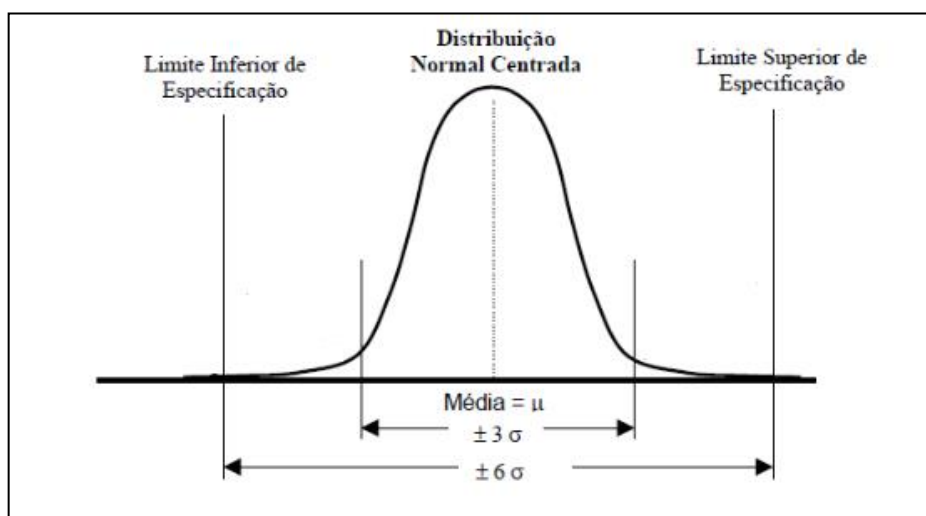


Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

A Figura 22 demonstra que quanto menor for a variabilidade dos processos industriais, menor será a sua taxa de defeitos.

Segundo Werkema (2014) um processo é definido como sendo Seis Sigma, quando estiver com a média da população centrada no valor nominal da especificação e os limites de especificação estiverem distantes seis desvios padrões da média da população. A Figura 23 apresenta alguns aspectos da distribuição normal relacionada com o Seis Sigmas.

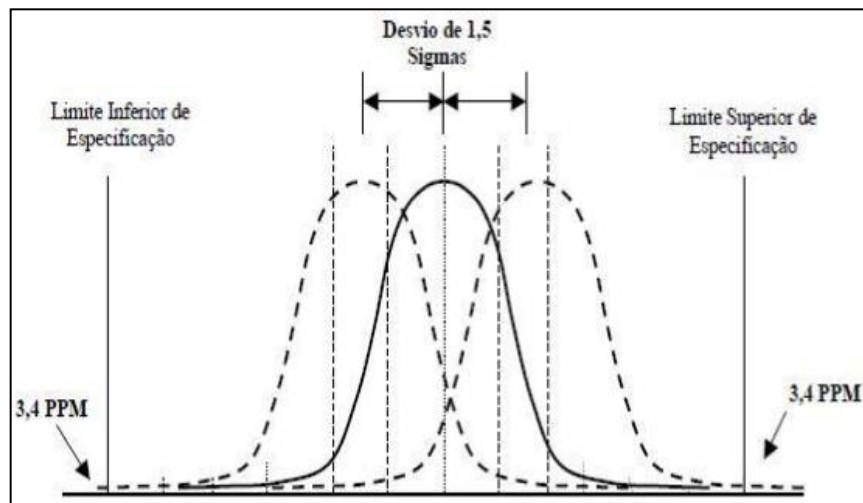
Figura 23 - Distribuição normal



Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

Werkema (2014) salienta que dificilmente um processo possuirá capacidade de produzir produtos que atendam exatamente o valor nominal, pois todo processo sofre influência da variabilidade e apresenta desvio em relação ao valor nominal. Porém mesmo sofrendo uma variação positiva ou negativa em relação à média, de magnitude igual a 1,5 vezes o seu desvio padrão, a queda do nível de qualidade será pouco perceptível em uma produção de um milhão de unidades de determinado produto, haverá um aumento de zero para três defeitos. A Figura 24 demonstra o desvio de 1,5 no valor médio em relação a uma distribuição normal.

Figura 24 - Distribuição normal com desvio de 1,5 sigma



Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

A aplicação da metodologia seis sigma é conduzida de forma estruturada em um modelo simples de melhoria de desempenho denominado DMAIC (Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar e Controlar), a aplicação de um projeto seis sigma segue de forma sequenciada seguindo as cinco etapas do modelo (PYZDEK, 2003; THOMAS; BARTON ; CHUKE-OKAFOR, 2009).

A seguir apresenta-se a descrição de cada fase do método DMAIC:

Definir: A fase de definição consiste na identificação das falhas encontradas no processo e descrição do problema. Para execução do projeto seis sigma as premissas devem estar bem definidas, assim como as metas, os objetivos, o escopo do projeto, o impacto financeiro, a equipe responsável pela condução do projeto e o cronograma de cada atividade a

ser realizada. Nesta fase o objetivo do projeto seis sigma poderia ser a redução no número de defeitos encontrados na fabricação de determinado produto ou serviço.

Medir: A fase de medição tem o objetivo de estabelecer métricas válidas e confiáveis para ajudar a monitorar a situação atual do processo a ser melhorado, nesta fase é realizado o mapeamento do processo onde seu objetivo é levantar as entradas do processo e as causas, o levantamento de dados e a medição do nível sigma atual.

Analisar: A fase de análise consiste na realização do cruzamento estatístico para determinar se há relação entre causa e efeito do processo e potenciais fontes de variabilidade.

Melhorar: Esta fase consiste em priorizar as ações de melhorias a serem implantadas no processo, de forma a fazer as coisas de melhor maneira, em menor tempo e custo relativamente baixo. O gerenciamento de projeto e ferramentas estatísticas podem ser empregadas para validar as melhorias adotadas.

Controlar: por último a fase de controle tem a finalidade de padronizar os processos, os procedimentos, as instruções operacionais e adotar sistemas de controle que garanta que o processo não retorne ao seu estado atual.

Para que o projeto seis sigma seja conduzido de forma efetiva é necessário criar uma infra-estrutura com uma parcela do quadro de funcionários da organização. Esses funcionários são conhecidos como agentes de melhoria na estrutura de um projeto seis sigma, no qual são estabelecidos suas funções e participação durante o processo de implantação da metodologia (ROTONDARO, 2002; PYZDEK, 2003)

Rotondaro (2002) e Pyzdek (2003) definem quais são os agentes que atuam em tempo integral dentro de uma organização na condução de projetos seis sigma. Segue abaixo a descrição de cada agente:

Líderes 6 Sigma: O seis sigma é uma metodologia que deve ser implementada de cima para baixo, portanto o líder seis sigma nada mais é que o presidente (CEO) da organização.

Campeões e patrocinadores: Os campeões são pessoas de nível elevado na organização, entendem da metodologia e estão comprometidos com seu sucesso. Em grandes organizações o vice presidente ocupa esta função, já os patrocinadores podem ser líderes informais que utilizam a metodologia seis sigma em seu trabalho diário e são responsáveis em comunicar sua mensagem em todas as oportunidades, os mesmos são os donos do processo e sistemas que ajudam a iniciar e coordenar as atividades de melhoria.

Master Black Belt: O *Master black belt* é o nível técnico mais alta da organização, são mentores técnicos e coordenadores de *black belts*, os mesmos devem entender a teoria matemática e ter conhecimento estatísticos no qual a metodologia seis sigma se baseia.

Black Belt: Os *Black belts* são indivíduos com orientação técnica, os mesmos devem estar ativamente envolvidos no processo de implementação da metodologia seis sigma. Esses especialistas deve também possuir capacidade de liderança e ter uma bagagem anterior que inclua matemática e uma base de análise quantitativa, deve receber durante quatro semanas intercaladas, instruções em sala de aula e treinamento individual ministrado pelos seus mentores (*Master Black belt*).

Green belts: São os líderes de projeto seis sigma capazes de formar e facilitar equipes, além de gerenciar os projetos seis sigma desde a sua concepção até a conclusão do mesmo. Esses especialistas dedicam parte de seu tempo no processo de melhoria contínua e normalmente envolvem-se em projetos que estão diretamente ligados a sua área de trabalho. Os *Green belts* devem passar por cinco dias de treinamento em sala que engloba o gerenciamento de projetos, ferramentas de gerenciamento da qualidade, solução de problemas e análise descritiva de dados.

Segundo Bendel (2006) para a implantação de um projeto seis sigma os agentes ou equipe multidisciplinar utilizam ferramentas gerenciais que facilitam a condução dos projetos seis sigma dentro das organizações.

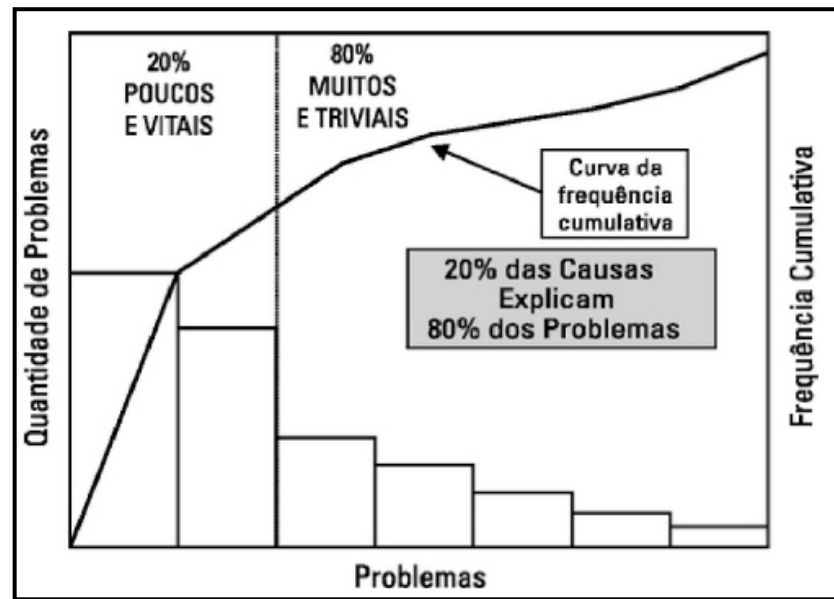
A seguir serão detalhadas algumas técnicas e ferramentas que são utilizadas na condução de projetos seis sigma nas organizações.

- **Diagrama de Pareto**

O diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica que mostra os dados categorizados por ordem descendente com base na frequência de ocorrência (GUPTA; SRI, 2012).

Segundo Gupta e Sri (2012) o diagrama de Pareto é uma ferramenta muito utilizada na tomada de decisão, pois relaciona o número de ocorrências de determinado defeito com a sua causa raiz. A Figura 25 apresenta um diagrama de Pareto.

Figura 25 - Diagrama de Pareto



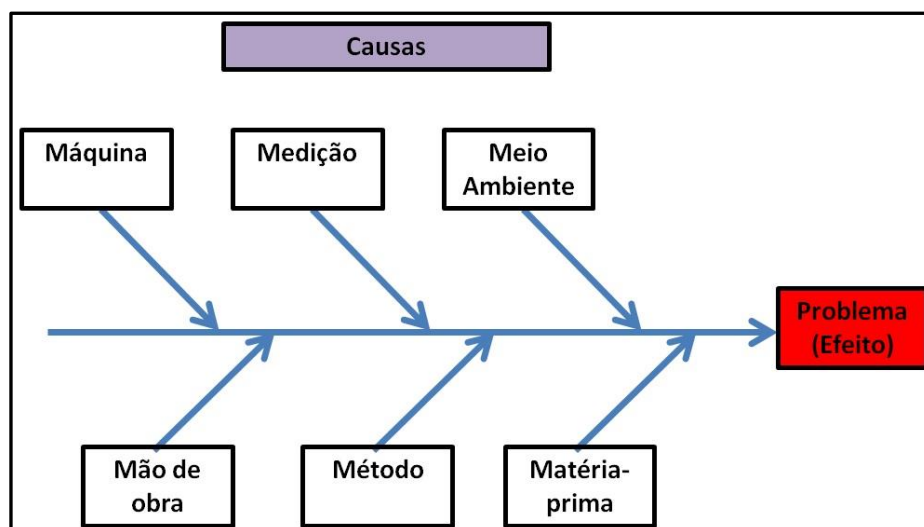
Fonte: Rodrigues (2014)

- **Diagrama de causa efeito**

O diagrama de causa e efeito também conhecido como diagrama de *Ishikawa* é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação entre o resultado de um processo (efeito) e as suas diversas causas (WERKEMA, 2014).

Segundo Werkema (2014) o diagrama de causa e efeito serve para aumentar a visão sobre determinado problema, além de orientar e focalizar a equipe de projeto nas oportunidades de melhoria. A Figura 26 apresenta o diagrama de causa e efeito.

Figura 26 - Diagrama de causa e efeito

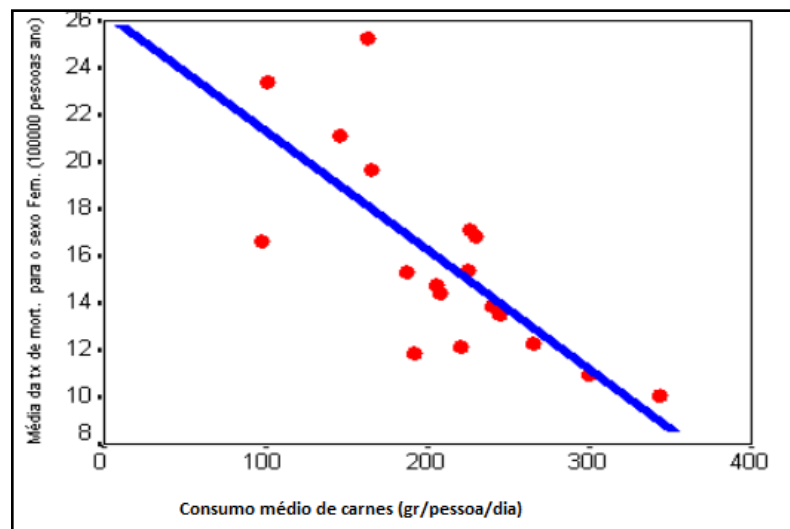


Fonte: adaptado de Werkema (2014)

- **Diagrama de dispersão**

Segundo Werkema (2013) o diagrama de dispersão ou gráfico de dispersão é uma ferramenta que mostra a relação entre uma variável dependente e uma variável independente. Essa ferramenta permite identificar em uma análise o grau de relacionamento entre duas variáveis, ou seja, comprovar a relação entre uma causa e um efeito. A Figura 27 apresenta um diagrama de dispersão.

Figura 27 - Diagrama de dispersão



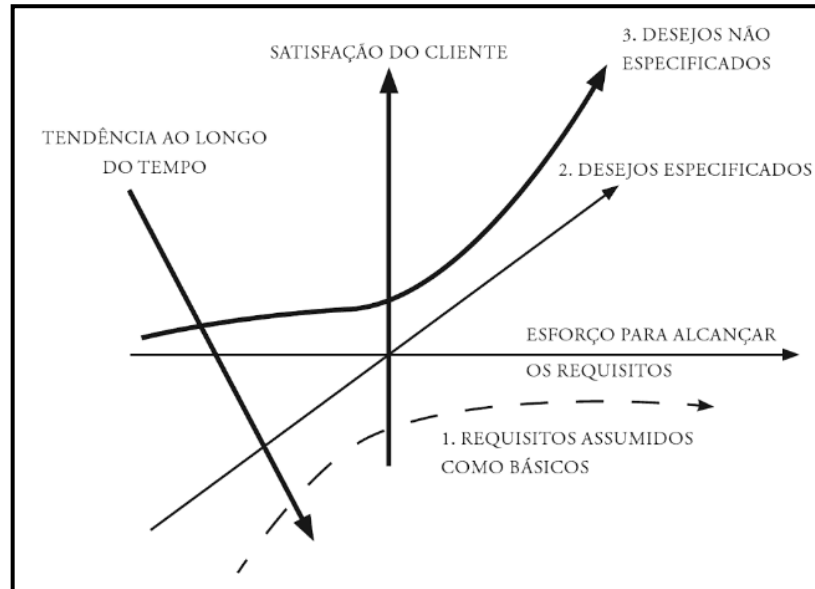
Fonte: adaptado de Werkema (2013)

- **Análise de Kano**

A análise de Kano é uma ferramenta utilizada para identificar a satisfação do cliente em função de alguns atributos presentes em determinado produto ou prestação de serviço (GUPTA; SRI, 2012).

Segundo Gupta e Sri (2012) alguns atributos de determinado produto ou serviço podem aumentar significativamente a satisfação do cliente, enquanto que para outros atributos não causa grande impacto para o cliente. A Figura 28 apresenta um modelo da análise de Kano.

Figura 28 - Análise de Kano

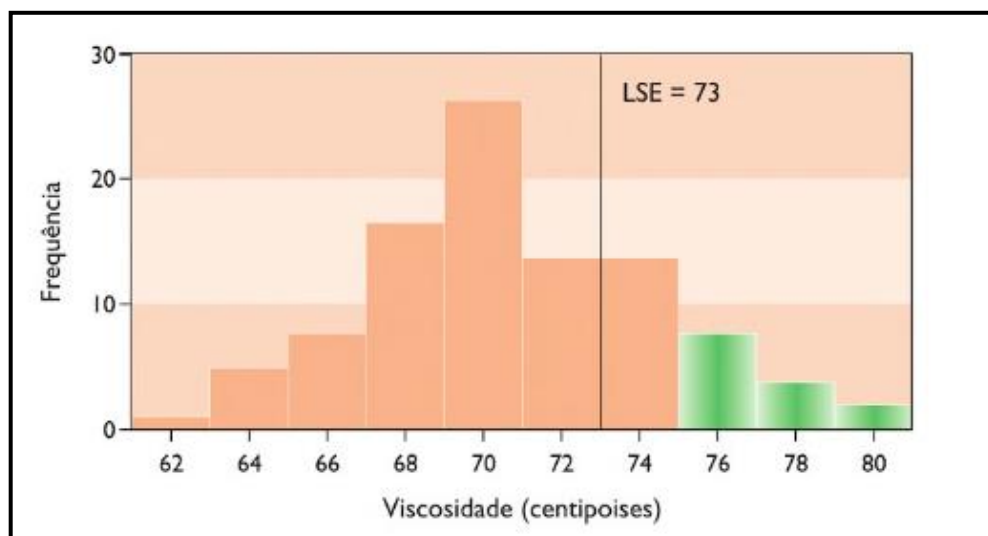


Fonte: adaptado de Gupta e Sri (2012)

▪ Histograma

De acordo com Werkema (2012) o histograma é uma ferramenta gráfica que mostra a variação de um grupo de dados relativos a uma mesma variável, por meio de uma distribuição de frequência. O histograma também conhecido como gráfico de barras possui dois eixos, sendo um o horizontal que mostra a característica dividida em classes e o eixo vertical que mostra a frequência. A Figura 29 apresenta um histograma.

Figura 29 - Histograma



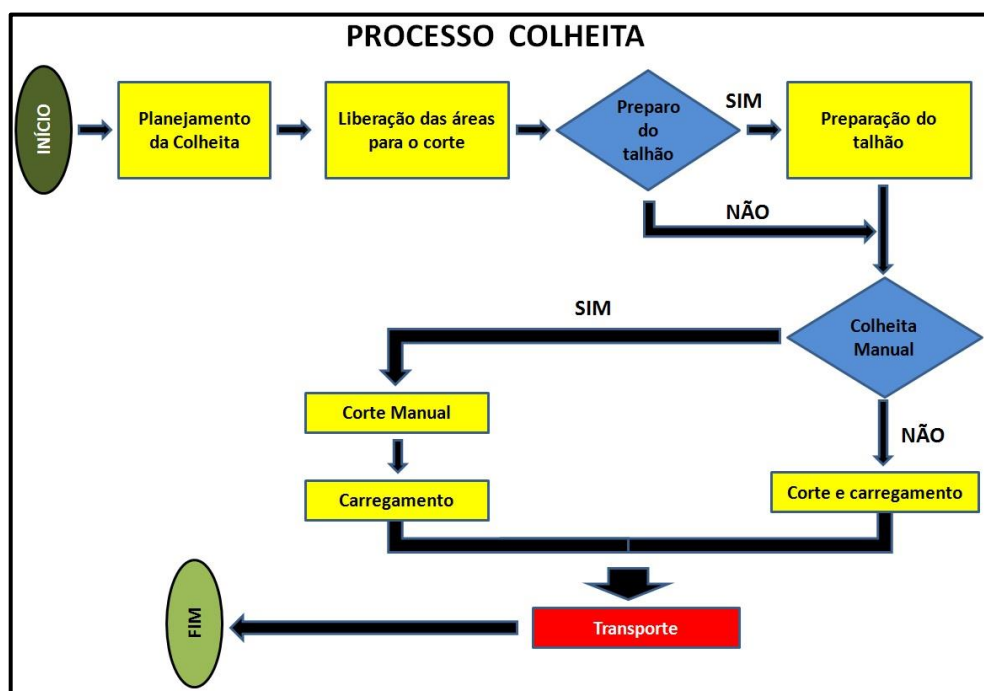
Fonte: Werkema (2012)

▪ Fluxogramas

O fluxograma é uma ferramenta que mostra de forma gráfica as etapas de um processo, desde o seu início até a sua finalização (WERKEMA, 2014).

De acordo com Werkema (2014) o fluxograma do processo faz parte da documentação do mesmo e permite compreender de forma rápida o funcionamento do processo. A Figura 30 representa um fluxograma do processo de colheita.

Figura 30 - Fluxograma processo de colheita

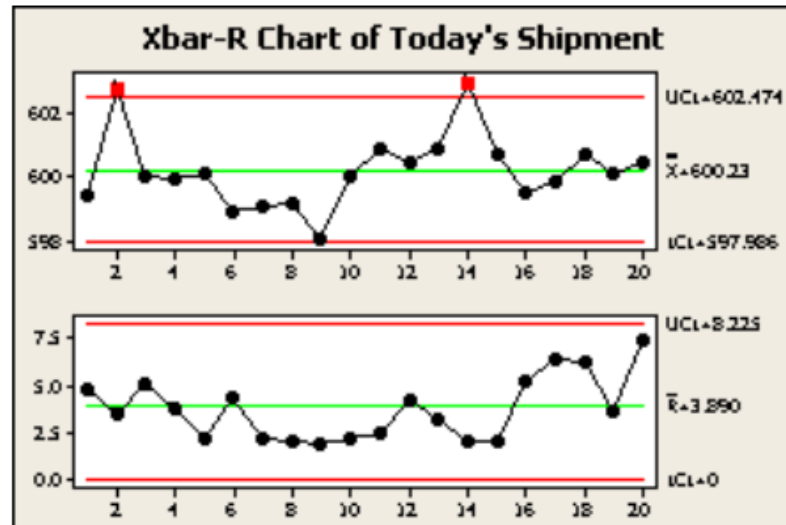


Fonte: próprio autor

▪ Cartas de controle de processos

Segundo Rosa (2015) cartas de controle de processos ou gráficos de controle de processos são ferramentas gráficas de espaço em função do tempo, que apresentam graficamente os valores de uma estatística, incluindo uma média na linha central e um ou mais limites de controle. Essa ferramenta geralmente é utilizada para garantir que os processos estejam no controle estatístico. A Figura 31 representa um modelo de carta de controle.

Figura 31 - Carta controle

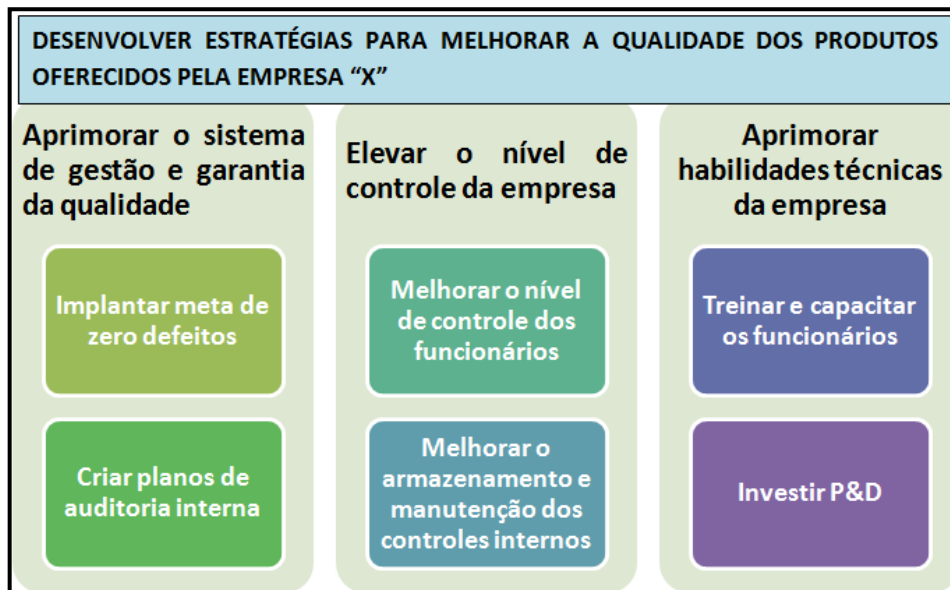


Fonte: adaptado de Rosa (2015)

- **Diagrama de afinidades**

Segundo Werkema (2014) o diagrama de afinidades é uma ferramenta da qualidade que tem como objetivo agrupar um grande número de ideias, opiniões e informações em grupos conforme a afinidade que apresentam entre si. O diagrama é construído a partir de ideias opiniões e outras preocupações sobre determinado problema, organizando-se em grupos baseados em uma relação natural que exista entre elas, estimulando a criatividade e facilitando a formação de novas ideias através da participação dos membros da equipe de projeto. A Figura 32 apresenta um diagrama de afinidades elaborado para desenvolver estratégias para melhorar a qualidade dos produtos.

Figura 32 - Diagrama de afinidades



Fonte: adaptado de Werkema (2014)

▪ Lista de Verificação

Segundo Werkema (2014) a lista de verificação é uma ferramenta básica que ajuda a padronizar a coleta de dados. Geralmente é aplicada por meio do registro de dados históricos ou correntes sobre um determinado processo, em planilhas ou formulários específicos de acordo com o propósito do estudo. A Figura 33 apresenta uma lista de verificação para conferir a chegada de equipamentos em uma indústria.

Figura 33 - Lista de verificação

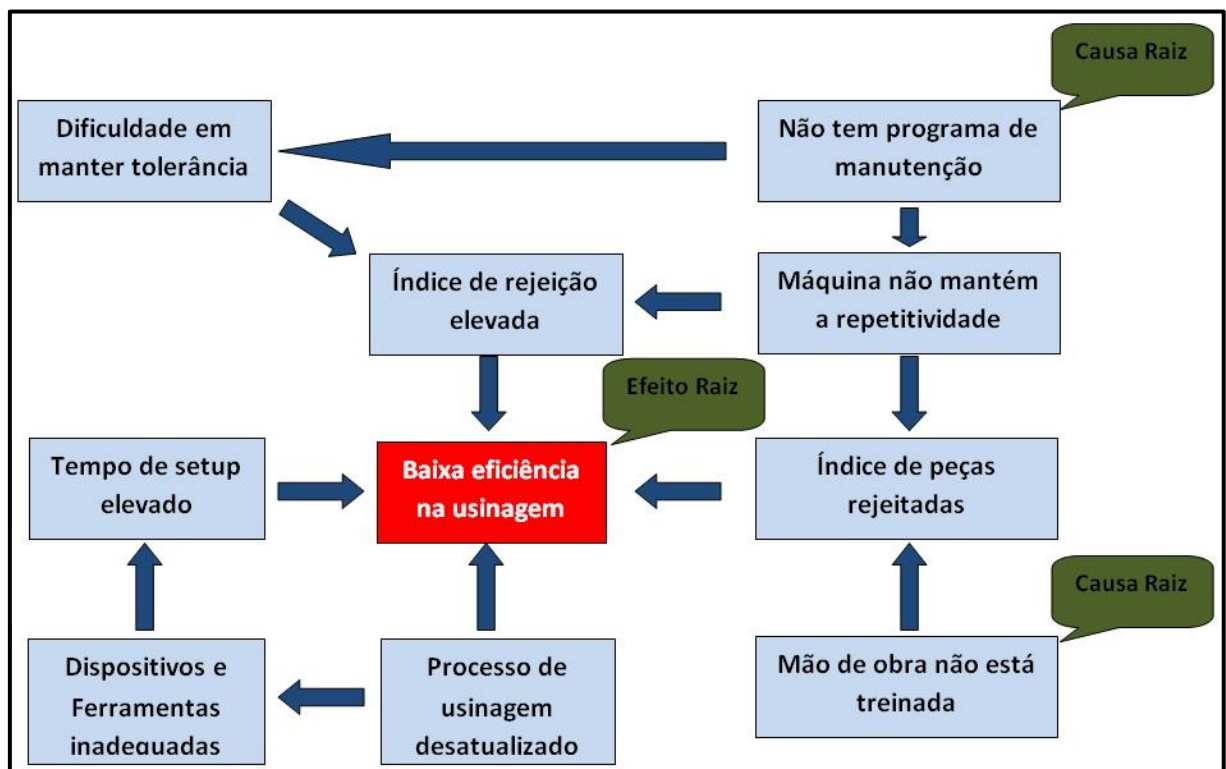
CHECK-LIST EQUIPAMENTOS					
Informações do Cliente					
Cliente			O.S.	Data	Rev.
Dados do Equipamento					
Equipamento					Prazo entrega:
Notas fiscais					
Nota Fiscal	Berço <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		Peso	Dimensões	
Peças e acessórios			Quantidade peças	Observações	
Acoplamento	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Anel labirinto	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Buchas fixação dos rolamentos	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Chavetas	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Eixo principal	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Eixos oscilantes	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Facas	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Flanges externos	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Mancais	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Martelos	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Parafusos tampa eixo oscilante	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Rolamento	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Suporte dos martelos	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Suportes do mancal	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Tampa eixos oscilantes	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Tijolos de borracha	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Travas da porca	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Tirantes do rotor	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Volante	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	Quantidade:		
Anotações:					
_____ Assinatura funcionário					

Fonte: próprio autor

▪ Diagrama de Relações

Segundo Werkema (2014) o diagrama de relações é uma ferramenta que analisa a inter-relação entre causa e efeito, ou seja, a inter relação que existe entre as causas simplificando a busca por soluções de problemas através da indicação das diversas causas envolvidas em um problema e suas relações. A Figura 34 apresenta um diagrama de relações em um processo de usinagem.

Figura 34 - Diagrama de relações

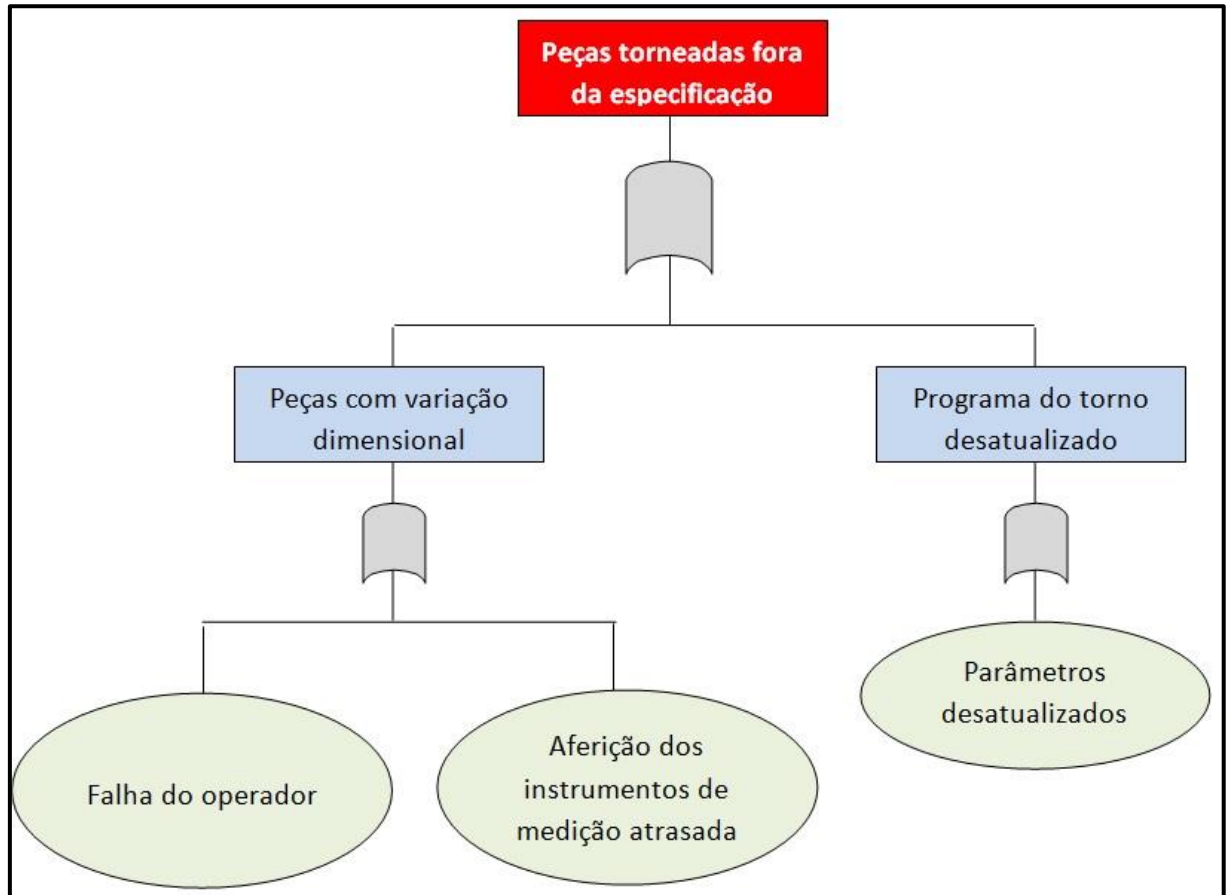


Fonte: adaptado de Werkema (2014)

▪ Diagrama de árvore

Segundo Werkema (2014) o diagrama de árvore é uma ferramenta que serve como desdobramento de um problema para buscar sua causa raiz. Essa ferramenta é muito utilizada quando se deseja desdobrar uma ideia, um conceito, uma tarefa, um processo em seus componentes básicos, permitindo que seja mais bem conhecido. A Figura 35 representa um diagrama árvore elaborado para levantar as causas e efeitos de um processo de usinagem.

Figura 35 - Diagrama de árvore



Fonte: próprio autor

▪ Diagrama de matrizes

Segundo Werkema (2014) o diagrama de matrizes é uma ferramenta que serve para identificar elementos correspondentes envolvidos em uma situação, esclarecendo pontos problemáticos de uma determinada situação. O diagrama de matrizes geralmente é utilizado para distribuição de tarefas entre membros da equipe multidisciplinar, a organização de um sistema de gestão da qualidade, no desdobramento da função qualidade e na identificação das causas de um problema. A Figura 36 apresenta um diagrama de matrizes.

Figura 36 - Diagrama de matrizes

Características da Qualidade Qualidade Exigida	Empresa bem equipada	Funcionários Qualificados	Treinamento dos Funcionários	Fornecedores Qualificados
Produto com validação	■	○	▲	▲
Rapidez na entrega	■	▲	▲	■
Boa aparência	■	▲	▲	○
Embalagem conforme	■	▲	▲	○
Constante renovação	▲	■	▲	○

▲ Forte Relação ■ Relação ○ Fraca Relação

Fonte: adaptado de Werkema (2014)

- **Diagrama de Matriz de Priorização**

Segundo Werkema (2014) o diagrama de matriz de priorização é uma ferramenta para tomada de decisões, no qual estabelece a priorização em função de alguns critérios adotados. Essa ferramenta combina outras ferramentas tais como: diagrama de árvore e diagrama de matriz. A Figura 37 apresenta um diagrama de matriz de priorização.

Figura 37 - Diagrama de matriz de priorização

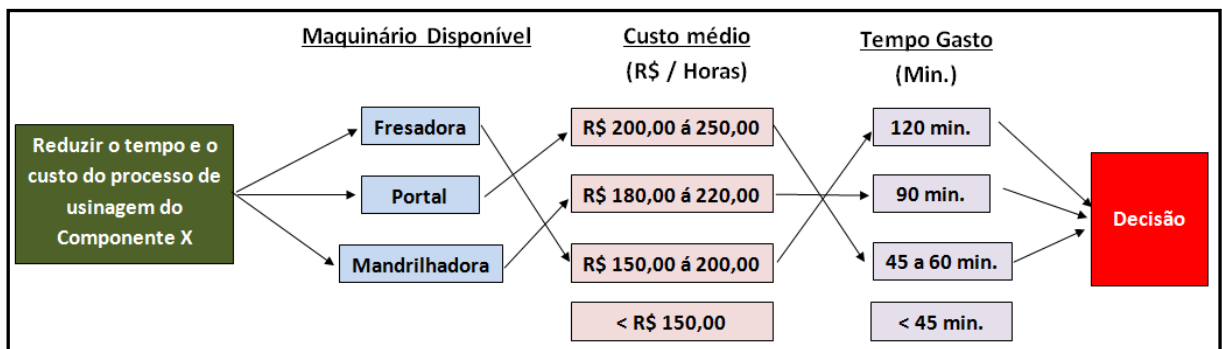
	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Somatória	Prioridade
Demora na entrega do produto	3	5	5	13	3°
Produto com aparência ruim	4	4	4	12	4°
Produto danificado	5	5	4	14	2°
Produto fora da especificação do cliente	5	5	5	15	1°
Inovação constante do produto	3	2	2	7	6°
Falta de manual em outras línguas	3	4	3	10	5°

Fonte: adaptado de Werkema (2014)

▪ Diagrama de processos decisório

De acordo com Werkema (2014) o diagrama de processos decisórios é uma ferramenta voltada para analisar as etapas a serem consideradas para atingir o objetivo proposto de um projeto de melhoria, permitindo decidir pelas melhores alternativas á medida que as restrições forem surgindo. A Figura 38 apresenta um diagrama de processos decisórios utilizado para redução de tempo e custos de um processo de usinagem.

Figura 38 - Diagrama de processos decisórios

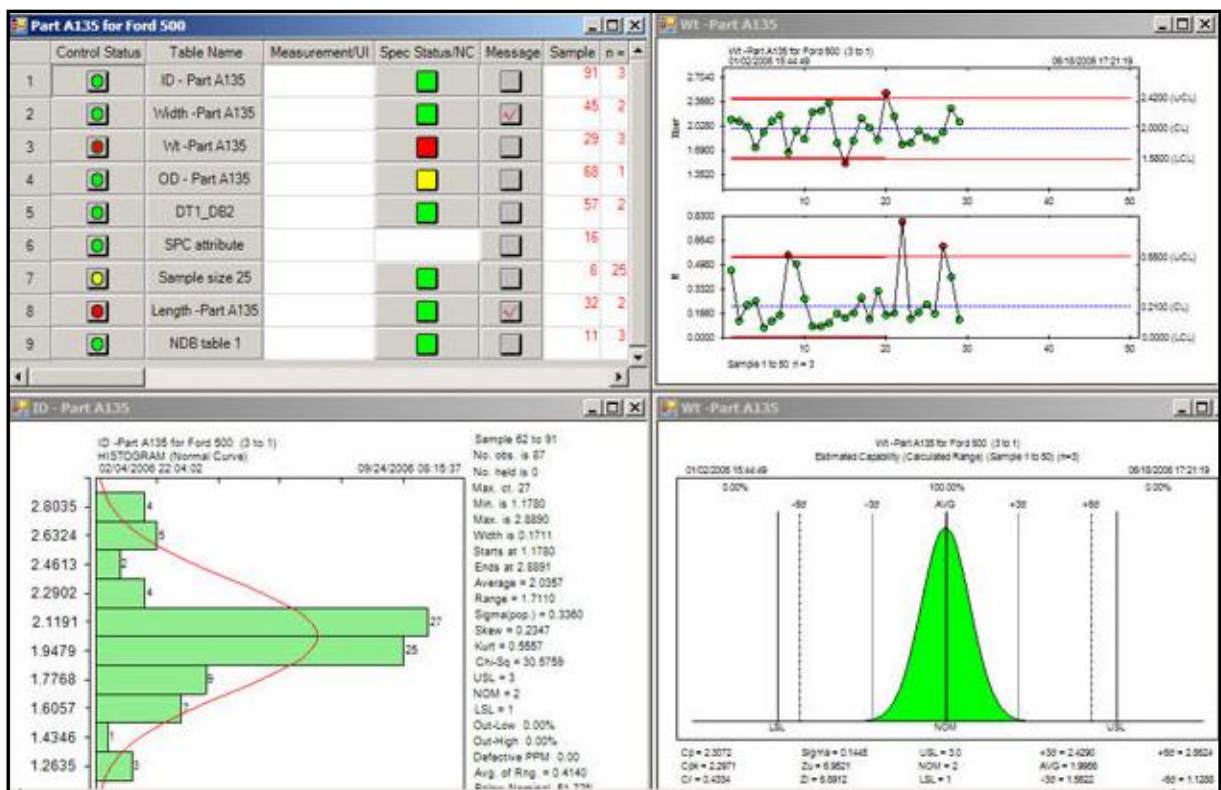


Fonte: adaptado de Werkema (2014)

- **CEP**

De acordo com Rosa (2015) o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta estatística que permite conhecer o processo, monitorar a estabilidade do processo e acompanhar seus parâmetros ao longo do tempo. O monitoramento do processo torna-se mais eficaz com o uso do gráfico de controle e também outras ferramentas tais como: folha de dados, histograma, gráfico de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, lista de verificação, diagrama de dispersão dentre outras. A Figura 39 apresenta o controle estatístico de um processo utilizado por uma empresa.

Figura 39 - Controle estatístico do processo (CEP)



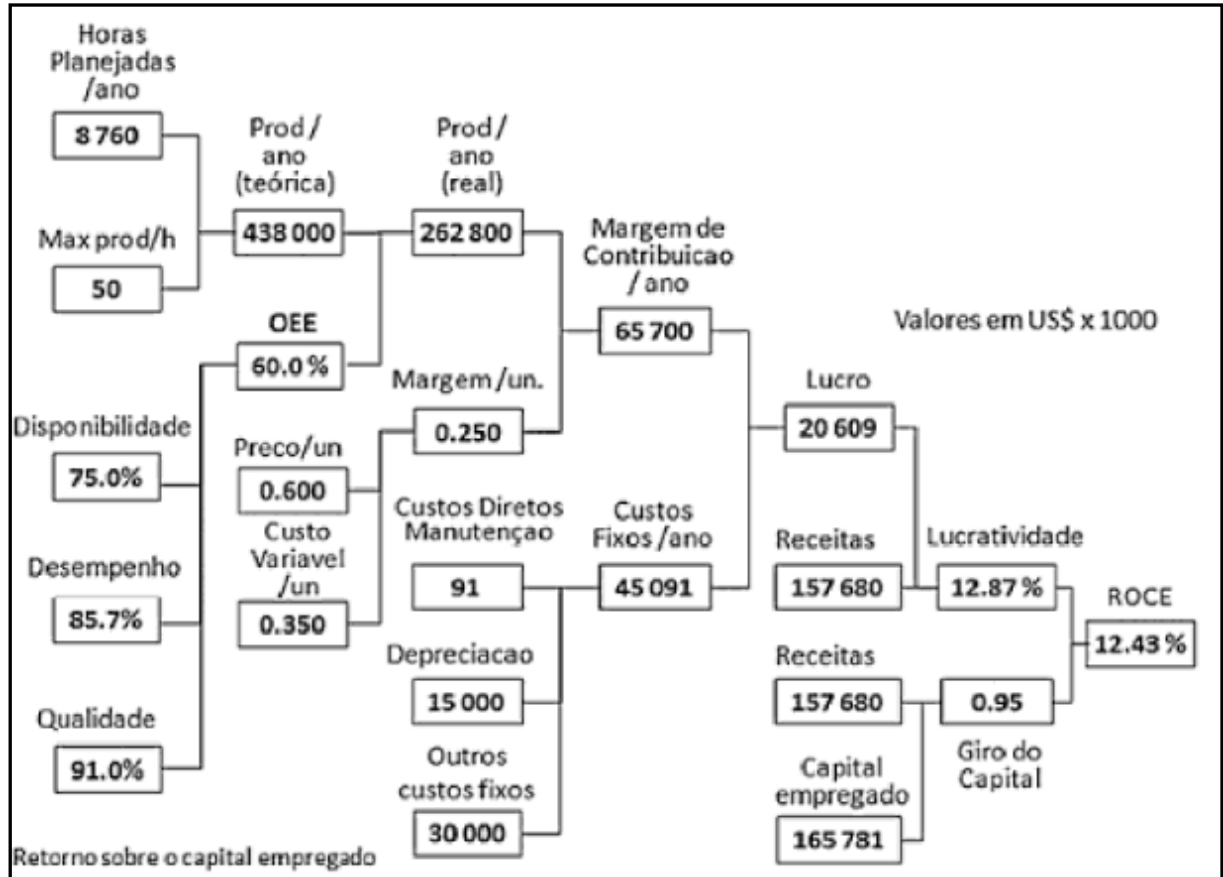
Fonte: adaptado de Rosa (2015)

- **OEE**

De acordo com Stamatis (2010) a sigla OEE (Eficiência Global de Equipamento), vem do inglês “*Overall Equipment Effectiveness*” introduzida por Seiichi Nakajima. Ainda de acordo com os autores o OEE é uma ferramenta que permite calcular a real efetividade de um processo ou equipamento durante o tempo em que foi programado para produzir. Essa ferramenta permite verificar se durante a produção houve perdas e em que parte do processo

está relacionado às perdas. A Figura 40 apresenta a aplicação da ferramenta OEE em um processo.

Figura 40 - Eficiência global de equipamentos (OEE)

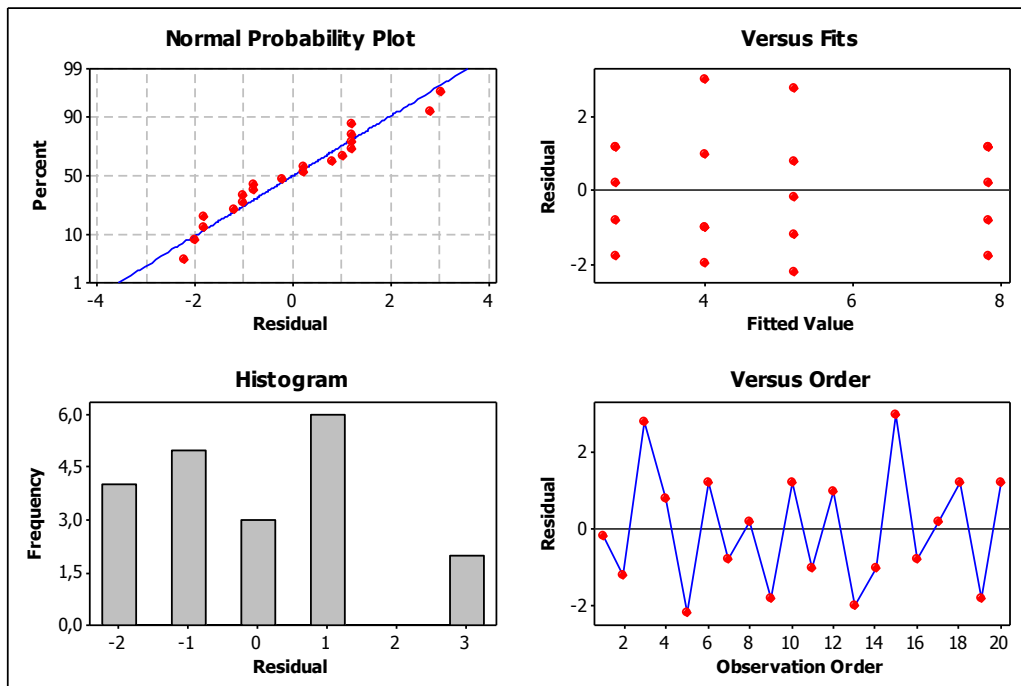


Fonte: Baptista (2016)

▪ ANOVA

Segundo Werkema (2014) a análise de variância (ANOVA) é uma técnica estatística utilizada para investigar a diferença entre as médias de diversos grupos de variáveis e suas respectivas variâncias com o objetivo de identificar as que influenciam no resultado de um processo. Ainda segundo o autor a ANOVA parte do princípio de que as médias amostrais dos diversos grupos de variáveis são obtidas de populações normalmente distribuídas e tem a mesma variância. A Figura 41 apresenta uma análise ANOVA.

Figura 41 - ANOVA



Fonte: próprio autor

▪ Análise de Regressão

De acordo com Bracarense (2012) a análise de regressão é um método de construir, a partir dos dados amostrais, uma função matemática que relacione uma variável independente a uma variável dependente. A forma geral do modelo que descreve essa relação é:

$$Y = f(X) + \varepsilon$$

Onde:

X = Variável Independente

Y = Variável Dependente

ε = Erro estatístico

$f(X)$ = é uma componente determinística podendo ser linear ou não.

- **Projeto de experimentos (DOE)**

De acordo com Werkema (2013) o projeto de experimentos também conhecido como DOE ou teste multivariado é uma ferramenta estatística usada para determinar a relação de causa e efeito entre variáveis de processos “Xs” e variáveis resultantes “Y”. Ainda de acordo com os autores diferente dos testes estatísticos padrões que exigem a mudança de variáveis individuais a fim de encontrar o mais influente, o DOE permite experimentar várias variáveis simultaneamente por meio de uma cuidadosa seleção de um subconjunto dessas variáveis.

- **FMEA**

A análise do modo e efeitos de falha potencial também conhecido como FMEA é uma ferramenta que busca a princípio evitar falhas por meio de análise de falhas potenciais e propostas de ações de melhoria (WERKEMA, 2013).

Segundo Werkema (2013) o FMEA sugere uma ação para eliminar a condição de falha alocando uma pessoa ou departamento responsável para resolver a falha mediante a reelaboração do sistema, projeto ou processo e recalculando o número de prioridade de risco (RPN). A Figura 42 apresenta o FMEA de um sistema de resfriamento de cubas.

Figura 42 - FMEA resfriamento de cubas

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL								
Nº. FEMEA: 12		Data de Início: 05/02/2017		Responsável: Alex				
Área: Resfriamento de Cubas		Revisão: 0		Preparado por: Pedro				
Sistema: Bombeamento		Equipe: Pedro, João e André						
Nome do Componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Efeito(s) Potencial(is) de Falha(s)	OCORR (tab1) (O)	SEVER (tab2) (S)	DETEC (tab3) (D)	RISCO (RPN) (O)*(S)*(D)	Ação Corretiva Recomendada
Motor Elétrico	Bombear água para a caixa d'água central	Estator - Falha de isolamento	Perda de Fluxo	1	3	5	15	
		Estator - Enrolamento danificado	Perda de Fluxo	4	4	6	96	Realizar inspeção mensal no estator
		Estator – Rotor Queimado	Perda de Fluxo	4	4	5	80	Realizar termografia mensalmente
		Estator – Vibração Excessiva	Perda de Fluxo	5	6	5	150	Realizar análise de vibração mensalmente
		Estator – Rolamento Travado	Perda de Fluxo	5	6	6	180	Realizar inspeção semanal no rolamento

Fonte: adaptado de Werkema (2013)

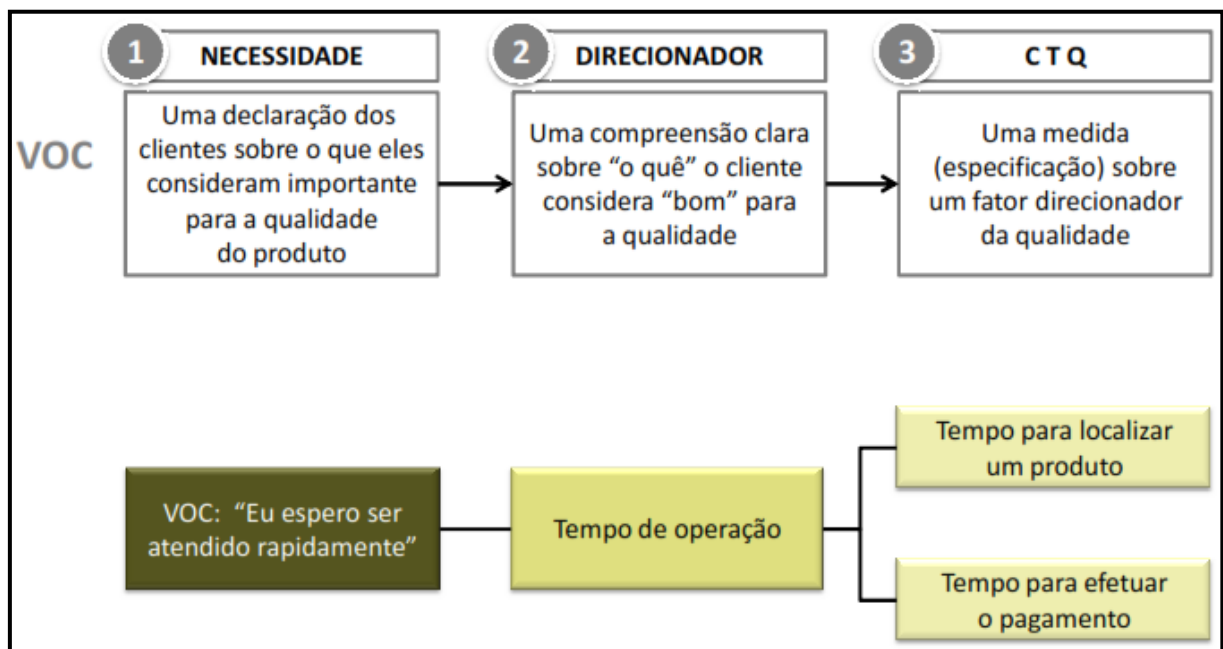
- **Brainstorming**

De acordo com Werkema (2014) o *brainstorming* traduzido como “tempestade de ideias” é uma dinâmica de grupo utilizada em diversas empresas como uma técnica de resolução de problemas específicos, para desenvolver novas ideias ou projetos. Essa técnica propõe que grupos de pessoas se reúnam e utilizam seus pensamentos e ideias para que possam chegar a um denominador comum.

- **Análise CTQ**

De acordo com Gygi, DeCarlo e Williams (2008) a análise CTQ ou “*Critical to Quality*” é uma ferramenta gráfica que permite melhorar os processos, através da identificação das características que são críticas para a qualidade do produto ou serviço do ponto de vista do cliente, ou seja, os CTQs traduzem a voz do cliente (*voice of the customer*) ou a voz do negócio (*voice of the business*) em requisitos da qualidade. Esses requisitos devem ser mensuráveis, incluir um direcionador e especificar um padrão de desempenho. A Figura 43 ilustra a ferramenta árvore de CTQ.

Figura 43 - Diagrama árvore de CTQ



Fonte: adaptado de Gygi, DeCarlo e Williams (2008)

- **Teste de hipóteses**

Segundo Gygi, DeCarlo e Williams (2008) o teste de hipóteses é um método estatístico que utiliza a estatística amostral para testar uma alegação sobre o valor de um parâmetro populacional. Para testar uma hipótese deve-se estabelecer um par de hipóteses, uma representando uma alegação e outra seu complemento, ou seja, quando uma delas é falsa a outra é verdadeira.

- **Planos de ação 5W2H**

De acordo com Marshall Junior et al. (2012) o 5W2H representa as iniciais das palavras em inglês, *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem), *how* (como) e *how much* (quanto custa) é uma ferramenta utilizada principalmente no mapeamento e na padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores. A Figura 44 apresenta um plano de ação 5W2H para redução de custos de manutenção de máquinas e equipamentos.

Figura 44 - Plano de ação 5W2H

Plano de ação - 5W2H						
Local:	Fábrica					
Objetivo:	Reduzir o custo de manutenção de máquinas e equipamentos					
Responsável:	Marcos					
What O que	Who Quem	When Quando	Where Onde	Why Por que?	How Como	How Much Custos
Implantar plano de manutenção	João	até 2018	Fábrica	A empresa está com alto custo de manutenção ocasionada por quebra de máquina.	Treinamento e capacitação dos funcionários. Implantar metodologia TPM	R\$ 10.000,00

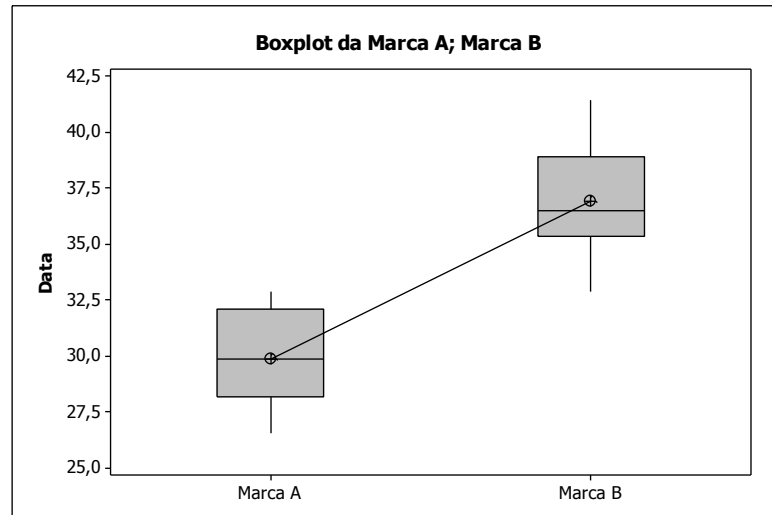
Fonte: adaptado de Marshall Júnior et al. (2012)

- **Boxplot**

De acordo com Werkema (2014) o *boxplot* ou diagrama de caixa é uma ferramenta estatística que apresenta as estatísticas resumidas para um conjunto de dados. Ainda de acordo com a autora o *boxplot* aponta vários aspectos importantes dos dados simultaneamente, tais como tendência central ou posição, dispersão ou variabilidade, afastamento da simetria e identificação de observações muito afastadas da maior parte dos

dados também conhecida como “*outliers*” ou valores atípicos. A Figura 45 apresenta um *boxplot* que demonstra a variabilidade de duas marcas de determinada matéria prima.

Figura 45 - Boxplot

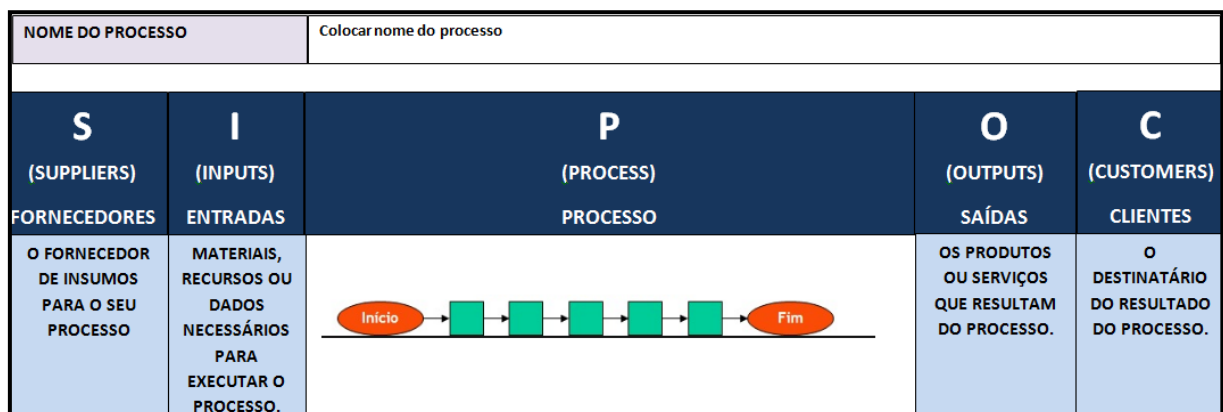


Fonte: adaptado de Werkema. (2014)

▪ SIPOC

De acordo Gupta e Sri (2012) o nome SIPOC vem do acrônimo *Supplier* (Fornecedor), *Input* (Entrada), *Process* (Processo), *Output* (Saída) e *Customer* (Cliente). Ainda de acordo com os autores a ferramenta SIPOC serve para identificar restrições e interveniências que podem contribuir para o êxito ou fracasso de um processo. A Figura 46 apresenta a estrutura da ferramenta SIPOC.

Figura 46 - SIPOC

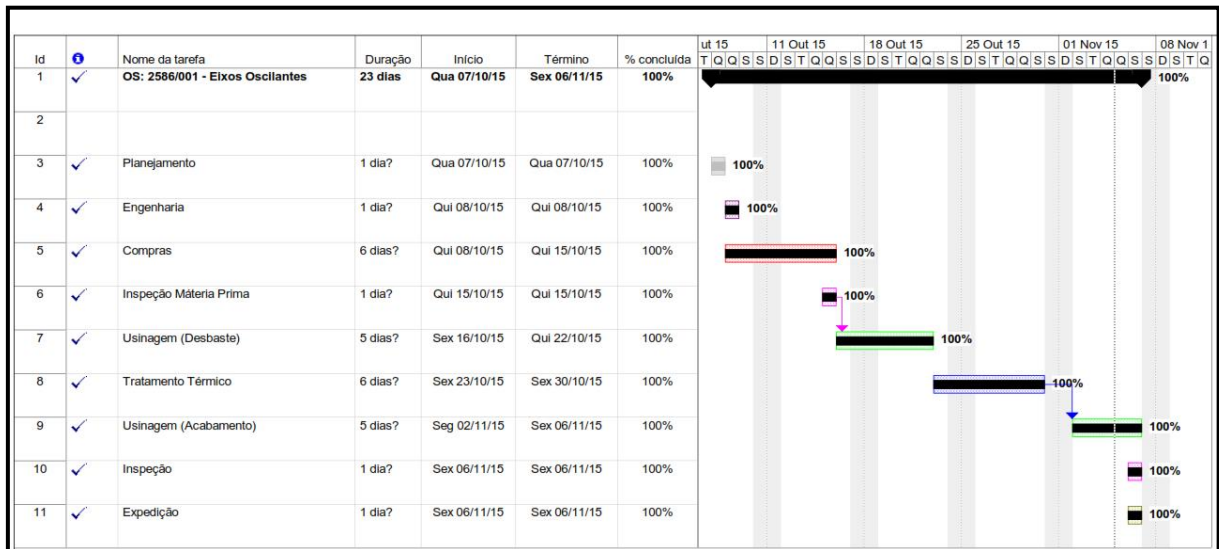


Fonte: adaptado de Gupta e Sri (2012)

▪ Diagrama de Gant

Segundo Vargas (2007) o diagrama de Gantt ou gráfico de Gantt é uma ferramenta gráfica para construção de cronogramas. O diagrama utiliza barras horizontais, colocadas dentro de uma escala de tempo e o comprimento relativo das barras determina a duração da atividade. A Figura 47 apresenta um cronograma utilizado para fabricação de um componente.

Figura 47 - Cronograma de fabricação



Fonte: adaptado de Vargas (2007)

Através do presente estudo a abordagem seis sigma é relativamente simples, porém a mesma requer um trabalho árduo de toda equipe, no qual todos os membros devem estar comprometidos com as metas estimuladas e a estratégia do negócio para que possa colher bons resultados. De acordo com Pyzdek (2003) as pesquisas tem demonstrado que as empresas que conseguem implementar a metodologia seis sigma com sucesso, tem alcançado melhor desempenho em todos os indicadores de sucesso do negócio, como por exemplo aumento nas vendas, retorno sobre o investimento, crescimento de empregos e aumento no valor das ações.

4 LEAN SEIS SIGMA (LSS)

De acordo com Bossert (2003) a integração das metodologias de melhoria contínua *lean manufacturing* e seis sigma iniciaram por volta da década de 90, quando as empresas começaram a identificar similaridades entre as metodologias.

Segundo Bentley e Davis (2010) a metodologia LSS é uma combinação de métodos históricos para melhoria de processos com foco na linha de fundo e exigências críticas para o cliente. Os autores tratam a metodologia LSS como uma metodologia voltada para melhoria do negócio que foca tanto no interesse da organização, quanto na necessidade dos clientes.

Para George (2003) a fusão da metodologia LSS é necessária porque o seis sigma sozinho não pode melhorar drasticamente a velocidade dos processos e nem reduzir o capital investido e o *lean* não consegue solucionar os problemas de variabilidade dos processos.

Werkema (2014) saliente que tanto *lean* quanto seis sigma possuem ferramentas que podem ser utilizadas por ambas durante a implantação de projetos de melhoria LSS. A Figura 48 apresenta as ferramentas que são adotadas especificamente por cada metodologia e também as que podem ser utilizadas por ambas.

Figura 48 - Ferramentas LSS



Fonte: próprio autor

De acordo com Queiroz (2007) a integração entre *lean* e seis sigma requer envolvimento da liderança de mais alto escalão dentro da organização, no qual a mesma deve estabelecer os objetivos estratégicos, através da elaboração de um programa de melhoria continua que deverá ser comandado por uma equipe multidisciplinar que promovera a mudança da cultura organizacional. O autor menciona os pontos fortes de cada metodologia que são descritos a seguir.

Pontos Fortes *Lean*

1° A metodologia *lean* possui tendência para solução imediata de problemas de escopo estrito e de baixa complexidade, por meio de eventos *kaizen*;

2° A metodologia *lean* conta com a utilização de técnicas e ferramentas simples para análise de dados durante os eventos *kaizen*;

3° A metodologia *lean* busca reduzir o lead time e o tempo de trabalho dos processos;

4° Ênfase na maximização da velocidade dos processos industriais;

5° a metodologia *lean* conta com a seleção de projetos estratégicos identificados pelo mapeamento do fluxo de valor e também projetos de interesse exclusivo para algumas áreas da empresa.

Pontos Fortes Seis Sigma

1° A metodologia seis sigma emprega métodos estruturados para o alcance de metas DMAIC e DMAVD;

2° O seis sigma utiliza técnicas e ferramentas estatísticas, para análise de dados que auxiliem na solução de problemas complexos;

3° A metodologia seis sigma busca a redução da variabilidade dos processos industriais;

4° O seis sigma enfatiza a redução de custos e de defeitos definidos por cliente;

5° Seleção de projetos associados as metas estratégicas da empresa;

6° A metodologia seis sigma foca na melhoria de produtos e processos;

7° Mensuração direta do retorno financeiro gerado pelo programa de melhoria;

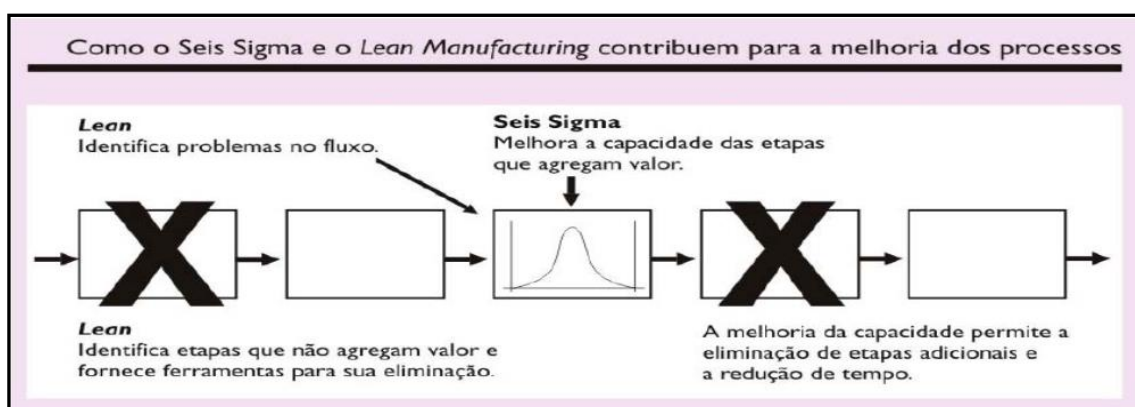
8° Elevada dedicação dos especialistas na solução de problemas;

9° Envolvimento de todas as pessoas da empresa envolvidas no processo de mudança;

10º Processos de treinamentos, contratação, promoção, reconhecimento e recompensa refletindo e incentivando a consolidação da cultura seis sigma.

Werkema (2014) apresenta a forma como cada uma das estratégias pode ser aplicada, enfatizando o papel do *lean* na eliminação dos desperdícios e etapas que não agregam valor para o cliente e o papel do seis sigma na melhoria da capacidade das etapas que agregam valor. A Figura 49 demonstra como o LSS contribuem para a melhoria dos processos.

Figura 49 - Contribuição da metodologia LSS



Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

Na literatura que se discute sobre o processo de integração entre as metodologias lean e seis sigma, observa-se que ambas buscam contemplar as principais ações administrativas que devem ser realizadas para que a integração seja eficiente. As ações administrativas a serem realizadas são descritas a seguir:

I – Organização:

De acordo com George (2002) para se promover e conduzir o desenvolvimento de melhorias e apoiar sua implantação é necessário definir a infraestrutura que será constituída por *Master Black belts*, *black belts* e *Green belts*. Definindo os papéis da equipe multidisciplinar se torna muito mais fácil à condução de projetos de melhoria LSS.

II – Direcionamento:

De acordo com Snee (2010) a liderança é o fator chave para que a integração do LSS seja eficiente, a abordagem unificada LSS em si busca melhorias de processos, porém não assegura a eficácia dos planos de ação. Por isso é necessário criar mecanismos adequados para alinhar criteriosamente a seleção dos projetos com os objetivos estratégicos da organização.

III – Ambiente:

Segundo Dahlgaard e Dahlgaard – Park (2006) é necessário cultivar um ambiente para melhoria contínua que contemple as duas metodologias, para que não haja formação de duas subculturas de melhoria dentro da mesma organização. George (2002) sugere a construção de uma visão corporativa para LSS que valorize igualmente ambas as metodologias de melhoria contínua. Essa visão irá promover um ambiente construtivo que trará resultados que seriam mais difíceis de alcançar somente por meio de uma delas.

IV – Método de melhoria:

Segundo Snee (2010) a natureza dos problemas que afetam os processos é muito variável, essa questão faz com que a escolha do método de melhoria seja uma decisão contingente das características de cada problema focado. Quando as soluções são relativamente simples e não necessitam de muitos esforços pode se realizar eventos *kaizen* para promover a busca de soluções e melhoria dos processos. Porém quando a natureza dos problemas é mais complexa e desafiadora sem solução evidente, tende-se a aplicar ferramentas de análise seis sigma.

5 A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA LSS NAS EMPRESAS.

Esta seção irá apresentar trabalhos que trataram da implantação da metodologia LSS em empresas de grande porte e também trabalhos que focaram nas empresas de pequeno e médio porte.

5.1 Implantação da Metodologia LSS em grandes empresas (Casos)

Conforme já mencionado muitos pesquisadores tem discutido sobre a implementação da metodologia LSS em diversos países do mundo com foco nas grandes empresas.

Panat et al. (2014) relatam em sua pesquisa a implantação da metodologia LSS na empresa Intel. Os autores demonstram a implantação do projeto de melhoria LSS no departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Intel. Para a implementação da metodologia LSS na empresa estudada utilizou-se como base o método DMAIC integrando ferramentas *lean* e seis sigma. Na fase de definição a equipe de projeto utilizou a ferramenta CTQ para levantar o que seria crítico para qualidade segundo a visão de seus clientes. Nesta etapa começou com as perguntas do processo para reunir informações sobre as expectativas de seus clientes em relação aos produtos e serviços que a empresa estava oferecendo. As etapas dos processos que não necessitavam de maiores investigações por parte da equipe técnica foram direcionadas para eliminação definitiva do tempo improdutivo. Nessa etapa a equipe de projeto começou a definir o fluxo de processo, diante disso houve a necessidade de mapear o processo a ser melhorado. Para mapear o processo a equipe de projeto utilizou a ferramenta SIPOC, que permitiu visualizar as entradas, os envolvidos no processo de fabricação e as saídas do processo. Nas fases de medição e análise foram levantados os tempos ativos no processo e os tempos ociosos. Os tempos ociosos foram quantificados com intuito de reduzir a variabilidade do mesmo. A equipe então discutiu e categorizou cada uma das etapas do processo em "valor agregado", "valor não agregado, mas necessário" e "valor não agregado". As etapas com a pontuação mais alta foram direcionadas para as ações de melhoria. A medida do tempo necessário para cada um desses processos é uma informação confidencial da Intel, no entanto, os autores forneceram o tempo relativo gasto para cada um dos processos como uma medida de unidade de tempo. A quantificação dos tempos ociosos em cada etapa foram demonstrados através do diagrama de causa e efeito. Posteriormente foi utilizado pela equipe de projeto a ferramenta FMEA que permitiu detectar em que parte do processo deve-se priorizar as melhorias. Através da ferramenta *Brainstorming* foi possível detectar caminhos para a solução dos problemas identificados na fase de análise. Na fase de

melhoria foi criado um tempo de espera versus o tempo necessário para a mudança com base no mapa de processo criado. As ações corretivas foram planejadas para tornar o processo simples, reduzir o tempo ocioso, os desperdícios e controlar melhor a variabilidade do produto. Na fase de controle foram realizados diversos treinamentos com a equipe de P & D para reforçar as mudanças. Para facilitar a eliminação do tempo ocioso foram criados *softwares* para integrar as ações corretivas. Os proprietários da área funcional foram designados para garantir uma implementação suave e uma resposta rápida no caso dos sistemas estarem desativados. Tais controles fizeram as mudanças permanentes, não requerendo a colagem humana para continuar sua execução. Os resultados da implementação do LSS em termos de pontuação de qualidade para a equipe técnica foram monitorados continuamente através da folha de acompanhamento da qualidade. A Figura 50 apresenta a estrutura utilizada para implantação do projeto de melhoria LSS na empresa Intel.

Figura 50 - Estrutura DMAIC utilizado pela Intel

Lean Seis Sigma	Princípio Um: Observar diretamente o trabalho como ativadores, conexões e fluxo	Princípio Dois: Eliminação sistemática de resíduos	Princípio Três: Estabelecer alta concordância	Princípio Quatro: Solução sistemática de problemas	Princípio Cinco: Criar uma Organização de Aprendizagem
DEFINIR (D)	Fluxo de processo	SIPOC / VOZ DO CLIENTE (VOC)	Termo de abertura, Pareto	Pareto de vários níveis	
MEDIÇÃO (M)	Mapa de processo, Definições Operacionais	Mapa de processo, 5 porquês Avaliação de valor agregado	Diagrama de causa e Efeito	MSA, Capabilidade do Processo	Gerenciamento de Processos de Negócios
ANÁLISE (A)	Integridade de dados e Multi variação	Teste de Hipóteses	Diagrama de causa e efeito Estabilidade	FMEA Análise de Regressão	Revisão do projeto
MELHORIA (I)	Atualização do mapa de processo	Escolha do solução	Escolha do solução	DOE, TRIZ / ASIT	Aprender, Aplicar e Refletir
CONTROLE (C)	Solução Piloto	Gráfico de Controle Plano de ação	Plano de Controle	Sustentação da Solução	

Fonte: Adaptado de Panat et al. (2014)

Os autores concluíram que as melhorias simples e rápidas por meio de observações diretas podem melhorar consideravelmente os processos de negócios. Tais resultados foram alcançados no ambiente de P & D de micro e nano-fabricação. O tempo liberado por essas melhorias foi útil para os engenheiros de P & D pensarem em novos problemas de pesquisa. Os autores relatam que a implantação do projeto de melhoria LSS resultou em uma melhora na eficiência, isto é, uma redução de 60 por cento no tempo ocioso e no desperdício, juntamente com a redução da variação do processo empresarial. Os resultados também mostraram um aumento na satisfação das partes interessadas sem comprometer o rigor técnico do controle de configuração de fabricação.

Outro caso que merece destaque é o relatado por Akbulut-Baley, Motwani e Smedley (2012) sobre a implantação da metodologia LSS em uma grande empresa aeroespacial denominada Johnson Technology Inc. Inicialmente os autores mencionam que a empresa implementou a metodologia *lean* com intuito de melhorar a sua posição competitiva no mercado. Anos mais tarde a mesma é comprada pela GE e a partir daí começa a integrar as metodologias *lean* e seis sigma, com o objetivo de melhorar a qualidade de seus produtos e serviços. A decisão de se implementar LSS na empresa Johnson partiu da alta administração como parte do plano estratégico. Esta questão facilitou a implantação em função do acesso aos recursos necessário e aprovação dos mesmos. A implantação da metodologia LSS na empresa foi conduzida através do método DMAIC. As etapas do método DMAIC seguem resumidas a seguir.

- Definição: A empresa definiu metas de melhoria de processos que foram consistentes com as demandas dos clientes e com a estratégia da empresa.
- Medição: A companhia mediu os processos atuais, ao mesmo tempo que coleta informações aplicáveis para comparação futura.
- Análise: A companhia analisou e verificou relação e causalidade de fatores pertinentes à situação.
- Melhoria: A companhia melhorou e otimizou os processos com base na informação obtida ao utilizar técnicas como o projeto de experimentos.
- Controle: A companhia utilizou controles para garantir continuamente que quaisquer variações serão detectadas e corrigidas antes que causem quaisquer defeitos. Eles realizaram testes piloto para estabelecer a capacidade do processo e para garantir uma

transição suave para a produção, enquanto continuamente medindo os processos e implementando quaisquer mecanismos de controle necessários.

Junto ao método DMAIC foram integradas algumas ferramentas tais como:

- Fluxo de uma peça: a Companhia utilizou esta estratégia para equilibrar as linhas de operação de acordo com os tempos observados, ao mesmo tempo em que rearranjava as estações de trabalho para que apenas uma peça fosse trabalhada em cada operação. A Companhia utilizou um layout em forma de 'U' em sua linha de fluxo.
- Trabalho padrão: A Companhia utilizou esta estratégia que envolve o estabelecimento de uma sequência de trabalho padrão, medindo o tempo de ciclo e calculando o *takt time* para a sequência de trabalho. A Companhia comparou o tempo de ciclo com o *takt time* e usou esses dados para configurar um processo de trabalho padrão.
- *Kanban*: A Companhia utiliza um sistema de puxar completo. As peças são puxadas e enviadas aos clientes de acordo com suas necessidades. Isso cria a necessidade de mais peças a serem fabricadas. Os detalhes para peças são puxados e usados, o que faz com que os detalhes sejam reabastecidos.
- *Jidoka*: A Empresa utiliza vários equipamentos que são projetados para evitar que peças com defeito sejam carregadas e usadas. Eles usam várias ajudas visuais, tais como, folhas de inatividade, luzes *Andon*, e bandeiras para se certificar de que o estado de produção é visível para os associados.

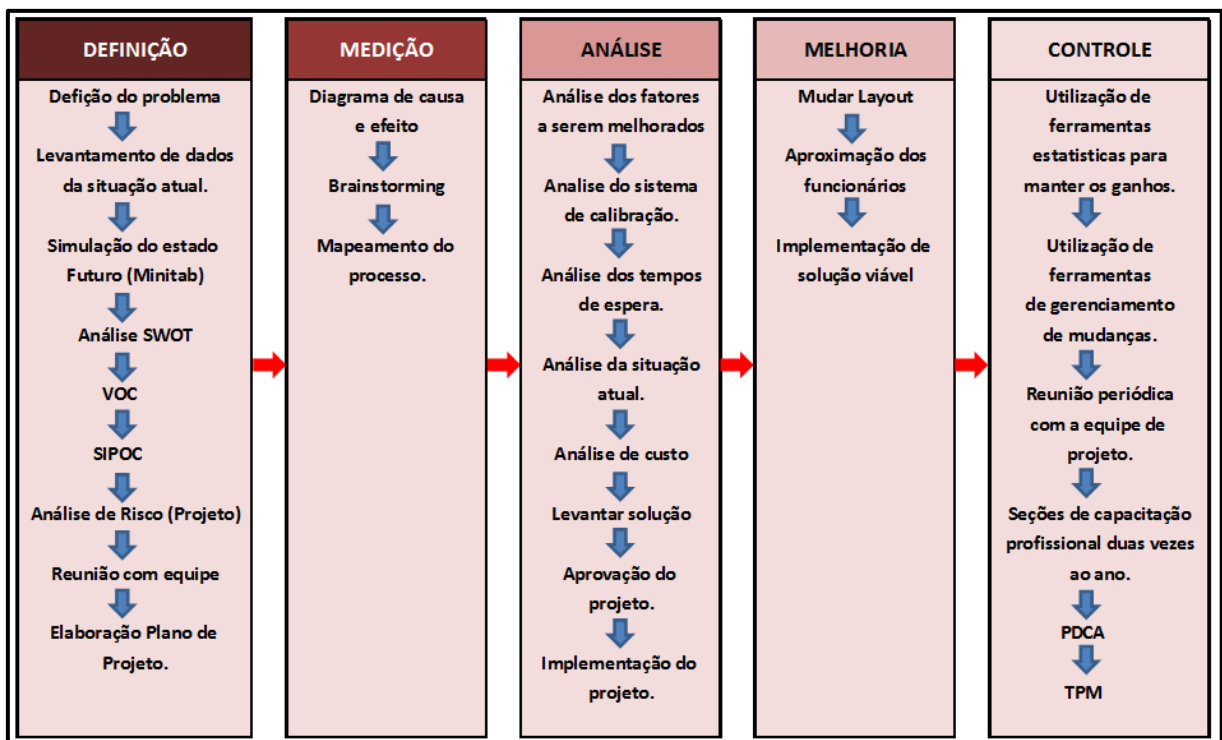
Os autores demonstram que a implantação da metodologia LSS na empresa Johnson Technology Inc já faz 12 anos e a mesma proporcionou uma grande melhoria em relação a produtividade e a qualidade de seus produtos e serviços. Os mesmos citam que para que a implantação da metodologia LSS seja bem sucedida requer planejamento, esforço, flexibilidade e paciência.

Uma outra grande empresa que teve seu caso de implantação do LSS pesquisado foi a Ericson, em sua planta na cidade de Boraços, na Suécia, relatado por Anderson et al. (2014). A empresa Ericson é considerada uma das principais fabricantes de equipamentos de telecomunicações e a mesma utiliza como processo de melhoria global e padrão o método DMAIC. A empresa tinha dificuldades em cumprir o prazo de entrega, em virtude da grande demanda. Por esta razão eles resolveram experimentar a metodologia LSS com intuito de

solucionar esse problema. Dados empíricos foram coletados durante o ano de 2002, através de entrevistas em profundidade, semiestruturadas e no local com funcionários que trabalham nos processos. A empresa tinha 3 *Black Belts* sendo que um era o gerente e os outros dois eram funcionários treinados e capacitados para implantação de projetos de melhoria LSS em todas as áreas produtivas da empresa. Um dos entrevistados foi o responsável pela implantação do seis sigma em todo o grupo Ericsson.

Como os resultados da metodologia Seis Sigma no grupo Ericsson foram satisfatórios, a diretoria resolveu implantar a metodologia *lean* integrada ao Seis Sigma. Para a escolha do projeto de melhoria foram utilizadas ferramentas estatísticas e o método SMART. Os passos adotados durante a implantação da metodologia LSS na empresa estudada está resumido na Figura 51.

Figura 51 - Estrutura DMAIC utilizado pela empresa Ericsson



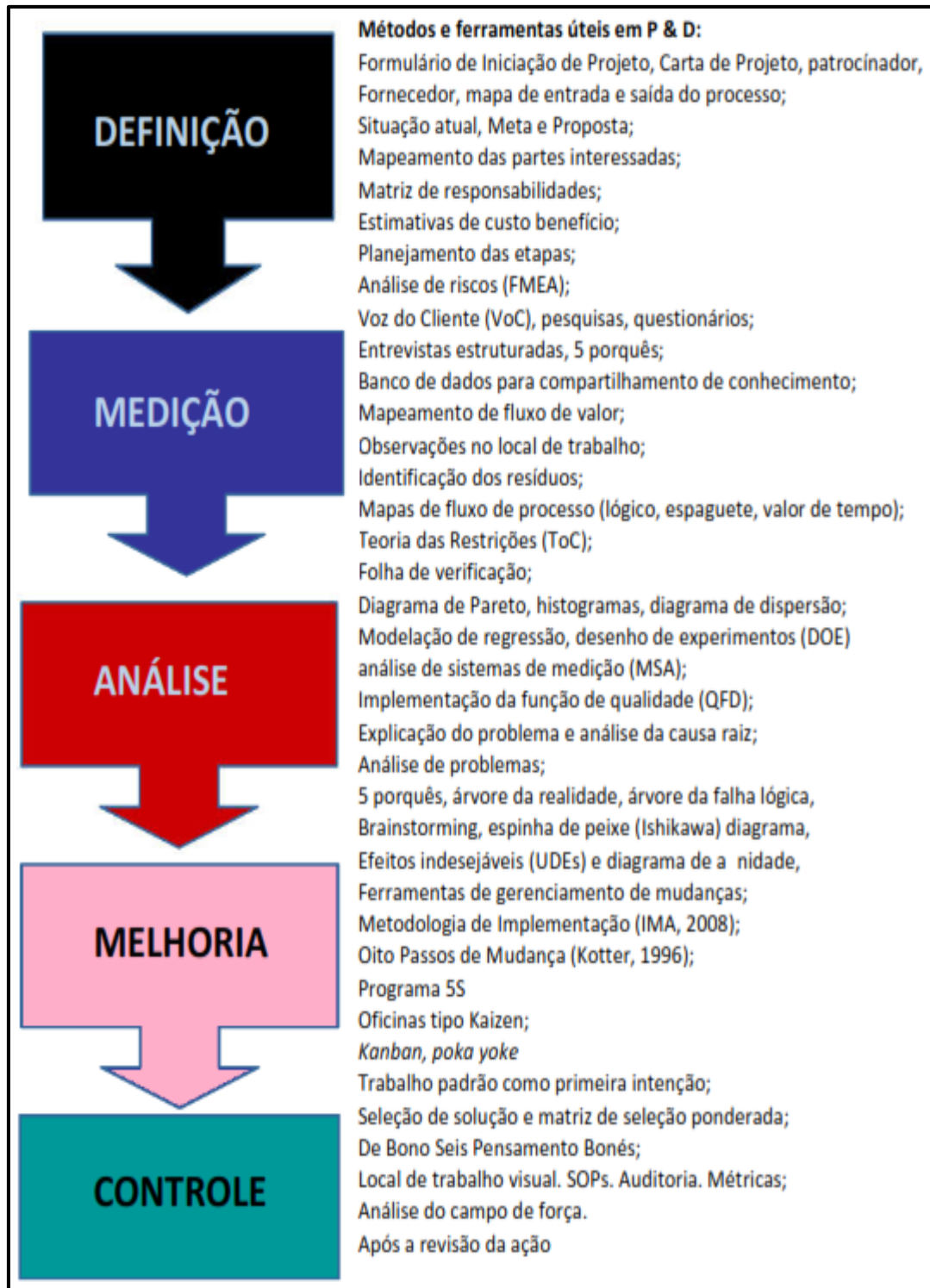
Fonte: Adaptado de Anderson et al. (2014)

A Figura 51 apresenta o modelo utilizado para implantação da metodologia LSS na empresa do grupo Ericsson, assim como todas as ações tomadas durante o processo de implantação do projeto de melhoria LSS na empresa. Pode-se observar o uso de várias técnicas e ferramentas *lean* e também ferramentas Seis Sigma e análise estatística. Os autores relatam ao final da implantação diversos ganhos de produtividade principalmente no que se

refere a agilidade de produção e atendimento ao prazo de entrega. Tais melhorias foram tão significativas que o Grupo Ericsson resolveu implementar novos projetos em outras unidades não instaladas na Suécia. Os autores relatam que os resultados após a implantação da metodologia LSS nessas unidades foram semelhantes, porém a aplicação seguiu de forma mais estratégica. Para os autores o modelo proposto em seu trabalho de implantação LSS é destinado as grandes empresas. Os autores acreditam que empresas de pequeno e médio porte poderiam não conseguir os mesmos resultados alcançados pelas grandes empresas, necessitando de mais investigações nesses portes de organização.

Um outro exemplo de implantação da metodologia *lean* seis sigma em uma grande empresa, foi o investigado por Carleysmith, Dufton e Altria (2009) na empresa farmacêutica GSK. Os autores relatam que um dos principais problemas na empresa investigada era que os cientistas demoravam muito tempo para inovar seus produtos e por se tratar de uma indústria farmacêutica a mudança é algo que deve acontecer constantemente para que a mesma continue competitiva no mercado. Segundo os autores essa empresa é a segunda maior empresa farmacêutica do mundo, e relataram suas experiências de aplicação LSS dentro do departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da organização. A Figura 52 apresenta o método e as principais ferramentas utilizadas para implantação do projeto de melhoria LSS na GSK Farmacêutica.

Figura 52 - Estrutura do método DMAIC GSK Farmacêutica



Fonte: Adaptado de Carleysmith, Dufton e Altria (2009)

Os autores relatam que a efetividade da implantação da metodologia LSS foi alcançada devido ao respeito a sequência de procedimentos que estão explicitados a seguir na forma de 10 passos:

- 1) Coletar dados daquilo que há necessidade de mudança;
- 2) Assegurar um excelente patrocínio e uma boa comunicação com as pessoas envolvidas no processo de melhoria;
- 3) Alocar pessoal de tempo integral para apoiar a implementação;
- 4) Coordenar a implementação com treinamento consistente, documentação e '*Branding*'.
- 5) Informar, envolver ou treinar todos os funcionários sobre o programa de melhoria e incorporar métodos *Lean Sigma* e ferramentas.
- 6) Concentrar-se em primeiro lugar na redução da burocracia e tarefas rotineiras repetitivas, e fase da implementação com base nos êxitos.
- 7) Apoiar a experimentação, reduzindo a variação indesejada de insumos e processos;
- 8) Assegurar que os mecanismos de "sustentação" sejam construídos para manter os benefícios;
- 9) Mudar a cultura por várias comunicações, envolvimento do pessoal, recompensas e reconhecimento;
- 10) Usar e mostrar o valor das ferramentas *Lean Sigma*, sempre que possível, para apoiar o desenvolvimento de produtos, mesmo que não faça parte de um projeto formal de melhoria "DMAIC".

Os autores concluem que os cientistas conseguiram reduzir o tempo de inovação, conseqüentemente aumentaram a velocidade de desenvolvimento. Outro benefício que a metodologia trouxe foi a melhora no trabalho em equipe e gestão do conhecimento, além de melhorar todos os aspectos rotineiros.

Outro caso que vale a pena ser apresentado é o de uma grande empresa do segmento de serviços que opera no setor de *leasing* e aluguel de veículos, atendendo tanto o público geral (varejo) quanto empresas, em 145 países, e possui 22.000 funcionários e 8.000 locais. Este caso relatado por Laureani, Antony e Douglas (2010) descreve a implantação da metodologia LSS na empresa, cujo centro de atendimento na Europa á época, estava recebendo uma média de 10.000 chamadas por mês de clientes relatando problemas com o nível de serviço prestado ou com o processo de faturamento.

Os autores relatam que a empresa dá muita importância ao nível de serviço prestado aos seus clientes e sua estratégia de negócio é oferecer serviços de maior qualidade e menor preço. A qualidade do atendimento ao cliente é um componente crítico da estratégia da empresa: o número de chamadas recebidas e as questões mais frequentes relatadas pelos clientes foram continuamente analisadas. O número de contatos recebidos de seus clientes totalizou cerca de 100.000 transações telefônicas, que representa 2% do total de contatos recebidos anualmente que é de cinco milhões. O objetivo específico do *call center* era resolver os problemas dos clientes em sua primeira chamada de maneira rápida e eficiente. Os autores relatam que cerca de 1.200.000 chamadas não eram resolvidas em um único atendimento anualmente. Esse era considerado um dos principais problemas que levava a insatisfação dos clientes e a repetição desnecessária do trabalho no centro de atendimento. O objetivo do projeto de melhoria LSS era aumentar a taxa de resolução de primeira chamada. A condução do projeto de melhoria LSS na empresa foi realizado pelo método DMAIC, o qual em cada fase do método integrou-se técnicas e ferramentas *lean* e seis sigma para resolução dos problemas levantados. Os autores descrevem que na fase de definição inicialmente foi criada uma equipe multifuncional liderada por um *Black Belt*. Essa equipe tinha o objetivo de aumentar a proporção de resolução de problemas em sua primeira chamada. A equipe delineou o projeto, identificando quais áreas específicas do *call center* e serviços em que eles iriam se concentrar. Para identificar as entradas e saídas do processo foram utilizados pela equipe de projeto a ferramenta SIPOC e mapa de processo. Através da ferramenta mapa de processo a equipe multifuncional identificou quatro tipos de desperdícios que eram em relação ao movimento desnecessário dos operados no *call center*, à espera dos clientes ocasionadas quando um operador não conseguia solucionar os problemas imediatamente, a superprodução foi outro fator encontrado que estava relacionada ao atendimento de outros operadores em assuntos que não podiam ser tratados por telefone e por último o defeito que vinha de encontro as consultas realizadas pelos clientes que não eram resolvidas em seu primeiro contato. Para concluir a fase de definição, foi desenvolvida e acordada a definição operacional de resolução de chamada pela primeira vez com as principais partes interessadas. Uma chamada foi considerada não resolvida se no final do caso ainda estiver em aberto no sistema de gestão de relacionamento com o cliente ou quando escalada ou transferida para outro departamento. Na fase de medição a equipe do projeto estabeleceu as principais métricas para o processo e calculou o DPMO do processo no início do projeto. A Tabela 1 apresenta os valores encontrados.

Tabela 1 - Cálculo DPMO inicial

Cálculos de valor DPMO no início do projeto	
Número total de chamadas recebidas	91,134
Consultas não resolvidas após a primeira chamada	10,769
Porcentagem total de chamadas não resolvidas	11.82
DPMO	118,167

Fonte: Laureani, Antony e Douglas (2010)

Na fase de análise a equipe multifuncional analisou os dados através do diagrama de Pareto e teste de hipóteses. Os testes não mostraram nenhuma relação entre o número de chamadas não resolvidas pela primeira vez e os operadores do *call center*. Em outras palavras não houve diferença estatisticamente significativa no número de chamadas não atendidas de primeira vez entre mais operadores experientes e menos experientes. Como resultado, o foco foi eliminar as consultas que não eram resolvidas em uma única chamada. Na fase de melhoria foram identificados pela equipe de projeto LSS algumas ações de melhoria através das seções de *brainstorming*. Todas as ações foram previamente testadas através de um teste piloto, numa subseção do *call center*. Foram recolhidos dados adicionais do teste piloto para quantificar os efeitos das ações de melhoria. Os resultados alcançados estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo DPMO após ações de melhorias

Cálculos de valor DPMO após as ações de melhoria	
Número total de chamadas recebidas	27,385
Consultas não resolvidas após a primeira chamada	2,315
Porcentagem total de chamadas não resolvidas	8.45
DPMO	84,535

Fonte: Laureani, Antony e Douglas (2010)

Com base nos resultados do teste piloto as ações de melhoria reduziram a percentagem de chamadas não resolvidas pela primeira vez de 11,82 % para 8,45%. Isso foi considerado satisfatório e as ações de melhoria foram lançadas para todo o *call center*. Na fase de controle a equipe de projeto LSS documentou as ações de melhoria implementadas em um plano de

controle, que foram entregues ao proprietário do processo para garantir a sustentabilidade do processo.

A diminuição de 3% nas consultas não resolvidas após o primeiro contato resultou em 36.000 chamadas a menos para o *call center* em uma base anual (36.000 = 3 por cento de 1.200.000, como este era o número de chamadas esperadas para ser tratado anualmente).

Isto liberou uma certa quantidade de recursos, tanto em termos de pessoal como de equipamento de telecomunicações, cujo valor foi estimado em cerca de 200.000 dólares por ano. Os autores concluem que a metodologia LSS pode ser utilizada até mesmo no setor de serviços e que o presente estudo utilizou algumas ferramentas LSS e ao mesmo tempo omitiu algumas ferramentas importantes como por exemplo: análise de *stakeholders* e análise do sistema de medição. Entretanto ao concentrar-se na eliminação de resíduos, na identificação das atividades de valor não agregado e na utilização das ferramentas DMAIC para a resolução de problemas, é possível obter melhorias significativas nos custos e níveis de serviço ao cliente prestados.

A presente revisão bibliográfica sobre a implantação da metodologia LSS em grandes empresas buscou demonstrar o padrão de implantação da metodologia em estudo nesses portes de organização. Através da revisão pode-se notar que nos casos investigados o método adotado para implantação LSS foi o DMAIC com integração de diversas ferramentas *lean* e seis sigma. Tais ferramentas foram utilizadas conforme o objetivo dos projetos de melhoria em cada organização, porém notou-se grande participação de ferramentas estatísticas nas etapas de implantação. A participação da alta direção em todos os processos de decisão e atuação e colaboração dos funcionários durante a implantação dos projetos de melhoria, foram fatores chaves para o sucesso da implantação do projeto de melhoria nas organizações estudadas. A Figura 53 apresenta de forma resumida o método de implantação adotado em cada trabalho investigado, junto com suas respectivas técnicas e ferramentas que foram adotadas durante o processo de implantação.

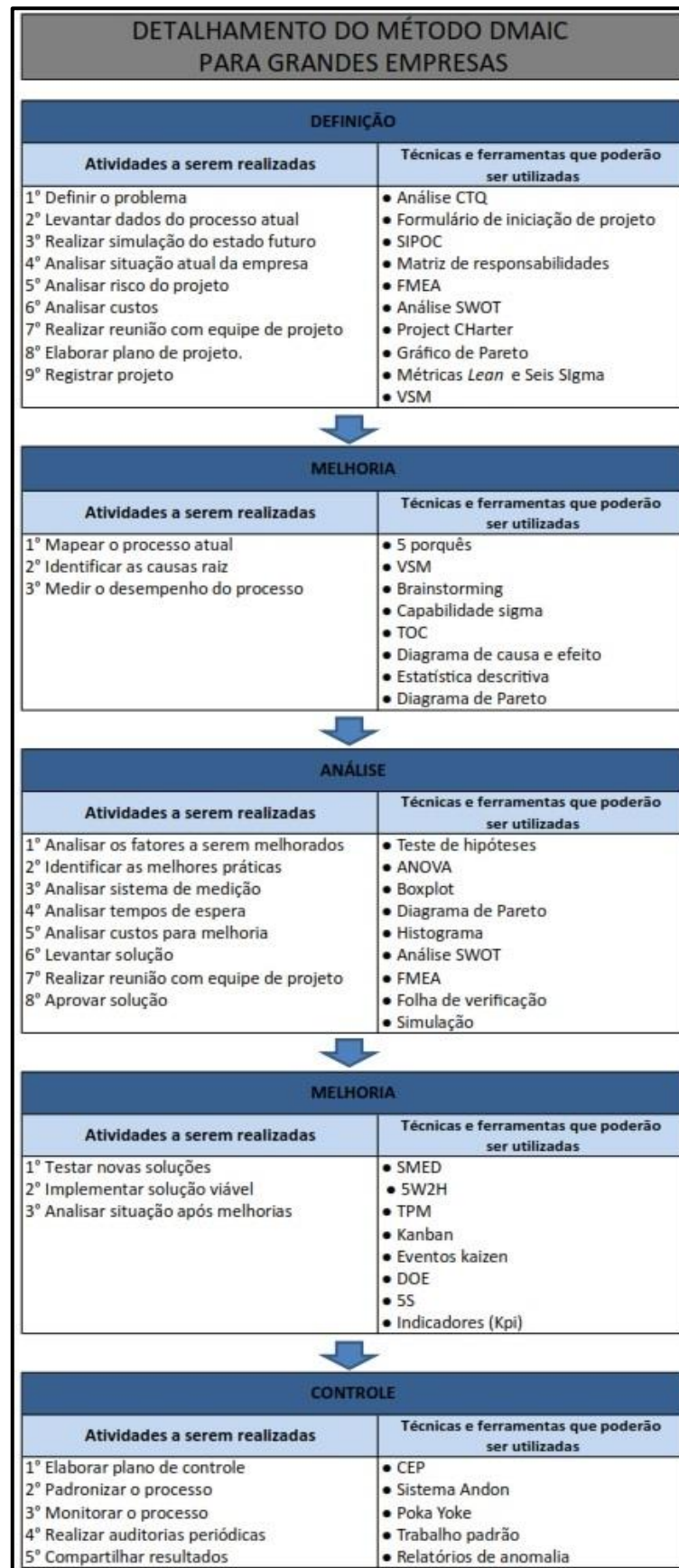
Figura 53 - Métodos utilizados para implantação LSS nos trabalhos investigados em grandes empresas

Trabalhos Investigados (ano)	Panat et al. (2014)	Akbulut-Baley, Motwani e Smedley (2012)	Andersson et al. (2014)	Carleysmith, Dufton e Altria (2009)	Laureani, Antony e Douglas (2010)
Modelo utilizado para implantação.	DMAIC	DMAIC	DMAIC	DMAIC	DMAIC
Técnicas e ferramentas utilizadas em cada etapa	<p>Definição: VOC, Fluxo do processo, Project Charter, Pareto.</p> <p>Medição: Mapeamento do processo, definições operacionais, 5 porquês, avaliação de valor agregado, diagrama de causa e efeito e cálculo de capacidade.</p> <p>Análise: Integridade de dados e multi-variação, teste de hipótese, diagrama de causa e efeito, FMEA e análise de regressão.</p> <p>Melhoria: Atualização do mapa de processo, DOE, TRIZ e ASIT.</p> <p>Controle: Teste piloto, gráfico de controle, plano de ação, plano de controle.</p>	<p>Definição: Levantamento de dados, definição de metas de melhoria e registro Project Charter.</p> <p>Medição: Medição do processo atual, coleta de dados.</p> <p>Análise: Diagrama de causa e efeito.</p> <p>Melhoria: DOE, Fluxo de uma peça, trabalho padrão, Kanban e Jidoka.</p> <p>Controle: Teste piloto, gráfico de controle.</p>	<p>Definição: Coleta de dados, entrevistas, simulação, análise SWOT, VOC, análise de risco de projeto, elaboração de plano de projeto.</p> <p>Medição: Mapeamento do processo, diagrama de causa e efeito e brainstorming.</p> <p>Análise: Análise de custo.</p> <p>Melhoria: mudança de layout.</p> <p>Controle: utilização de ferramentas estatísticas, PDCA e TPM.</p>	<p>Definição: Formulário de iniciação do projeto, Project Charter, SIPOC, mapeamento do processo atual, Matriz de responsabilidades, análise de risco e VOC.</p> <p>Medição: Entrevistas, 5 porquês, VSM, mapa de processo, teoria das restrições e folha de verificação.</p> <p>Análise: Diagrama de causa e efeito, histograma, diagrama de dispersão, DOE, análise de sistema de medição, 5 porquês, brainstorming e árvore de falhas.</p> <p>Melhoria: 5S, Kanban, oficinas kaizen, trabalho padrão.</p> <p>Controle: Auditorias métricas, análise de campo de força.</p>	<p>Definição: Levantamento de dados, SIPOC e mapa de processo.</p> <p>Medição: Cálculo de DPMO.</p> <p>Análise: Diagrama de pareto e teste de hipóteses, análise de stakeholders e análise do sistema de medição.</p> <p>Melhoria: Brainstorming e teste piloto.</p> <p>Controle: Plano de controle.</p>

Fonte: próprio autor

A partir da Figura 53 pode-se ter uma noção de como ocorre o processo de implantação da metodologia LSS em grandes empresas, as principais ferramentas que são adotadas em cada fase de implantação e o método que pode ser utilizado como base para implantação. Diante disso foi elaborado um modelo de implantação LSS para grandes empresas baseado nos trabalhos investigados. O modelo detalha as fases do método DMAIC, as atividades que devem ser realizadas durante a condução do projeto de melhoria e as ferramentas que podem ser adotadas em cada fase. A Figura 54 apresenta o modelo proposto para implantação LSS em grandes empresas.

Figura 54 - Método DMAIC para grandes empresas



Fonte: próprio autor

5.2 Implantação da metodologia LSS em empresas de pequeno e médio porte (Casos)

Neste tópico será discutido a implementação da metodologia LSS nas empresas de pequeno e médio porte. Como já mencionado as empresas de pequeno porte são de fundamental importância para a economia dos países. Embora essa questão esteja bem evidenciada na literatura há ainda poucos estudos voltados para a melhoria dos processos por meio dessa metodologia que geralmente se aplica as grandes empresas.

Muitos pesquisadores tem discutido sobre a implementação da metodologia LSS em diversos países do mundo, porém suas pesquisas focam empresas de grande porte (SNEE, 2010; HENDERSON; EVANS, 2000; HU et al., 2008; AKBULUT-BAILEY; MOTWANI; SMEDLEY, 2011; PICKRELL; LYONS; SHAVER, 2005; CARLEYSMITH; DUFTON; ALTRIA, 2009, ASSARLIND; GREMYR; BACKMAN, 2013).

Segundo Prasana e Vinodh (2013) as empresas de grande porte possuem características que facilitam a implantação do LSS, enquanto que as empresas de pequeno e médio porte sofrem com diversas barreiras e deficiências que muitas vezes as impedem de aplicar tais conhecimentos e obter os mesmos resultados que as grandes empresas. Os autores citam o compromisso da liderança, disponibilidade da força de trabalho, funcionários com maior qualificação profissional e apoio financeiro como características facilitadoras no processo de implementação.

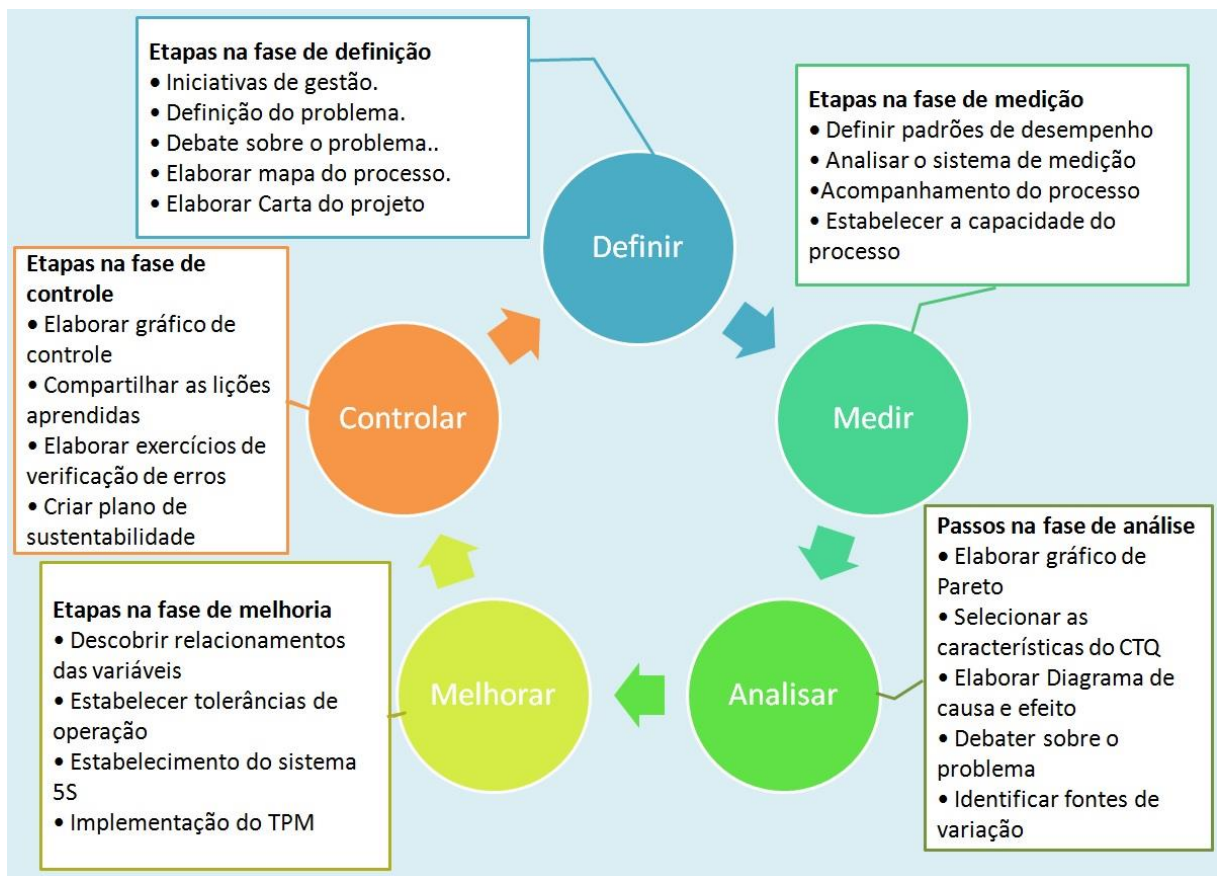
De modo geral pode-se observar que para que a implementação da metodologia LSS nas empresas de pequeno e médio porte seja efetiva há a necessidade de superar suas deficiências.

Os trabalhos de Kumar et al., (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Gnanaraj et al. (2012), Jie, Kamaruddin e Azid (2014), Jiménez e Amaya (2014) comprovam essa questão ao discutirem a implementação da metodologia LSS em empresas de pequeno e médio porte.

Kumar et al., (2006) apresentam a implementação da metodologia LSS em uma pequena fundição indiana especializada na fabricação de componentes para indústrias automobilísticas e fabricantes de máquinas têxteis. O modelo de implantação LSS desenvolvido pelos autores resultou após uma série de reuniões com a alta direção. Os autores estudaram todo o processo de fundição e encontraram-se com os funcionários trabalhando no chão de fábrica e perguntaram sobre os principais parâmetros associados a cada processo. Realizaram um levantamento dos documentos dos departamentos de produção

e qualidade para verificar a quantidade de produtos que eram fabricados diariamente e apresentavam defeitos e quais os principais tipos de defeitos. Isso ajudou a desenvolver o modelo para implantação da metodologia LSS no chão de fábrica. No modelo proposto, as ferramentas *lean* são utilizadas dentro da metodologia Seis Sigma (DMAIC) para resolução de problemas e redução de defeitos que ocorrem no produto final. A Figura 55 apresenta o modelo de implantação LSS utilizado pela empresa.

Figura 55 - Método DMAIC utilizado pela fundição de pequeno porte



Fonte: adaptado de Kumar et al. (2006)

Os autores relatam que após a implementação da metodologia LSS na empresa foi possível estabelecer melhores práticas e criar novos parâmetros de fabricação no qual se mostrou eficaz na redução de custos. Outro fator levantado foi a melhoria significativa no índice de defeitos por unidade (DPU), no qual ocasionou uma economia de aproximadamente \$ 140.000,00 por ano. Como limitação da pesquisa os autores citam a falta de padrões para implementação da metodologia LSS em outros cenários e também que não existe nenhuma

compreensão clara sobre o uso de técnicas e ferramentas no âmbito LSS, tendo assim uma necessidade de maiores investigações na área de estudo.

Outro caso que merece destaque é o relatado por Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) sobre a implementação da metodologia LSS em uma pequena empresa de engenharia especializada na fabricação de assentos para indústrias automotivas e aeroespaciais. A empresa em estudo contava com 15 colaboradores, e para a implantação do projeto de melhoria tornou-se necessário contratar os serviços de um consultor. Essa decisão se mostrou ineficaz, passando a contratar engenheiros de processos com intuito de criar competências internas para o desenvolvimento de novas melhorias em seus processos.

Segundo os autores, a implementação da metodologia exigiu investimentos em treinamentos seis sigma e em manufatura enxuta para os engenheiros recém-contratados, e seguiu as fases da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) e além de outras cinco que englobavam ferramentas da metodologia, como ilustrado na Figura 56.

Figura 56 - Fases adotadas para implantação da metodologia LSS na pequena empresa de engenharia

	FASES	REALIZADO
6 SIGMA	DEFINIÇÃO 1	Levantamento do problema através da árvore CTQ, verificação e análise através do Diagrama de Pareto.
	MEDIÇÃO 2	Teste com as espumas, elaboração de critérios de aceitação e gabarito para verificação real do problema.
	ANÁLISE 3	Um exercício de brainstorming com a equipe de projeto e detalhamento dos fatores potenciais através do Diagrama de causa e efeito.
	MELHORIA 4	Planejamento experimental (DOE), aplicação de ferramentas estatísticas e OEE para medir a eficiência global dos equipamentos.
	CONTROLE 6	Aplicação da ferramenta CEP para facilitar o acompanhamento e controle dos processos de fabricação.
LEAN	FASE 6	Implementação do programa 5S
	FASE 7	Aplicação da ferramenta Mapa de fluxo de valor
	FASE 8	Elaboração de um sistema para promover a eliminação dos desperdícios.
	FASE 9	Mudança no <i>layout</i> para melhoria dos processos.
	FASE 10	Capacitação dos operadores para incorporar a abordagem TPM nos locais de trabalho.

Fonte: Adaptado de Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009)

Os autores relatam que após o cumprimento das dez fases impostas na implementação, a empresa conseguiu alcançar uma melhoria de 99% no nível de qualidade do processo de fabricação das espumas para os assentos. Outros benefícios que foram levantados são listados abaixo:

- Redução de custos;
- Desenvolvimento de uma cultura voltado à melhoria contínua;
- Maior eficiência no prazo de entrega;
- Redução de problemas com manutenção de equipamentos;

Outro caso que vale a pena ser apresentado é o de Gnanarag et al. (2012) que foca na sensibilização das empresas de pequeno e médio porte para a implementação do LSS. Os autores apresentam um modelo para implantação da metodologia LSS destinados as pequenas empresas no qual denominam DOLADMAICS. A estruturação do DOLADMAICS é bem parecida com a tradicional metodologia DMAIC, porém adiciona-se três novas fases que seriam: superar as deficiências, ancorar a metodologia *lean* e estabilizar. O modelo DOLADMAICS é aplicado em uma indústria (SME-X) de pequeno porte indiana. A empresa em estudo possui 20 colaboradores e presta serviços na área de usinagem de componentes de ferro fundido pesado para empresas de grande porte. O processo de implementação LSS na empresa é muito parecido com o apresentado no trabalho de Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), porém os autores estruturam sua implementação no *project charter* em um primeiro nível da metodologia DOLADMAICS. A Figura 57 demonstra o termo de abertura do projeto *lean* seis estruturado a metodologia DOLADMAICS em um primeiro nível.

Figura 57 - Termo de Abertura

PROJECT CHARTER			
PRODUTOS, COMPONENTES E SERVIÇOS	"CYLINDER FRAME"	NOME DA UNIDADE DE NEGÓCIO	SME-X
MEMBRO ESPECIALISTA	Dr. S.R. Devadasan	Cliente do Produto	Empresas de Grande Porte
COORDENADOR	Sr. S. Michael Gnanaraj	Membros do Time	Sr. R. Karthikeyan
PATROCINADOR	Diretor Geral		Sr. C. Sashi Kumar
			Sr. R. Sathya Krishna
DATA DE INICIO	5 de Fevereiro de 2009	DATA DE FINALIZAÇÃO	22 de Abril de 2009
ELEMENTOS	DESCRIÇÃO		
Problema	Observação de subprodução, alta rejeição e elevado número de retrabalhos		
Objetivos	Reduzir o número de rejeição e retrabalhos com intuito de aumentar o nível Sigma		
Deficiências a serem superadas	Gestão de competências, falta de planejamento, treinamento inadequado transmitida aos empregados, a disponibilidade de fundos limitados e menos recursos humanos		
Ancoragem Lean	Evitar a sub utilização das pessoas e instalações, sob a produção, estoques e produção de produtos , defeituosos		
Escopo do Projeto	Otimização do processo de usinagem		
Benefícios para clientes externos	(1) Reduzir o tempo de entrega (2) Aumentar a qualidade no processo de usinagem "Cylinder Frames"		
Técnicas e ferramentas a serem empregadas	Modelo DOLADMAICS no Project Charter, check list, fórmula para calcular nível sigma, diagrama de causa e efeito, diagrama de matriz, fluxograma, escalas / fórmula para medir os níveis de resíduos, sigma e questionários.		
CRONOGRAMA	ATIVIDADES	INÍCIO DO PROJETO	5 de fevereiro de 2009
	Superação das deficiências	"DO" Conclusão	16 de fevereiro de 2009
	Ancoragem Lean	"LA" Conclusão	20 de Janeiro de 2009
	Definição	"D"Conclusão	25 de fevereiro de 2009
	Medição	"M"Conclusão	1 de Março de 2009
	Análise	"A"Conclusão	10 de Março de 2009
	Melhoria	"I"Conclusão	31 de Março de 2009
	Controle	"C"Conclusão	15 de Abril de 2009
	Estabilizar	"S"Conclusão	22 de Abril de 2009
Conclusão do Projeto		22 de Abril de 2009	

Fonte: adaptado de Gnanarag et al. (2012)

O termo de abertura informava as pessoas responsáveis pela implementação do projeto na empresa, além de seu problema, objetivo, deficiências a serem superadas, ancoragem da metodologia *lean*, escopo do projeto, benefícios que se pretendia alcançar e técnicas e ferramentas que seriam utilizadas. A Figura 58 resume o que foi realizado em cada fase da implementação.

Figura 58 - Execução do modelo DOLADMAICS

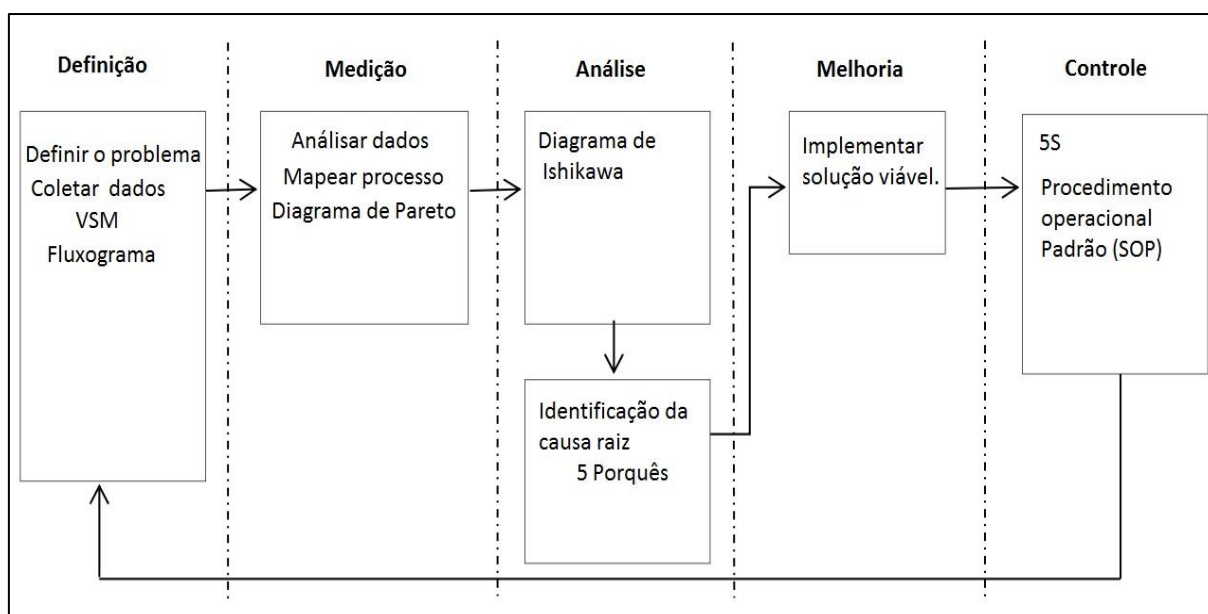
Deficiências a serem superadas no primeiro level	Má Gestão de Competências Falta de Planejamento Treinamentos inadequados passado aos funcionários Disponibilidade de recursos Recursos humanos limitados
	Eliminação da subutilização das pessoas e das instalações Superprodução Produção de produtos defeituosos Superprodução e subutilização de pessoas e de inventário
Primeiro level da Ancoragem Lean	
Primeiro level Fase de Definição	Objetivos: 1° Identificar o projeto 2° Definir o problema do projeto 3° Definir o escopo e capacidade do projeto em reduzir resíduos eliminação e aumentando o nível sigma de operações, benefícios para os clientes
	Entregas
	Técnicas e Ferramentas Preencher abertura do projeto DOLADMAICS que contém o escopo do projeto, objetivos, nome dos membros da equipe, e os marcos que indicam a redução, eliminação de desperdícios e aumento do nível sigma de operação. Modelo DOLADMAICS Project Charter e brainstorming
Primeiro level Fase de Medição	Objetivos: 1° Identificar os parâmetros críticos para a qualidade (CTQs) do produto ou serviço. 2° Identificar a escala para medir nove resíduos e nível sigma 3° Medir os nove resíduos e nível sigma usando as escalas
	Entregas Quantificar os valores dos nove resíduos e nível sigma.
	Técnicas e Ferramentas Brainstorming, folha de verificação, fórmulas para calcular o nível sigma.
Primeiro level Fase de Análise	Objetivos: 1° Identificar as causas do problema e os fatores que impactam sobre o CTQ 2° Identificação das causas raízes que causam alto nível de resíduos e baixo nível sigma com referência à CTQ
	Entregas Brainstorming, Diagrama de cause e efeito, Gráfico de barras e Diagrama de Pareto.
	Técnicas e Ferramentas Brainstorming, Diagrama de cause e efeito, Gráfico de barras e Diagrama de Pareto.
Primeiro level Fase de Melhoria	Objetivos: Gerar solução das causas identificadas na fase de análise, implementá-las para a redução, eliminando desperdícios e aumentando o nível sigma de operações
	Entregas 1° Colocar as soluções que contenham novas ideias, processos e procedimentos para o trabalhar afim de melhorar os CTQs identificados 2° demonstração comparativa contendo os valores quantificados dos níveis de nove resíduos e sigma antes e após a solução implementada
	Técnicas e Ferramentas Diagrama de Fluxo, Brainstorming, Gráfico de Barras, Diagrama Matriz
Primeiro level Fase de Controle	Objetivos: Assegurar a execução sem interrupção das soluções e criar disposição para reduzir ainda mais, eliminando desperdícios e aumentando o nível sigma.
	Entregas 1° Elaborar um procedimento que contém as etapas de implementação das soluções. 2° Elaborar uma lista de referência com escalas e fórmulas para medir os níveis de resíduos e sigma dinamicamente.
	Técnicas e Ferramentas Diagrama de Fluxo, Fluxograma, Check list, Fórmulas para medir o nível sigma.
Primeiro level Fase de Estabilizar	Objetivos: Sistematizar e manter atualizados os procedimentos de melhoria envolvidos nas fases anteriores
	Entregas (1) O sistema contendo procedimentos, formulários e instruções de trabalho para facilitar a implementação contínua de soluções que levem à redução, eliminação de desperdícios e melhoria do nível de sigma. (2) Os resultados das auditorias, indicando o nível de sustento da implementação de soluções melhoradas. (3) Relatório da aplicação Lean
	Técnicas e Ferramentas Check list, Questionários, escalas e fórmula para medir os níveis de desperdícios e sigma.

Fonte: adaptado de Gnanarag et al. (2012)

Os autores relatam que após a implementação da metodologia LSS através do método DOLADMAICS na empresa, a mesma elevou-se o nível sigma de 3σ para 4σ , alcançando uma redução de aproximadamente 40% no número de desperdícios.

Outro caso de implementação da metodologia LSS em organização de pequeno porte, foi o apresentado por Jie, Kamaruddin e Azid (2014) em uma empresa de impressão de etiquetas. A gerencia da empresa resolveu implementar a metodologia devido ao alto índice de desperdício que estava ocorrendo em sua fabricação, ocasionando um aumento de custo no produto final e atrasos na entrega dos mesmos. A implementação da metodologia LSS ocorreu da mesma forma que nos demais trabalhos apresentados, ou seja, a empresa utilizou-se a metodologia DMAIC e integrou ferramentas *lean*. A Figura 59 representa a estrutura adotada para implementação da metodologia LSS na empresa de impressão de etiquetas.

Figura 59 - Implementação DMAIC na empresa de Impressão



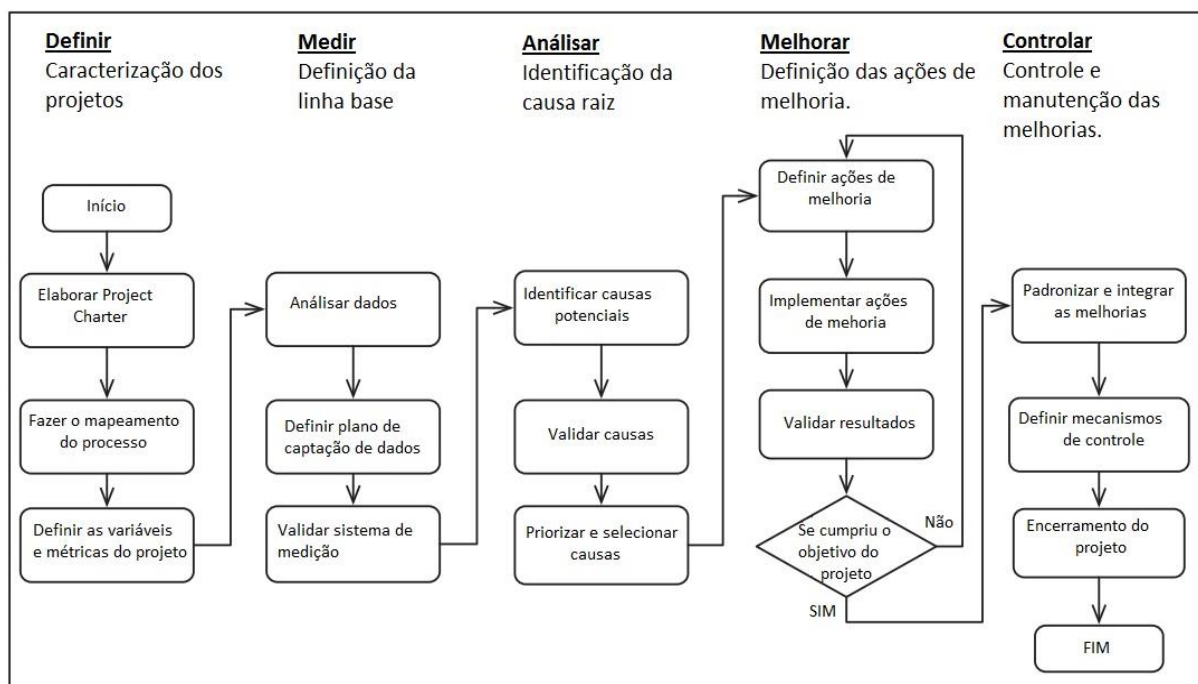
Fonte: adaptado de Jie, Kamaruddin e Azid (2014)

Os autores relatam que a implementação da metodologia LSS na empresa estudada foi relativamente simples. Na primeira fase a definição foi necessária coletar dados sobre o produto, capacidade de produção, capacidade dos equipamentos e do fluxo dos processos para detectar o problema principal. Na segunda fase a de medição foi enfatizado a análise dos dados que foram recolhidos na fase de definição, já na terceira fase a de análise foi utilizado a ferramenta diagrama de *Ishikawa* para detectar a causa raiz do problema e também a ferramenta 5 porquês. Em seguida na fase de melhoria buscou-se implementar medidas para

reduzir o tempo de localizar os materiais, melhorando sua identificação e também utilizou-se o conceito da ferramenta SMED para reduzir o tempo de *setup* e preparação das máquinas. Na fase de controle foi utilizado a ferramenta Procedimento Operacional Padrão (POP) e 5S para sustentar e manter as melhorias alcançadas. Os autores relatam que ao final da implantação a empresa conseguiu aumentar sua capacidade produtiva em 21,9% e reduzir os custos. A implementação da metodologia LSS na empresa estudada proporcionou a mesma uma abordagem sistemática e orientada na identificação de problemas, fornecendo conhecimento para elaborar soluções viáveis a diversos tipos de problemas inerentes a fabricação, além de criar métodos que sustentam os ganhos obtidos.

Já Jiménez e Amaya (2014) apresentaram o caso de implementação da metodologia LSS em uma empresa de pequeno porte do segmento moveleiro, especializada na fabricação de móveis de madeira. Para a implementação da metodologia na empresa estudada utilizou-se também a base da metodologia DMAIC integrando ferramentas *lean*, porém diferentes dos demais estudos, esse apresenta dois projetos que foram conduzidos pela empresa, sendo o primeiro reduzir o número de devolução de móveis por falhas diversas, tais como: defeitos em pintura, problema de secagem de madeira, problemas nas armações dos móveis e problemas relacionados à embalagem dos produtos. Já o segundo projeto conduzido pela empresa tinha como objetivo reduzir as devoluções dos móveis em função de defeitos nas gavetas. Para implementação dos projetos de melhoria LSS na empresa estudada utilizou se como base um modelo baseado na metodologia DMAIC, o mesmo é representado na Figura 60.

Figura 60 - Modelo para implementação da metodologia LSS



Fonte: adaptado de Jiménez e Amaya (2014)

Os autores relatam que o modelo criado para implementação, forneceu os elementos necessários para a concepção e implementação dos projetos de melhoria. Embora a implementação gerou um impacto positivo na avaliação financeira e operacional, os resultados da carteira de projetos mostra que ainda deve haver mudanças fundamentais para alcançar melhores resultados, estas mudanças são: gerar maior compromisso de gestão, implementar processos de formação e treinamento de operadores na área de produção, criar políticas e sistemas de incentivos, implementar sistemas de medição de variáveis-chaves. Pode-se observar também que o fator humano desempenha um papel fundamental na implementação da metodologia. A Tabela 3 demonstra de forma resumida os resultados obtidos nos dois projetos de melhoria conduzidos pela empresa.

Tabela 3 - Resultados obtidos nos projetos

Resultados dos Projetos		
	Projeto 1	Projeto 2
Título	Reduzir o número de devoluções de móveis por falhas diversas.	Reduzir as devoluções dos móveis em função de defeitos nas gavetas.
Objetivo	Reduzir 1%	Reduzir 1%
Métrica	Antes: 20,44% Depois: 11,71%	Antes: 15,59% Depois: 10,20%
Nível Sigma	Antes: 2,3 Depois: 2,7	Antes: 2,51 Depois: 2,75
DPMO	Antes: 204.338 Depois: 117.100	Antes: 151.861 Depois: 102.000
Economia	\$18.000.000	\$20.000.000

Fonte: adaptado de Jiménez e Amaya (2014)

Ao final desta pesquisa pode-se extrair as principais contribuições e limitações. O Quadro 3 demonstra as contribuições e as limitações dos trabalhos investigados relatados neste documento.

Quadro 3 - Contribuições e limitações

Autores (ano)	Contribuições	Limitações
Kumar <i>et al.</i>, (2006)	O artigo apresenta um modelo estruturado para a implantação da metodologia LSS em PME, desta forma contribui para o desenvolvimento de pesquisas futuras sobre a implementação da metodologia LSS em outros cenários. O estudo demonstra as dificuldades vivenciadas durante o processo de implantação, desta forma contribuindo para que em pesquisas futuras as mesmas sejam sanadas a ponto de facilitar o processo de implantação.	O Project Charter não foi incorporado ao modelo estruturado para a implantação do LSS, conseqüentemente não foi apresentado no estudo de caso informações sobre a equipe responsável pela condução do projeto de melhoria e outras informações relevantes tais como: patrocinador do projeto, meta e objetivo do projeto, apresentação dos membros da equipe, ganho financeiro estimado dentre outros.
Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009)	O artigo demonstra que é possível implementar a metodologia LSS em PME, derrubando o paradigma que a metodologia foi desenvolvida pensando em portes maiores de organização. O estudo de caso comprova que foram implementadas técnicas de planejamento de poupança em dinheiro para implantação do projeto de melhoria.	O modelo proposto não lida com o desafio de superar as deficiências no qual as PME possuem, como exemplo: Falta de recursos, falta de conhecimento teórico. O estudo de caso não demonstra a situação predominante na maioria das PMEs.
Gnanaraj <i>et al.</i>, (2012)	O artigo apresenta um modelo estruturado para implantação da metodologia LSS em PMEs, porém diferente do modelo apresentado por Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) este tem a finalidade de superar as deficiências das PMEs para facilitar a condução do projeto de melhoria LSS.	Os autores apresentam um modelo com intuito de sensibilizar as empresas a respeito da adoção do LSS em um primeiro nível, porém não relatam a implantação de forma completa, ou seja, falta informações contidas no escopo do projeto que não demonstradas no estudo de caso.
Jie, Kamaruddin e Azid (2014)	A aplicação da metodologia LSS na empresa estudada utiliza como base o modelo apresentado por Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), porém os autores relatam os desafios enfrentados durante o processo de implantação.	Da mesma forma que Kumar <i>et al.</i> (2006), os autores não incorporam o Project charter ao modelo, deixando de relatar informações importantes em relação ao escopo do projeto.
Jiménez e Amaya (2014)	O artigo apresenta a implementação da metodologia LSS em uma industria moveleira, diferente dos demais trabalhos esse é conduzido dois projetos de melhoria e no final é apresentado os ganhos gerados de cada um.	Os autores citam a utilização do Project charter durante a implementação do LSS na empresa estudada, porém não apresentam a sua estruturação no trabalho.

Fonte: próprio autor

Vale ressaltar que nos trabalhos investigados que tratam sobre a implementação da metodologia LSS em empresas de pequeno e médio porte, foram identificados diversos fatores críticos de sucesso para implementação da metodologia estudada nestes portes de organização.

A Figura 61 demonstra os fatores críticos de sucesso identificados nos trabalhos investigados.

Figura 61 - Fatores Críticos de Sucesso Implementação LSS em PME

Trabalho Investigado (ano)	FCS Identificados						
	Forte Liderança	Comprometimento e apoio da Direção	Comprometimento com a Gestão	Pessoal Capacitado	Boa Comunicação	Disponibilidade de recursos	Investimentos com treinamentos
Kumar et al. (2006)	X	X	X	X	X	X	X
Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009)		X	X	X		X	
Shamou, Saidpour e Perryman (2010)		X	X			X	
Gnanaraj et al. (2012)		X	X				X
Enoch (2013)	X	X	X	X		X	
Prasanna e Vinodh (2014)	X	X	X	X	X	X	X
Jiménez e Amaya (2014)		X	X	X		X	
Jie, Kamaruddin e Azid (2014)		X	X	X			

Fonte: próprio autor

A investigação dos trabalhos de Kumar et al. (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Gnanaraj et al.(2012), Jie, Kamaruddin e Azid (2014) e Jiménez e Amaya (2014) buscou demonstrar padrões de implantação da metodologia LSS em pequenas empresas. Através da investigação ocorrida nesses trabalhos pode-se notar que a forma que a implantação ocorre nesses portes de organização é similar as grandes empresas, porém todos os métodos utilizados para implantação em pequenas empresas foram adaptados a sua realidade. Os trabalhos de Thormas, Barton e Chuke-Okafor (2009) e Gnanaraj et al. (2012) comprovam essa questão ao adaptar ao método tradicional de implantação DMAIC novas etapas, com intuito de facilitar a implantação e ajudar as pequenas empresas a superar as suas deficiências antes da implantação. Os modelos utilizados para implantação do LSS em pequenas empresas integram ferramentas lean e seis sigma da mesma forma que os métodos utilizados pelas grandes empresas, porém nos trabalhos investigados notou-se pouca participação de ferramentas estatísticas. Os trabalhos de Jie, Kamaruddin e Azid (2014) e Jiménez e Amaya (2014) comprovam essa questão ao relatar que grande parte das pequenas empresas não possuem profissionais com treinamentos e conhecimento em ferramentas estatísticas, em virtude disso empregam mais técnicas e ferramentas *lean* do que seis sigma

em seus projetos de melhoria por não necessitarem de grande conhecimento estatístico. A Figura 62 apresenta de forma resumida o método de implantação LSS para pequenas empresas adotado em cada trabalho investigado, junto com suas respectivas técnicas e ferramentas que foram adotadas durante o processo de implantação.

Figura 62 - Métodos utilizados para implantação LSS nos trabalhos investigados em pequenas empresas

Trabalhos Investigados (ano)	Kumar <i>et al.</i> (2006)	Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009)	Gnanarag <i>et al.</i> (2012)	Jie, Kamaruddin e Azid (2014)	Jiménez e Amaya (2014)
Modelo utilizado para implantação.	DMAIC	DMAIC + 5 ETAPAS LEAN	DOLADMAICS	DMAIC	DMAIC
Técnicas e ferramentas utilizadas em cada etapa	<p>Definição: VOC, Mapeamento do processo atual (VSM), Project Charter.</p> <p>Medição: Coleta de dados, análise do sistema de medição R&R.</p> <p>Análise: Diagrama de Pareto, árvore CTQ, Diagrama de causa e efeito.</p> <p>Melhoria: Layout experimental, 5S, TPM.</p> <p>Controle: Gráfico de controle e FMEA.</p>	<p>Definição: Árvore CTQ, Diagrama de Pareto.</p> <p>Medição: Lista de verificação, levantamento de dados, teste piloto, elaboração de gabarito.</p> <p>Análise: <i>Brainstorming</i> e diagrama de causa e efeito.</p> <p>Melhoria: <u>DOE</u>, ferramentas estatísticas e OEE.</p> <p>Controle: CEP</p> <p>Fase 6: Programa 5S</p> <p>Fase 7: VSM</p> <p>Fase 8: Elaboração de um sistema para promover eliminação dos desperdícios.</p> <p>Fase 9: Mudança de layout</p> <p>Fase 10: TPM</p>	<p>1º Fase: Deficiências a serem superadas.</p> <p>2º Fase: Integração da metodologia <i>Lean</i>.</p> <p>Definição: Project Charter e <i>Brainstorming</i>.</p> <p>Medição: CTQ, Capabilidade sigma, <i>brainstorming</i>, folha de verificação.</p> <p>Análise: Diagrama de causa e efeito, <i>brainstorming</i>, histograma e diagrama de Pareto.</p> <p>Melhoria: Fluxograma, <i>brainstorming</i>, histograma e diagrama matriz.</p> <p>Controle: Fluxograma, <i>check list</i>, capabilidade sigma.</p> <p>Estabilizar: Check list, questionários, indicadores de qualidade e capabilidade sigma.</p>	<p>Definição: Coleta de dados, VSM e fluxograma.</p> <p>Medição: Mapeamento do processo e diagrama de Pareto.</p> <p>Análise: Diagrama de causa e efeito, 5 porquês.</p> <p>Melhoria: SMED.</p> <p>Controle: POP e 5S.</p>	<p>Definição: Project Charter e mapeamento do processo, CTQ.</p> <p>Medição: Análise de dados, validação do sistema de medição.</p> <p>Análise: Diagrama de causa e efeito e FMEA.</p> <p>Melhoria: 5S, padronização do trabalho e lista de verificação.</p> <p>Controle: Gráfico de controle.</p>

Fonte: próprio autor

Através da Figura 62 pode-se ter uma noção de como ocorre o processo de implantação da metodologia LSS em pequenas empresas, as principais ferramentas que são adotadas em cada fase de implantação e o método que pode ser utilizado como base para implantação.

A próxima seção irá apresentar a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho, onde em primeiro momento será apresentado a sua classificação, seus objetivos, a técnica de investigação utilizada e o tipo de análise. Posteriormente serão detalhados os procedimentos da investigação e os instrumentos que serão utilizados.

6 METODOLOGIA

Segundo Marconi e Lakatos (2003) a pesquisa científica é um procedimento formal com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais, ou seja, uma pesquisa é necessária quando não se tem informações suficientes para responder a um problema exposto.

De acordo com Silva e Menezes (2005) as pesquisas científicas podem ser classificadas por quatro critérios. A Figura 63 apresenta os critérios adotados para classificação de uma pesquisa.

Figura 63 - Critérios e classificação de pesquisa

Critérios e classificação de uma pesquisa	
Natureza da Pesquisa	Pesquisa Básica Pesquisa Aplicada
Abordagem do problema	Pesquisa Qualitativa Pesquisa Quantitativa
Objetivos da Pesquisa	Pesquisa Exploratória Pesquisa Descritiva Pesquisa Explicativa
Procedimentos Técnicos	Pesquisa Bibliográfica Pesquisa Documental Pesquisa Experimental Estudo de Caso Pesquisa-ação Pesquisa participante

Fonte: Silva e Menezes (2005)

A pesquisa realizada nessa dissertação, do ponto de vista de sua natureza é aplicada, pois consiste na utilização do conhecimento da pesquisa bibliográfica para se obter a aplicação prática da metodologia LSS em uma indústria metalúrgica de pequeno porte. De acordo com Silva e Menezes (2005) uma pesquisa é de natureza aplicada quando se objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos, no qual envolve verdades e interesses locais.

Em relação ao ponto de vista da abordagem do problema é qualitativa pois se destina aos estudos das técnicas de aplicação da metodologia LSS em empresas de pequeno porte do segmento metalúrgico. Segundo Silva e Menezes (2005) a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, onde o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave que tende a analisar seus dados indutivamente.

Quanto ao objetivo da pesquisa é de caráter descritivo e exploratório.

- Descritivo pois tem a finalidade de observar, registrar e analisar os fenômenos ocorridos durante o processo de implementação da metodologia LSS na empresa estudada. De acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionários e observação sistemática.
- Exploratória pois com esse trabalho pretende-se conhecer mais sobre a aplicação da metodologia LSS em empresas de pequeno porte. Segundo Silva e Menezes (2005) a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses.

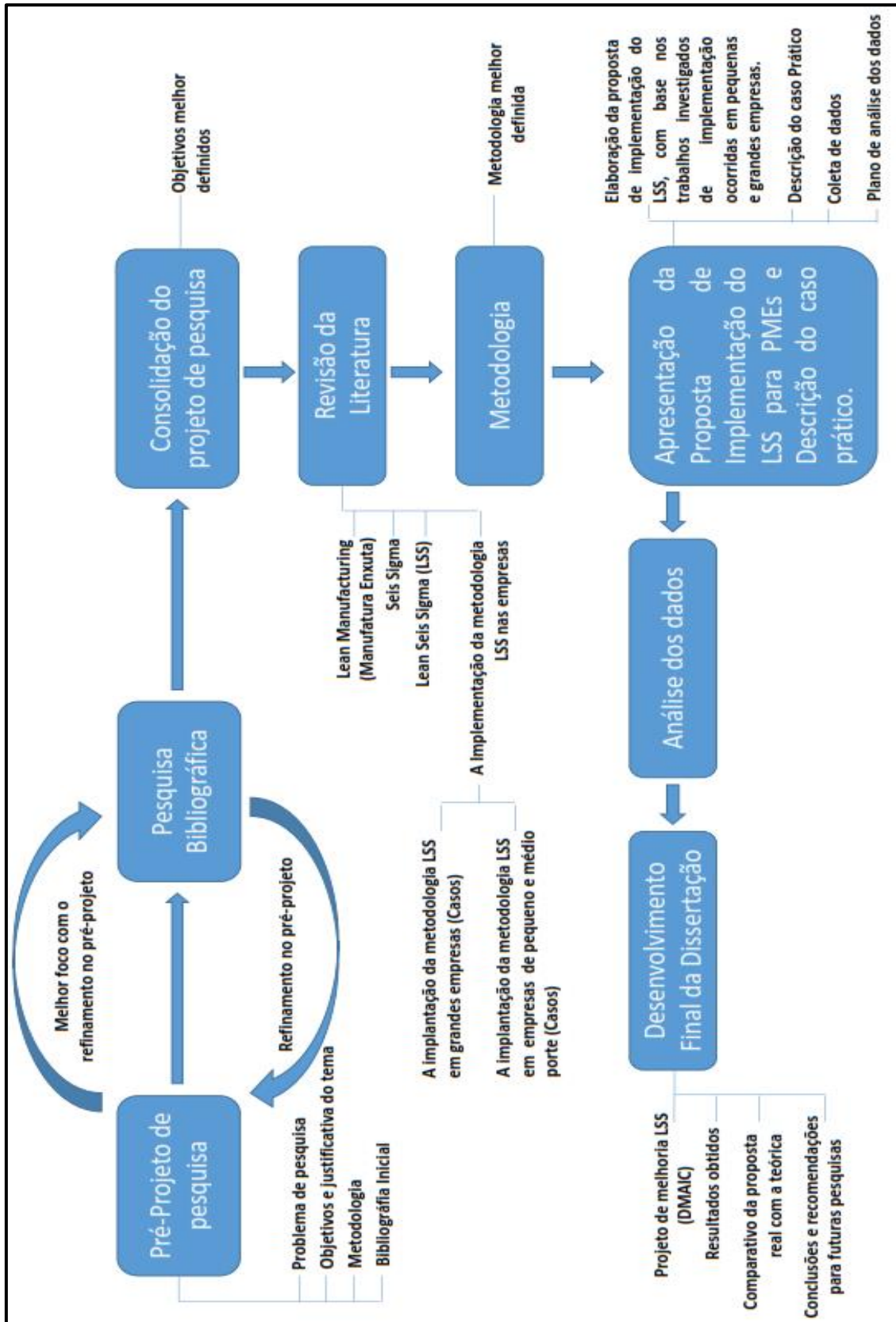
Em relação aos procedimentos técnicos foi utilizado o estudo de caso envolvendo um estudo aprofundado da aplicação da metodologia LSS em uma empresa metalúrgica de pequeno porte. Segundo Silva e Menezes (2005) o estudo de caso ocorre quando envolve um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi relatado a implementação de um projeto LSS na linha de fabricação de martelos oscilantes para desfibradores ocorrida de janeiro a junho de 2015. Foi levado em consideração o histórico da fabricação desses equipamentos antes da implementação da metodologia LSS e os resultados alcançados após a implementação do projeto de melhoria. A empresa estudada conduziu a implementação do projeto LSS através do método DMAIC e foram envolvidos no processo de implementação os funcionários do chão de fábrica, a gerência, a alta direção e a equipe de projeto.

Os instrumentos utilizados para coleta dos dados foram a observação sistemática do processo de implementação, documentos da empresa com informações cadastrais e de desempenho assim como o bibliográfico para efeito comparativo futuro. Após a coleta de dados serão apresentados os benefícios alcançados com a implementação da metodologia LSS, demonstrando também quais as limitações e dificuldades encontradas durante o processo de pesquisa e de implementação da metodologia.

O trabalho foi fundamentado em uma sequência de atividades, de modo a alcançar os seus objetivos propostos inicialmente e estão representados na Figura 64.

Figura 64 - Procedimentos operacionais da pesquisa



Fonte: próprio autor

De um modo geral o fluxo anterior pode ser melhor compreendido do ponto de vista prático como sendo uma sequência de 3 grandes passos:

Passo 1 - revisão da literatura sobre as filosofias *Lean*, Seis Sigma, e de sua integração *Lean Seis Sigma* (LSS);

Passo 2 – com base na descrição científica de casos reais, descrever a implementação da filosofia LSS nas grandes, e nas pequenas/micro empresas, e com base nas limitações apresentadas, desenvolver uma proposta de implementação para as pequenas empresas;

Passo 3 – acompanhar a implementação da filosofia LSS em uma empresa do segmento metal mecânico e através da proposta de implementação da metodologia LSS elaborada a partir da revisão da literatura refinar o modelo adotado pela empresa estudada.

A próxima subseção irá comparar os modelos de implantação LSS adotados pelas grandes empresas com os das pequenas empresas e apresentar uma proposta de implementação da metodologia LSS destinado as pequenas empresas.

7 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA LSS PARA PMEs E DESCRIÇÃO DO CASO PRÁTICO

Esta seção tem como objetivo descrever e avaliar a implementação da metodologia LSS em uma pequena empresa. Esta seção também tem como objetivo apresentar a análise comparativa da proposta de implementação da metodologia LSS para empresas de pequeno porte, extraída da literatura, com a utilizada pela empresa investigada para sua implementação. Ao final desta seção serão apresentadas as propostas de adaptação do modelo adotado pela empresa para implementação da metodologia LSS.

7.1 Proposta de implementação da metodologia LSS para PMEs com base na literatura

Pode-se observar a partir da revisão bibliográfica que a implantação da metodologia LSS pode ocorrer nos diversos tipos de organizações, seja ela de grande ou pequeno porte. Apesar disto, grande parte dos trabalhos que trataram da implantação do LSS em pequenas empresas, não incorporaram no processo de implementação, o Project charter, limitando o acesso a determinadas informações importantes para a condução dos projetos tais como: o escopo do projeto, os objetivos, a equipe de projeto, o patrocinador, a meta que se deseja alcançar, dentre outras.

Os trabalhos sobre a implantação da metodologia LSS em grandes empresas revelaram que as mesmas utilizaram um número maior de ferramentas estatísticas quando comparadas as pequenas empresas. Este fato revela que o nível de treinamento e maturidade dos funcionários em empresas de grande porte é superior ao das pequenas empresas, além disto, determinadas deficiências encontradas em grande parte nas pequenas empresas, as impedem de obter os mesmos resultados das grandes.

Uma das deficiências observadas em pequenas empresas é a limitação de recursos humanos, que por sua vez impacta negativamente na condução de projetos de melhoria LSS. A equipe de projeto não consegue ficar focada somente na condução do projeto, pois tem executar diversas atividades ao mesmo tempo para suprir a falta de mão de obra. Os trabalhos de Kumar et al. (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Gnanaraj et al.(2012), Jie, Kamaruddin e Azid (2014) e Jiménez e Amaya (2014) comprovam esse fato ao relatarem

que a falta de recursos humanos é uma questão que interfere na condução do projeto de melhoria LSS.

Outras deficiências das pequenas empresas, apontadas pela literatura, para a implantação da metodologia LSS foram: a formação inadequada oferecida aos funcionários, falta de treinamento e capacitação profissional, pobre gestão de competências, infra estrutura deficiente, baixo grau de padronização, pobre liderança, falta de comunicação, pouca habilidade e experiência.

De maneira geral, tanto nas empresas de grande porte, quanto nas de pequeno porte, observou-se que a implantação da metodologia LSS se mostrou eficaz na redução de desperdícios e variabilidade dos processos.

Ao levantar trabalhos que trataram a implantação da metodologia LSS em grandes empresas e trabalhos que trataram a implantação em pequenas empresas, pode-se extrair diversos modelos para implantação da metodologia LSS e conforme citado anteriormente na literatura não se tem um modelo padrão, ou seja, cada organização adapta um modelo aderente a sua realidade. Com base nas diferenças e semelhanças apresentadas na literatura com relação aos modelos utilizados pelas empresas de diversos portes para a implantação da metodologia LSS, foi elaborada uma proposta de implementação da metodologia LSS com especificidades voltadas às PME, como pode ser vista na Figura 65.

Figura 65 - Proposta para implementação da metodologia LSS em pequenas empresas



Fonte: próprio autor

A proposta de implementação LSS para PMEs, diferente das demais encontradas na literatura, detalha melhor as etapas que devem ser realizadas em cada fase do método DMAIC facilitando a implementação da metodologia LSS nesse porte de organização. Os trabalhos de Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Laureani, Antony e Douglas (2010), Akbulut-Baley, Motwani e Smedley (2012) e Panat et al. (2014) comprovam essa questão ao não apresentar um detalhamento das etapas que devem ser seguidas para condução do projeto de melhoria LSS.

Nos trabalhos investigados, tanto em grandes empresas, quanto em pequenas empresas, observou-se que o método DMAIC é a espinha dorsal para implementação da metodologia LSS e que muitas vezes o método adotado pelas empresas investigadas não prescreve todas as etapas a serem seguidas e sim apenas citam algumas ações e ferramentas de forma sequencial. Essa questão pode ser comprovada nos trabalhos de Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Anderson et al. (2014) e Jie, Kamaruddin e Azid (2014).

O detalhamento das atividades que devem ser executadas durante o processo de implementação da metodologia LSS, servirá como direcionador para a equipe de projeto, facilitando o andamento e evolução do projeto LSS . Conforme levantado anteriormente, a falta de recursos humanos é um fator que impacta negativamente na condução do projeto de melhoria LSS, pois os funcionários que compõem a equipe de projeto, não atuam em tempo integral no projeto de melhoria, executando outras atividades na empresa. Diante disso, há uma certa dificuldade em saber em que estágio parou a implementação do projeto de melhoria e quais serão os passos seguintes.

A proposta de implantação da metodologia LSS em PME, também engloba detalhes-chaves que em grande parte dos trabalhos investigados não foram mencionados, tais como: seleção do projeto LSS, descrição do problema, organização da equipe de projeto com as suas respectivas responsabilidades e registro do projeto. As etapas adotadas na proposta de implementação LSS em PME, foram desenvolvidas com intuito de facilitar a condução do projeto de melhoria e ser flexível aos diferentes tipos de cenários que poderão ocorrer a implementação da metodologia LSS. Em cada etapa poderão ser utilizadas diversas ferramentas *lean* e seis sigma que servirão como suporte à implementação do projeto de melhoria LSS. Vale ressaltar que o uso das ferramentas durante a implementação do projeto de melhoria, irá variar de acordo com o objetivo do projeto LSS e também do grau de maturidade da equipe de projeto.

A Figura 66 apresenta as técnicas e ferramentas que poderão ser adotadas em cada fase durante o processo de implementação do projeto de melhoria LSS.

Figura 66 - Ferramentas LSS



Fonte: próprio autor

7.2 Apresentação da empresa investigada

Empresa Alfa

A empresa Alfa foi fundada em 1993, inicialmente atuava com assistência técnica e prestação de serviços de engenharia para o setor sucroalcooleiro. Em 2005 a empresa ampliou seu negócio e começou a atuar também com reformas e fabricação de equipamentos da área de preparo de cana tais como:

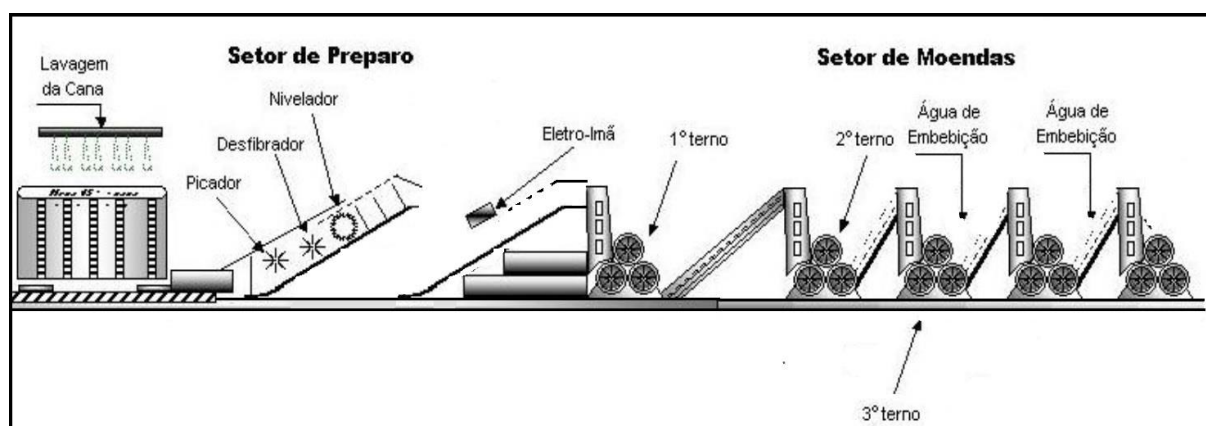
- Picadores de faca: fixa, oscilante e encaixe;
- Desfibradores: horizontais e verticais;
- Espalhadores: De mesa alimentadora e cana desfibrada;
- Esteiras: Cana, arraste, bagaço e transportadores de correia.

Além de equipamentos a empresa comercializa componentes e acessórios para reposição tais como:

- Placa Desfibradora;
- Eixos oscilantes;
- Rodas dentadas;
- Rodetes;
- Tambores alimentadores
- Eixos
- Martelos e facas
- Casquilhos em bronze
- Tambores lisos e emborrachados;
- Flanges
- Placas de desgaste;
- Mancais de óleo ou graxa;
- Visores de óleo, água e nível;
- Balança estática para martelos e facas;
- Unidade Hidráulica para sacar eixos oscilantes

Os equipamentos e componentes comercializados pela empresa Alfa servem principalmente para serem utilizados nos processos de recepção, preparo e extração de caldo. Os equipamentos e componentes são fabricados de acordo com a necessidade de cada cliente, pois cada um possui particularidades em suas instalações que faz com que o grupo de equipamentos que são envolvidos nos processos mencionados variam de acordo com o objetivo de cada cliente. Nesse contexto leva-se em consideração a moagem e o índice de preparo que o mesmo deseja atingir. Outros fatores também são levados em consideração como por exemplo a característica da matéria prima que será utilizada e o corte da mesma, ou seja, se será de forma manual ou mecanizada. Algumas características como porcentagem de fibra, impureza mineral, sacarose, umidade do bagaço também são levados em consideração. A Figura 67 apresenta um esquema da área de preparo e extração de caldo.

Figura 67 - Esquema área de preparo e extração de caldo



Fonte: adaptado de Lima e Ferraresi (2006)

A área de preparo é considerada a primeira etapa do processo de extração de caldo e é a área responsável pela recepção e preparação da matéria prima. A matéria prima mais utilizada no Brasil para fabricação tanto do álcool quanto do açúcar é a cana de açúcar, porém esses produtos podem ser extraídos de outras matérias-primas tais como: milho, beterraba e mandioca (MACEDO, 2007).

A primeira etapa do processo de preparo é a lavagem da matéria prima. Atualmente as usinas de açúcar e álcool utilizam dois sistemas de lavagem, sendo um realizado por água e outro a seco. No esquema apresentado na Figura 67, o sistema de lavagem utilizado é por água. Após ser lavada, a matéria prima é conduzida através da esteira metálica passando pelo picador, depois desfibrador e por último nivelador, que nesse caso poderia ser o espalhador de cana. Esses equipamentos são responsáveis por preparar a matéria prima para a área de extração de caldo. A esteira rápida, também conhecida como esteira de borracha, conduz a matéria-prima desfibrada para os ternos de moendas. No penúltimo e último terno de moenda há a utilização de água de embebição, para aumentar a extração dos açucares contidos na cana.

A seguir será relatado a implementação da metodologia LSS ocorrida na empresa Alfa.

7.3 Implementação da Metodologia LSS na empresa Alfa.

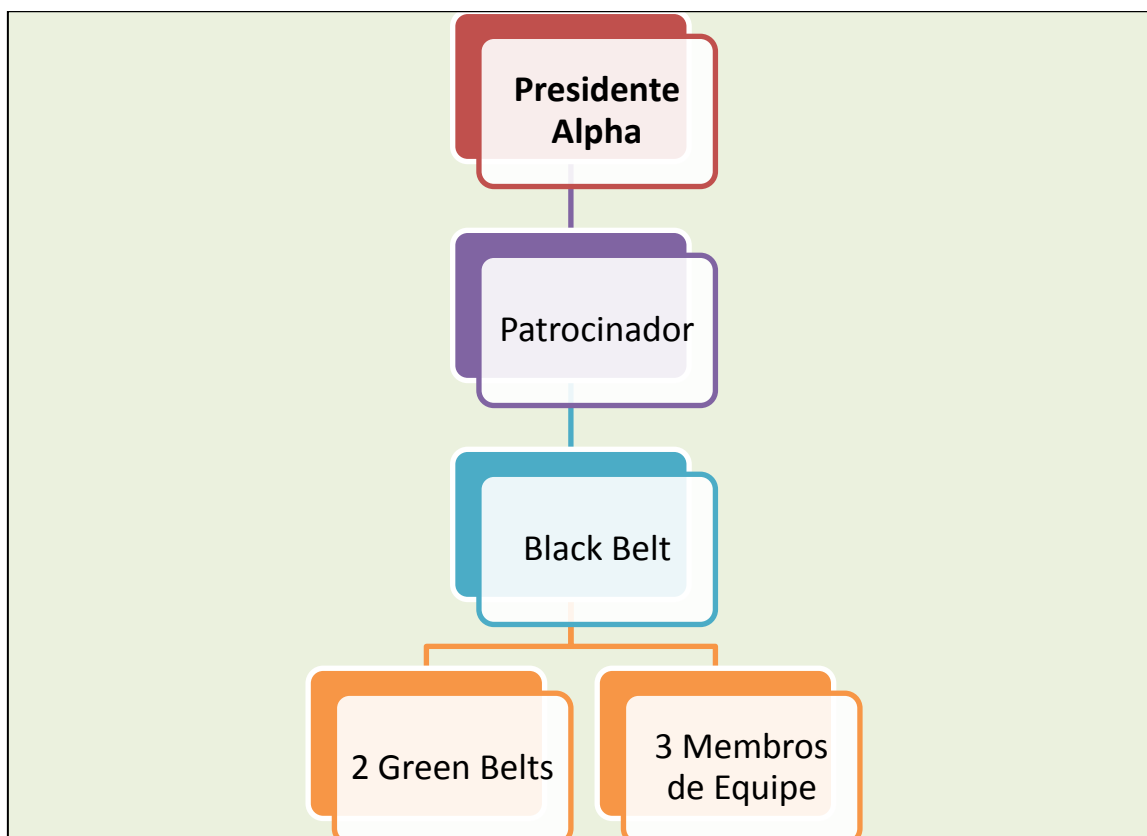
A implementação da metodologia LSS na empresa Alfa iniciou-se em função da crise que o setor sucroalcooleiro vem enfrentando nos anos recentes. No Brasil, o setor sucroalcooleiro vem apresentando descompasso entre o crescimento de demanda potencial e o crescimento de oferta (BNDS, 2016). No primeiro caso, há um forte crescimento de demanda potencial, no que se refere a fabricação de veículos *flex*, porém muitas montadoras também tem passado por períodos turbulentos em função da situação econômica brasileira recente. No segundo caso, a oferta de etanol encontra-se estagnada em função da ausência de investimentos. (BNDS, 2016).

Com isso o setor passou a sofrer grande variação de demanda, ocasionando queda no mercado de açúcar e álcool em diversos momentos. Em virtude dessas e outras questões, diversas metalúrgicas brasileiras que prestam serviços para esse setor tem se desdobrado para permanecerem ativas no mercado. A crise política e econômica no Brasil tem forçado essas

empresas a buscarem novas formas de gestão que possam contribuir para sua sobrevivência e crescimento econômico. Uma das saídas encontradas por muitas metalúrgicas é a redução de custos inerentes a produção, cortes de mão de obra, mudança no mix de produtos para atender outros segmentos e buscas de melhorias na qualidade de seus produtos para que possam concorrer com as multinacionais em outros países. A empresa Alfa foi uma das empresas que buscou melhorar a sua qualidade com intuito de concorrer com outras empresas no mercado internacional. Desse modo, buscou-se encontrar ferramentas e metodologias que pudessem auxiliar a empresa, a melhorar a qualidade de seus produtos e serviços. A empresa adotou como forma estratégica a metodologia LSS. O primeiro contato e apresentação da metodologia para empresa foi realizado pelo gestor de produção. O mesmo já conhecia a metodologia em função de estar realizando naquele período um treinamento de formação *Black Belt*. O treinamento foi realizado em uma empresa de consultoria localizada na cidade de Ribeirão Preto/SP, a qual é considerada uma das principais empresas certificadoras de especialistas *Green belt* e *Black Belt* da região, do Brasil do estado de São Paulo, de Sertãozinho. Para a conclusão do treinamento o mesmo deveria apresentar um projeto de melhoria com os conceitos e ferramentas em um caso prático, obter nota igual ou superior a sete e ter o projeto aprovado pela banca de especialistas. Diante disso o gerente de produção viu uma oportunidade de apresentar a metodologia para a diretoria da empresa. A diretoria observou que a metodologia LSS iria contribuir para o crescimento da organização e resolveu apoiar essa iniciativa. Antes de iniciar a implementação da metodologia LSS, a empresa buscou verificar quais as condições mínimas necessárias para a implementação do projeto de melhoria. O compromisso da alta direção nessa etapa foi fundamental, pois foram levantados todos os fatores e recursos necessários para que a implementação do projeto de melhoria fosse efetiva.

Para a implementação da metodologia LSS a empresa inicialmente criou uma estrutura organizacional em nível administrativo e operacional da área produtiva. A Figura 68 apresenta a estrutura organizacional adotada.

Figura 68 - Estrutura Organizacional

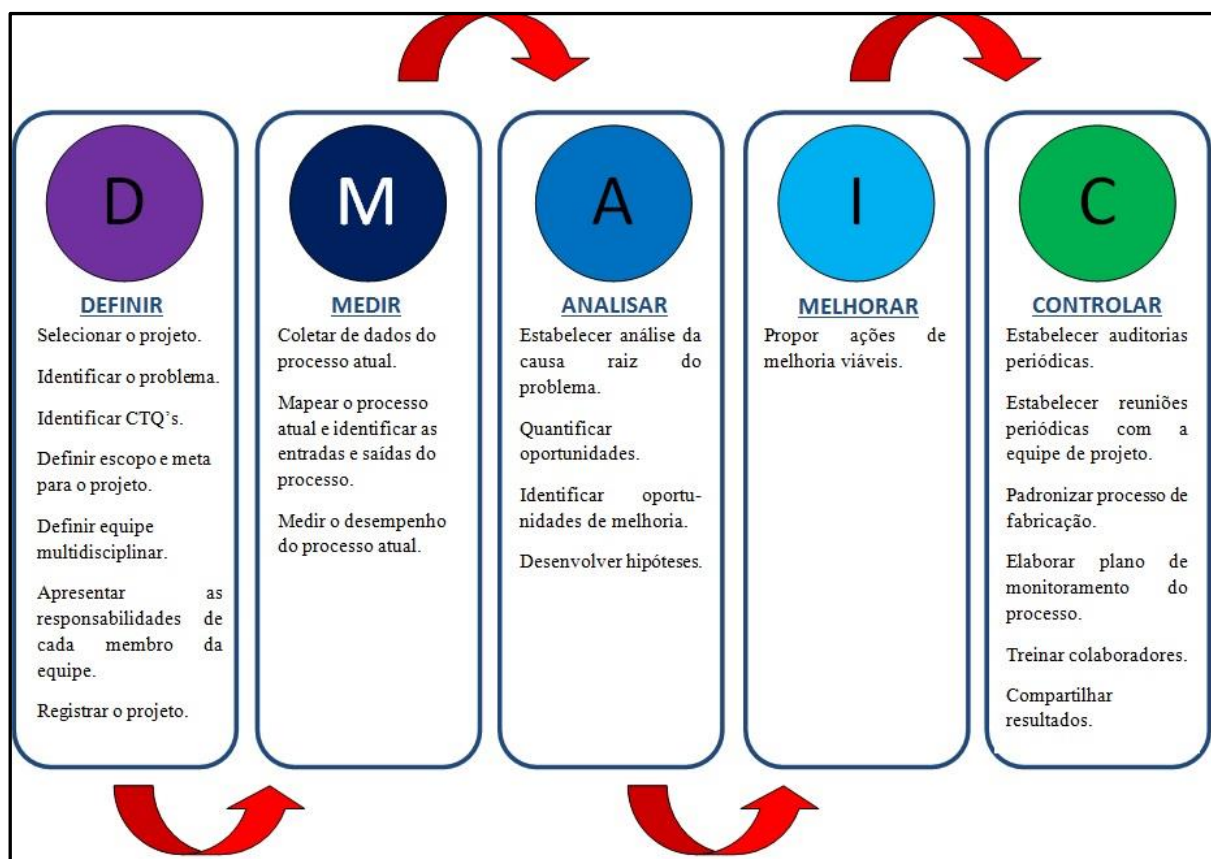


Fonte: próprio autor

A empresa investiu em treinamentos para formação de *green belts* e *black belts* em um grupo de seis funcionários. Ao concluírem os treinamentos os mesmos ficaram comprometidos de aplicar seus conhecimentos em projetos de melhoria LSS, com o intuito de solucionar problemas que ocorriam constantemente na área produtiva.

A implementação da metodologia LSS na empresa Alfa foi conduzida através do método DMAIC. Em cada fase foram elaboradas etapas e atividades nas quais foram executadas para garantir a efetividade do projeto de melhoria LSS. A estrutura do método DMAIC utilizado pela empresa Alfa durante a implementação do projeto de melhoria LSS é apresentado na Figura 69.

Figura 69 - Método DMAIC empresa Alfa



Fonte: próprio autor

A seguir será detalhado cada etapa do método DMAIC, apresentando a forma na qual foi conduzida a implementação do projeto de melhoria LSS na empresa Alfa.

▪ Fase de Definição

A fase de definição foi dividida em seis etapas, segundo a estrutura do método DMAIC adotado pela empresa Alfa. A primeira etapa da fase de definição consiste na seleção do projeto de melhoria LSS que será descrita a seguir.

Etapa 1 - Seleção do projeto LSS

A indicação dos projetos de melhoria LSS pode ser realizada por qualquer membro da equipe multidisciplinar, no qual são levados em consideração:

- ❖ Os requisitos dos clientes e do negócio (CTQ's)
- ❖ O desdobramento estratégico da organização;

- ❖ O impacto do projeto no negócio;
- ❖ A definição do processo e seus *stakeholders*;
- ❖ Os indicadores e o escopo do projeto;
- ❖ As responsabilidades da equipe do projeto;
- ❖ A viabilidade e aprovação formal do projeto.

Como a empresa Alfa atua com grande diversidade de produtos, a seleção e aprovação dos projetos LSS foi realizado com muita cautela, pois deve-se priorizar o projeto que se enquadre aos requisitos já apresentados e a estratégia da organização. Para o desenvolvimento da pesquisa foi relatado a implementação de um projeto de melhoria LSS que ocorreu na linha de fabricação de martelos oscilantes para desfibradores. A escolha do projeto de melhoria LSS na fabricação dos martelos oscilantes se deu em função dos mesmos apresentarem nos últimos dois anos maior índice de retrabalho e descontentamento dos clientes em função da qualidade e atrasos na entrega. Esse projeto de melhoria LSS ocorreu no período de janeiro a junho de 2015 e foi levado em consideração o histórico da fabricação desses componentes antes da implementação da metodologia LSS e os resultados alcançados após a implementação do projeto de melhoria.

Os martelos oscilantes são componentes utilizados em um equipamento da área de extração de caldo de cana denominado desfibrador. Segundo Lima e Ferraresi (2006) o seu principal objetivo é abrir a célula da cana para aumentar a eficiência da extração de caldo no estágio seguinte. A Figura 70 representa um jogo de martelos oscilantes fabricados pela empresa Alfa.

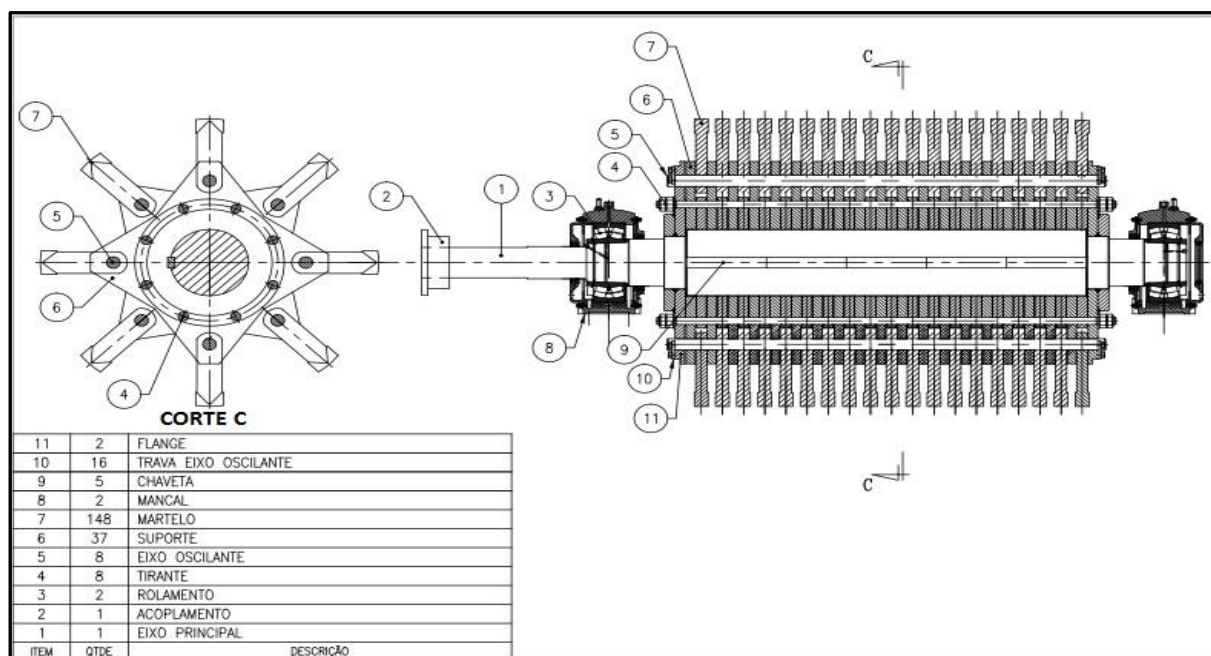
Figura 70 - Martelos oscilantes fabricados pela empresa Alfa



Fonte: próprio autor

Já o desfibrador é formado por um rotor no qual é acoplado um conjunto de martelos oscilantes que gira de forma a forçar a passagem da cana por uma pequena abertura (1 cm) ao longo de uma placa desfibradora. Esses componentes giram e ao colidirem com a cana, abrem a fibra da mesma e facilitam a extração de caldo no estágio seguinte que pode ser via moenda ou difusor. A velocidade periférica dos desfibradores vai de 60 a 90 m/s e chega a fornecer índices de preparo de 80 a 92%. O índice de preparo seria uma relação entre o açúcar das células que foram rompidas pelo desfibrador e o açúcar da cana (LIMA; FERRARESI, 2006). A Figura 71 apresenta um desenho técnico com a estrutura do Desfibrador XP 78”.

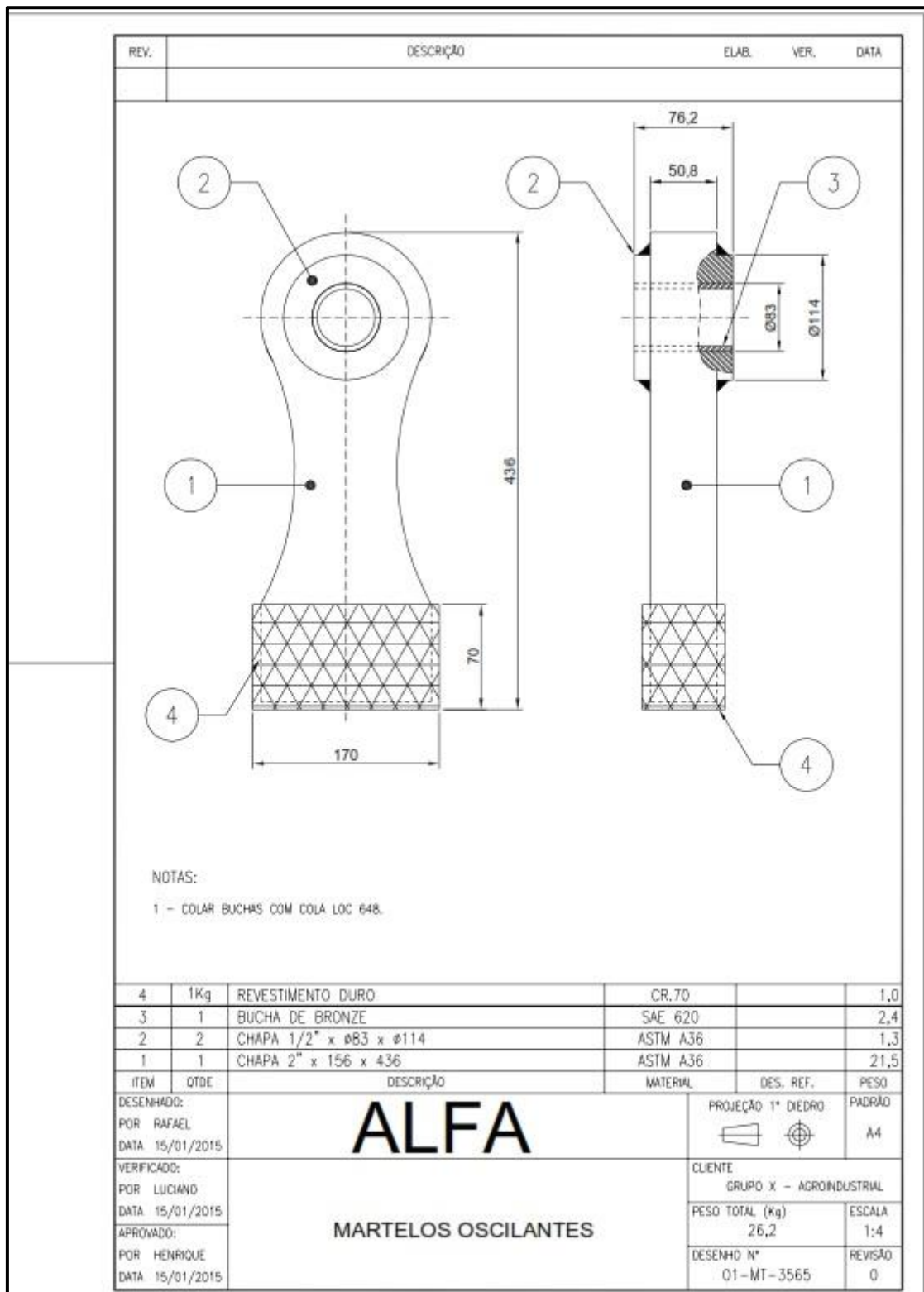
Figura 71 - Desfibrador XP 78”



Fonte: próprio autor

Para fabricação dos martelos oscilantes utilizam-se como matéria-prima, chapas de aço carbono ASTM A36 de 2” e de ½” para a estrutura do martelo e tarugos de bronze SAE 620 para fabricação das buchas conforme é apresentado na Figura 72.

Figura 72 - Desenho de fabricação dos martelos oscilantes



Fonte: próprio autor

As chapas são fornecidas oxicrotadas de acordo com os desenhos de corte, que são enviados aos fornecedores e os tarugos de bronze são fornecidos por uma fundição local. Os nove passos a seguir detalham de forma resumida o processo de fabricação dos martelos oscilantes.

1° passo: as chapas passam inicialmente pelo setor de caldeiraria no qual é responsável por retirar as rebarbas das chapas, montar as chapas, soldar e dar acabamento nas chapas.

2° passo: ao término do processo de soldagem as peças são submetidas a inspeções dimensionais e verificação de trincas e porosidades nas soldas. Caso aprovadas são encaminhadas ao setor de usinagem.

3° passo: no setor de usinagem as peças são enviadas para a fresadora ou centro de usinagem para a realização da usinagem de furação. Já os tarugos são enviados aos tornos CNCs para fabricação das buchas de bronze.

4° passo: ao término do processo de usinagem, as chapas e buchas são submetidas a uma inspeção dimensional, para verificar se as mesmas foram fabricadas conforme medidas e tolerâncias adotadas nos desenhos de fabricação. As chapas aprovadas são encaminhadas novamente para o setor de caldeiraria, e as buchas de bronze são encaminhadas para o setor de montagem.

5° passo: no setor de caldeiraria ocorre a aplicação de solda dura nas pontas e vértices dos martelos. A aplicação de solda dura nessas regiões tem como objetivo aumentar a dureza e durabilidade das mesmas.

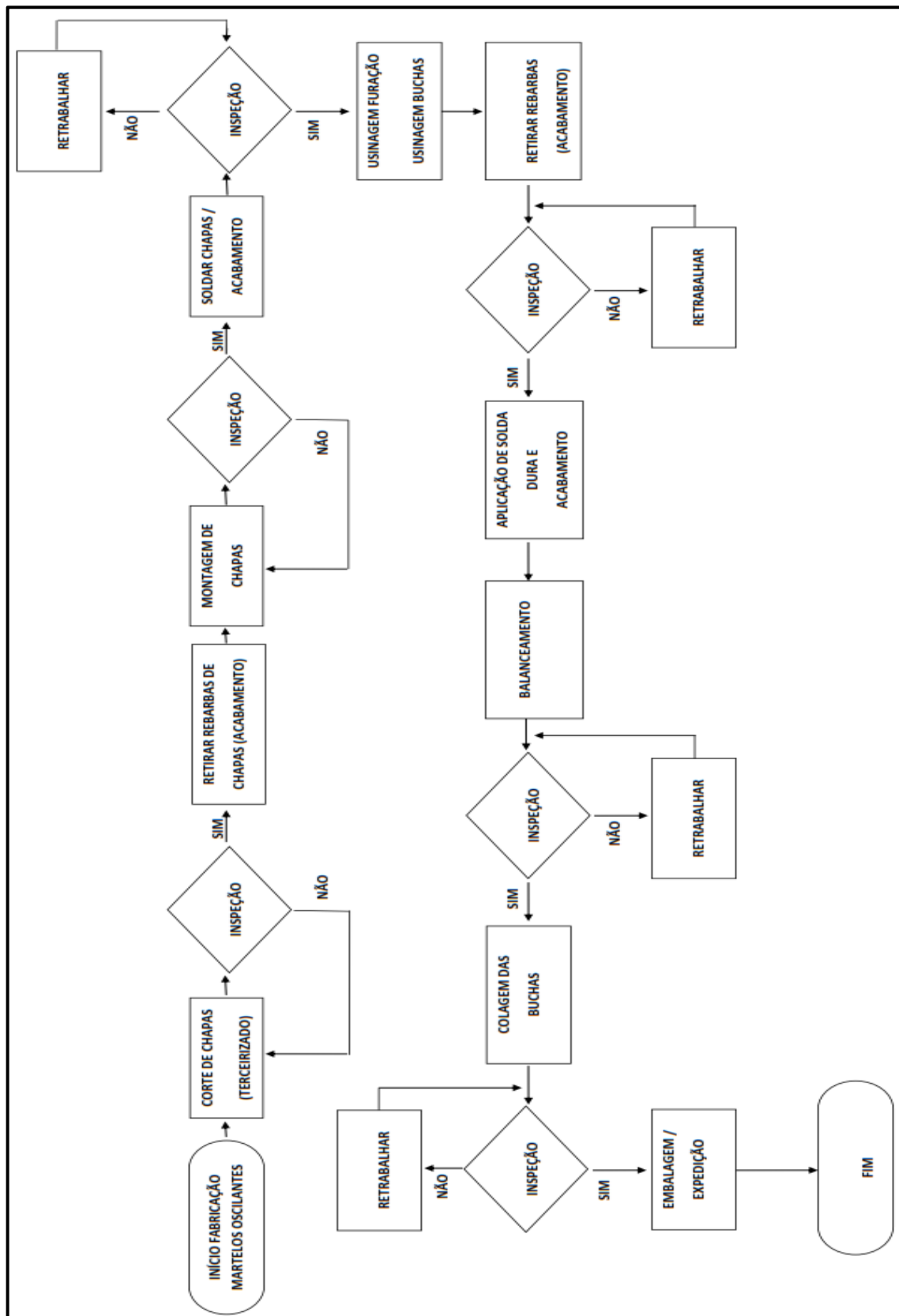
6° passo: ainda no setor de caldeiraria os martelos são balanceados em uma balança estática, também conhecida como balança de braço.

7° passo: após finalizar o balanceamento dos martelos os mesmos são encaminhados ao setor de montagem para colagem das buchas.

8° passo: após a colagem das buchas nos martelos, os mesmos são inspecionados e caso aprovados são encaminhados ao setor de pintura.

9° passo: depois de pintados, os martelos sofrem uma última inspeção e caso aprovados são liberados para serem embalados e expedidos para os clientes. A Figura 73 ilustra o processo de fabricação dos martelos oscilantes.

Figura 73 - Processo de fabricação martelos oscilantes



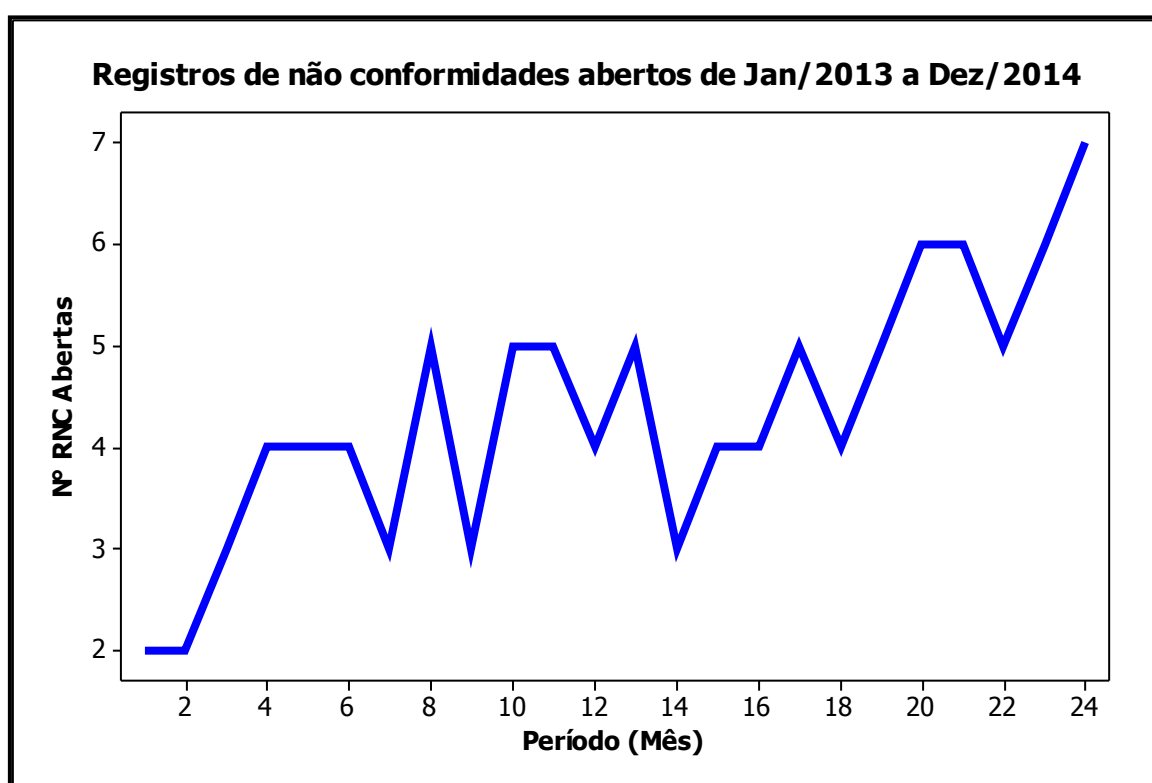
Fonte: próprio autor

Como pode-se observar o processo de fabricação dos martelos oscilantes envolve basicamente etapas de caldeiraria, usinagem, montagem, pintura e expedição.

Etapa 2 - Descrevendo o problema do projeto de melhoria

O número de não conformidades e retrabalhos durante a fabricação dos martelos oscilantes era muito elevado antes da implementação do projeto de melhoria LSS. A Figura 74 apresenta um gráfico com os registros de não conformidades (RNC) abertas nos últimos dois anos antes da implementação do projeto de melhoria.

Figura 74 - Registro de não conformidades



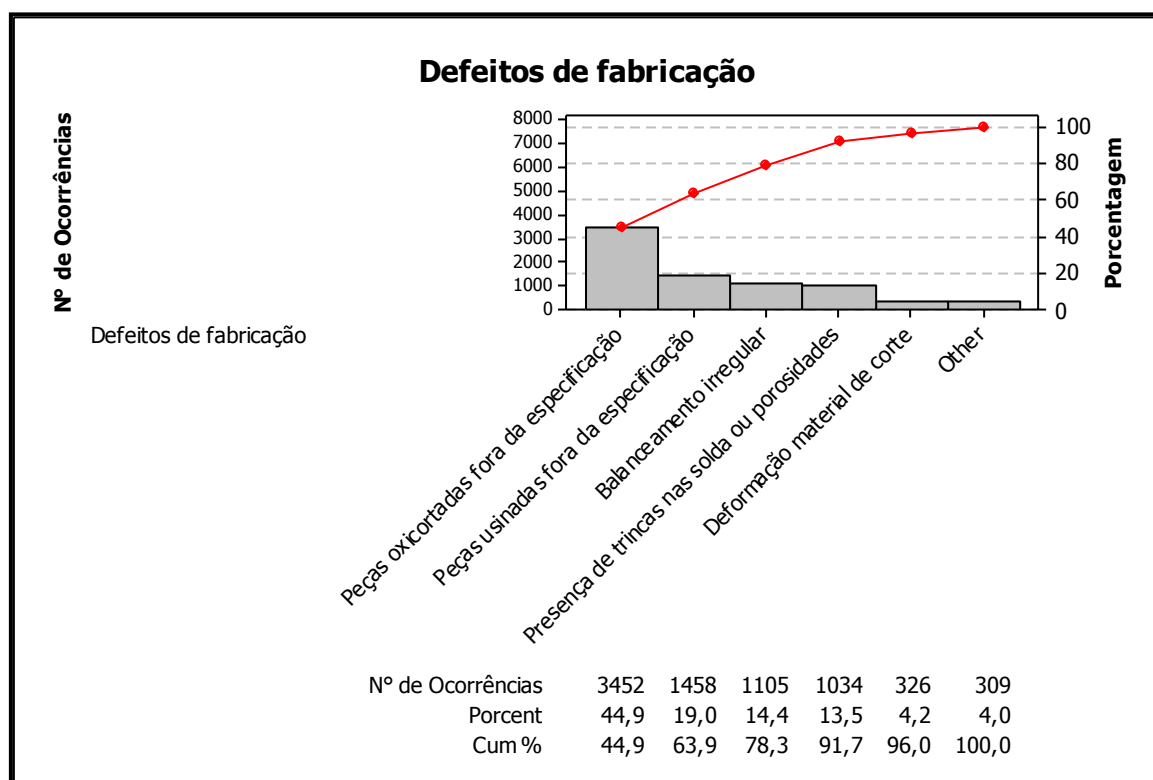
Fonte: próprio autor

O gráfico apresenta uma tendência crescente para o período, no número de RNCs abertas na fabricação dos martelos oscilantes. Essa questão era muito preocupante, pois esse componente é um dos mais vendidos em função de ser um produto que seus clientes mantêm em estoque, para substituição em média a cada 20 dias. Essas ocorrências refletem diretamente nos custos e na qualidade dos componentes, pois ocorrem atrasos na entrega dos martelos oscilantes e aumento nos custos ocasionados pelos retrabalhos. Em virtude disso a

primeira indicação para implementação de um projeto de melhoria LSS foi na fabricação dos martelos oscilantes.

Primeiramente foi convocada uma reunião com todos os membros da equipe para discutir sobre a viabilidade da implementação do projeto de melhoria LSS na fabricação dos martelos oscilantes. Foram apresentados a diretoria o aumento do número de ocorrências de não conformidades ocorridas durante os últimos dois anos e os principais tipos de defeitos ocorridos durante a fabricação desses componentes. A Figura 75 apresenta o diagrama de Pareto com os principais tipos de defeitos ocorridos na fabricação dos martelos oscilantes no período de dois anos.

Figura 75 - Defeitos de fabricação martelos oscilantes



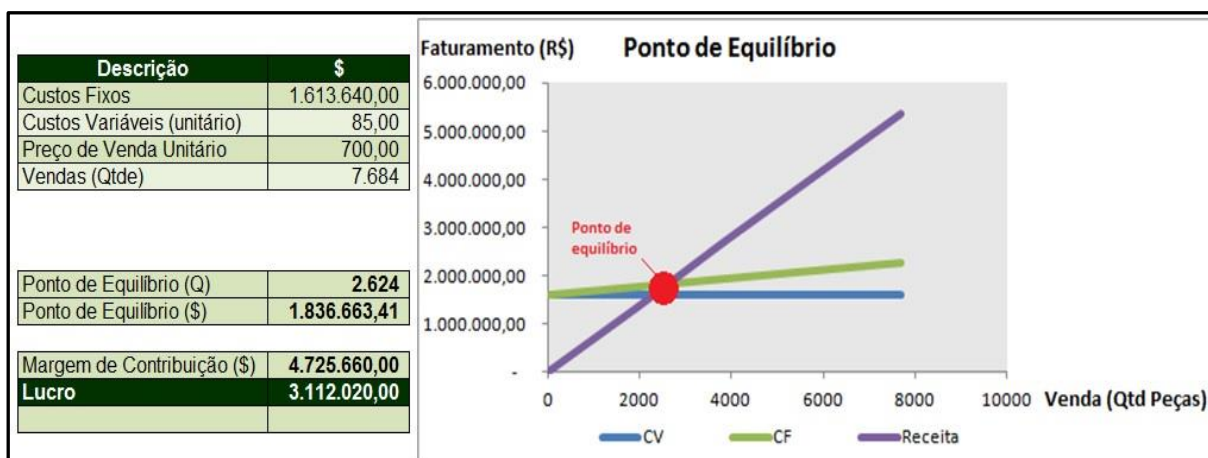
Fonte: próprio autor

Através do diagrama de Pareto pode-se notar que há diversos tipos de defeitos que podem ocorrer durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes, porém peças oxicrotadas fora da especificação, peças usinadas fora da especificação e balaceamento irregular ocorrem com mais frequência.

Etapa 3 - Identificação do CTQs

Para verificar o impacto que essas não conformidades trazem para o negócio foi apresentada para a diretoria uma análise do ponto de equilíbrio. A empresa Alfa utiliza a análise do ponto de equilíbrio para mostrar o quanto é necessário vender para que as receitas se igualem aos custos. Para a análise foram levantados a média de valores gastos para retrabalhar os componentes não conformes nos dois últimos anos, ou seja, de janeiro de 2013 á dezembro de 2014. Os custos fixos (CF) são custos que não sofrem alteração de valor em caso de aumento ou diminuição da produção. Já os custos variáveis (CV) são todos os custos que podem ser gerados adicionais tais como: valor gasto com retrabalhos, impostos, insumos diretos, etc. A Figura 76 apresenta a análise de ponto de equilíbrio elaborada pela equipe de projeto na apresentação.

Figura 76 -Análise de ponto de equilíbrio



Fonte: próprio autor

A Figura 76 demonstra que o custo médio gerado para retrabalhar as não conformidades girou em torno de R\$85,00 por martelo oscilante fabricado. Dessa forma a empresa deixou de ganhar nesse período R\$ 653.140,00. Após apresentar o impacto gerado no negócio a equipe de projeto apresentou a diretoria o objetivo principal do projeto de melhoria LSS. Nessa etapa da apresentação a equipe de projeto utilizou a ferramenta árvore de CTQ para traduzir as necessidades da organização. A Figura 77 apresenta a árvore CTQ elaborada para apresentação.

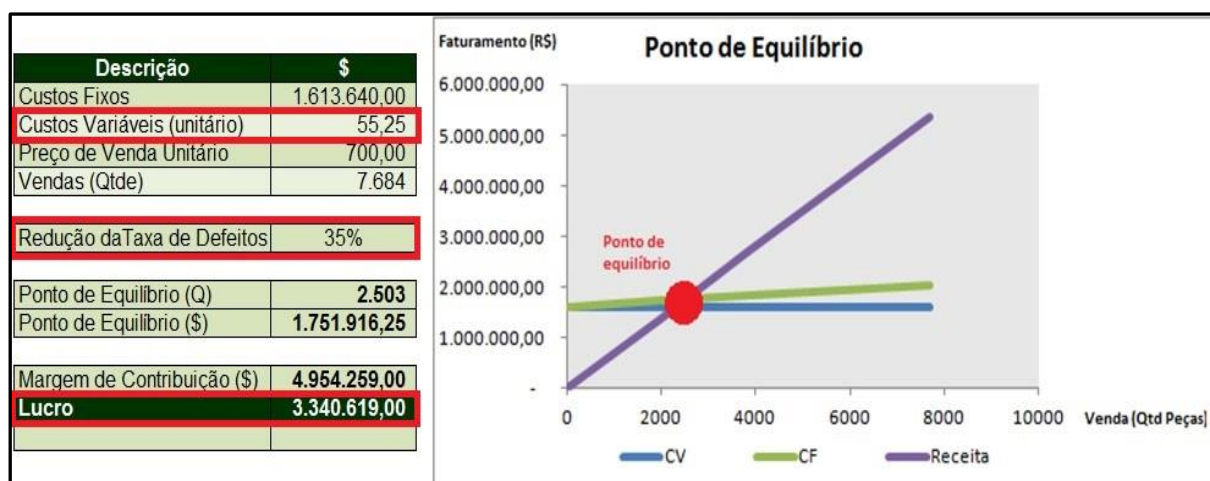
Figura 77 - Árvore CTQ



Fonte: próprio autor

Acompanhado da árvore CTQ foi apresentado os resultados que a organização poderia alcançar caso o projeto de melhoria fosse efetivo. A Figura 78 apresenta uma simulação de ponto de equilíbrio, considerando uma redução de 35% na taxa de defeito.

Figura 78 - Simulação de ponto de equilíbrio



Fonte: próprio autor

A simulação demonstra que se a empresa conseguir reduzir sua taxa de defeitos em 35%, a mesma irá impactar positivamente na redução de custos variáveis (unitários) que são gerados por meio de retrabalho nos martelos oscilantes. Consequentemente a empresa poderá

ter um aumento de aproximadamente 7,5% no lucro. Além disso, o ponto de equilíbrio em unidades reduzirá aproximadamente 5%, o que permitirá uma redução com as despesas de vendas e aumento da capacidade sem investimentos adicionais.

Etapa 4 – Escopo e metas para o projeto LSS

Com os objetivos e parâmetros de qualidade definidos o próximo passo adotado pela equipe de projeto foi alinhá-los ao escopo. A definição do escopo do projeto de melhoria LSS foi determinante para o rumo que o projeto iria tomar. Nessa etapa foram levantadas as restrições de tempo, os recursos que serão utilizados, o processo no qual o projeto será direcionado, os limites de atuação para o processo que será melhorado, as restrições a serem consideradas e as entregas.

A definição da meta foi o próximo passo adotado pela equipe de projeto, seu principal objetivo é projetar os ganhos financeiros que o projeto pode alcançar caso seja implantado com êxito, assim como os demais ganhos. A meta considerada para esse projeto foi a redução de 35% no número de não conformidades durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes.

Com a definição da meta do projeto concluída o próximo passo adotado pela equipe de projeto foi definir o escopo do projeto. Para esse projeto foram consideradas todas as áreas que atuam no processo de fabricação dos martelos oscilantes (fornecedores de matéria prima, setores de caldeiraria, usinagem e montagem). Esse projeto contemplou apenas os martelos que são vendidos para o grupo de usinas X. O prazo para execução do projeto foi de 12 de janeiro de 2015 á 12 de junho de 2015. A Figura 79 apresenta o cronograma do projeto utilizado pela equipe de projeto com o resumo das atividades e entregas que foram realizadas.

Figura 79 - Cronograma de atividades do projeto LSS

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES			
FASES DO DMAIC	DATA DE INÍCIO	DATA DE CONCLUSÃO	RESUMO DAS ATIVIDADES
DEFINIÇÃO	12/01/2015	19/01/2015	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar o produto ou processo a ser melhorado; ➤ Identificar os clientes (Internos / Externos); ➤ Traduzir suas necessidades em fatores críticos CTQ's; ➤ Desenvolver um termo de abertura (Project Charter); ➤ Desenvolver um mapa do processo ➤ Obter aprovação formal do projeto.
MEDIÇÃO	20/01/2015	20/02/2015	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar os indicadores críticos do processo e identificar as principais saídas do processo (Y's); ➤ Compreender o que gera defeito; ➤ Priorizar as causas identificadas; ➤ Desenvolver um plano para coleta de dados; ➤ Calcular o nível sigma e a capacidade do processo; ➤ Validar o sistema de medição.
ANÁLISE	23/02/2015	23/03/2015	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fazer análise das falhas; ➤ Fazer gráficos para compreender o fenômeno; ➤ Fazer análise estatística (caso necessário);
MELHORIA	24/03/2015	20/05/2015	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar pontos de melhoria; ➤ Aplicar conhecimentos para melhorar o processo existente.
CONTROLE	21/05/2015	12/06/2015	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabelecer métricas e controles para que o processo não volte a ser como era.

Fonte: próprio autor

Etapa 5 - Definição e responsabilidades dos membros da equipe de projeto

A organização da equipe de projeto é fundamental, pois nela são levantados todos os membros da equipe de projeto, suas funções e responsabilidades. A Figura 80 apresenta os membros da equipe de projeto que foram mobilizados para a implementação do projeto de melhoria LSS e suas respectivas funções e responsabilidades.

Figura 80 - Equipe de projeto LSS

Membros	Responsabilidades
Presidente "Sponsor"	O diretor da área de negocio é o responsável pela estratégia LSS na organização. O Sponsor deve assegurar que os projetos tenham impacto no negócio, além de avaliar o desempenho de toda equipe e divulgar os resultados alcançados com os projetos de melhoria.
Gerente de Produção "Champion"	O Gerente de produção foi designado para ser o patrocinador dos projetos em sua área. Suas principais responsabilidades são: Participar ativamente dos projetos LSS, disponibilizando todos os recursos necessários para a condução do projeto na empresa. O mesmo deve selecionar os membros
Black Belt	As principais responsabilidades do black belt são: Liderar a implementação de projetos LSS, desempenhar papel operacional nas atividades, supervisionar e treinar Green Belts e membros de equipe.
Green Belts	As principais responsabilidades dos Green Belts são: atuar na implementação de projetos LSS, aplicar ferramentas de melhoria contínua, compartilhar seus conhecimentos com equipes locais, implementar pelo menos um projeto por ano e indicar projetos LSS.
Membros da Equipe	Os membros da equipe foram convocados para atuarem em tempo parcial e devem oferecer suporte aos Green Belts e Black Belts, executam atividades delegadas pelo líder do projeto LSS e indicam novos projetos.

Fonte: próprio autor

As responsabilidades da equipe de projeto seguem descritas na matriz de responsabilidades elaborada pela empresa e apresentada na Figura 81 que segue.

Figura 81 - Matriz de responsabilidades

LEGENDA: C - COORDENA (LIDERA) E - EXECUTA AP - APROVA A - APOIA (ATUA SEMPRE) AS - ATUA QUANDO SOLICITADO AA - ARQUIVA E ATUALIZA T - TODOS ATUAM E RESPONDEM AO DIRETOR	SPONSOR	CHAMPION	BLACK BELT	GREEN BELT	GREEN BELT	MEMBROS DA EQUIPE	MEMBROS DA EQUIPE	MEMBROS DA EQUIPE
DEFINIÇÃO								
Definir escopo, objetivos e metas para o projeto	AP	E	E	E	E	AS	AS	AS
Elaboração e aprovação do Project Charter	AP	E	AS	AS	AS	AS	AS	AS
Elaboração do Mapa de Processo	AS	C	E	A	A	AS	AS	AS
MEDIÇÃO								
Medir a capacidade do processo e nível sigma	AS	C	AS	E	E	A	A	A
Avaliar o sistema de medição	AS	C	E	A	A	AS	AS	AS
ANÁLISE								
Analisar fontes de variação (Causa e Efeito)	AS	C	E	A	A	AS	AS	AS
Estabelecer e validar hipóteses	AS	C	E	A	A	AS	AS	AS
MELHORIA								
Elaborar FMEA	AS	C	E	A	A	AS	AS	AS
CONTROLE								
Padronizar o novo processo	AP	C	E	AS	AS	AS	AS	AS
Validar o projeto	E	AA	T	T	T	T	T	T


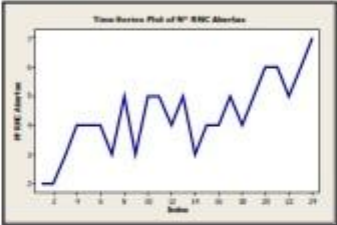
Fonte: próprio autor

Etapa 6 - Registro do Projeto

A sexta e última etapa da fase de definição consiste em documentar todas as ações que foram tomadas durante o decorrer do projeto através do *Project charter*. O *Project charter* é um contrato entre a equipe de projeto e seu patrocinador. Ele formaliza o projeto documentando o porquê, o como, o quem e quando o projeto ocorrerá.

Após a apresentação do projeto de melhoria LSS para a diretoria, a mesma observou que o projeto era viável e resolveu apoiar a iniciativa. Diante disso foi elaborado o termo de abertura do projeto "*Project Charter*" que é apresentado na Figura 82.

Figura 82 - Project Charter

PROJECT CHARTER		
Título: Redução de não conformidades no processo de fabricação dos martelos oscilantes.	Código: LSS-MT/001	
Area/Processo: Oxicorte, Caldeiraria, Usinagem.	Lider do Projeto: Alex	
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA/ OPORTUNIDADE		
Muitos martelos oscilantes tem apresentado um número elevado de defeitos durante o processo de fabricação, o que tem acarretado em aumento de custos e atrasos em relação ao prazo de entrega.		
HISTÓRICO DO PROBLEMA		
Ao interpretar os dados coletados nos históricos de fabricação, pode-se observar graficamente que o número de não conformidades tem se intensificado durante os últimos dois anos.		
		
Meta do Projeto: Reduzir o número de não conformidades durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes em 35% em seis meses, com o objetivo de reduzir os custos gerados com retrabalho e insatisfação de nossos clientes em relação ao prazo de entrega.		
ESCOPO DO PROJETO		
Serão envolvidas todas as áreas necessárias para a fabricação dos martelos oscilantes.		
EQUIPE DO PROJETO		
PAPEL	NOME	CARGO
Lider do Projeto:	Alex	Black Belt
Patrocinador:	Gustavo	Champion
Membros da Equipe:	Matheus / João	Green Belts
Especialistas para suporte Técnico:	Adilson, Reginaldo, Thiago.	Suporte Técnico
IMPACTO NO NEGÓCIO/ CLIENTE		
O problema vem se intensificando ao passar dos anos, gerando insatisfação da gerencia e de nossos clientes em função dos atrasos no prazo de entrega e também no elevado custo gerado com retrabalho.		
APROVAÇÃO DO PROJETO		
Ganho Financeiro Projetado: Aumento aproximado de 7,5% no lucro (R\$ 228.599,00)	Tipo de Ganho: Aumento no lucro, redução do número de defeitos, melhorias em relação a qualidade do produto.	
Aprovado por: Gustavo	Data da Aprovação: 19/01/2015	
Aprovado por: Carlos	Data da Aprovação: 19/01/2015	

Fonte: próprio autor

Com o *Project charter* definido é finalizado a fase de definição do projeto de melhoria LSS, dando início a fase de medição.

▪ Fase de Medição

A fase de medição é dividida em três etapas que seriam a coleta de dados do processo atual, mapeamento e identificação das entradas e saídas do processo e medição do desempenho do processo atual. As ações realizadas em cada etapa da fase de melhoria são descritas a seguir.

Etapa 1 - Coleta de dados do processo atual

A etapa de coleta de dados visa mapear o processo atual e identificar as entradas e saídas do mesmo, ou seja, busca levantar as atividades centrais que causam impacto no negócio.

Etapa 2 - Mapeamento e identificação das entradas e saídas do processo atual

Para mapear o processo de fabricação dos martelos oscilantes a equipe de projeto utilizou a ferramenta SIPOC. Para eles a ferramenta facilita na identificação das entradas e saídas do processo, além de mapear e apresentar de forma instantânea os envolvidos no processo de fabricação e aquisição. Segundo Yeung (2009) o SIPOC é um diagrama que tem como objetivo facilitar a visualização do trabalho. A denominação SIPOC resulta das iniciais em inglês dos cinco elementos presentes no diagrama: *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Insumos), *Process* (Processo), *Outputs* (Produtos) e *Customers* (Clientes). A Figura 83 apresenta o diagrama SIPOC do processo de fabricação dos martelos oscilantes.

Figura 83 - Diagrama SIPOC do processo de fabricação dos martelos oscilantes

NOME DO PROCESSO		FABRICAÇÃO MARTELOS OSCILANTES		
S (SUPPLIERS)	I (INPUTS)	P (PROCESS)	O (OUTPUTS)	C (CUSTOMERS)
FORNECEDOR A	CHAPAS CORTADAS	PROCESSO DE FABRICAÇÃO MARTELOS OSCILANTES	MARTELOS OSCILANTES	CLIENTE X
FORNECEDOR B	CHAPAS CORTADAS		MARTELOS OSCILANTES	CLIENTE X

Fonte: próprio autor

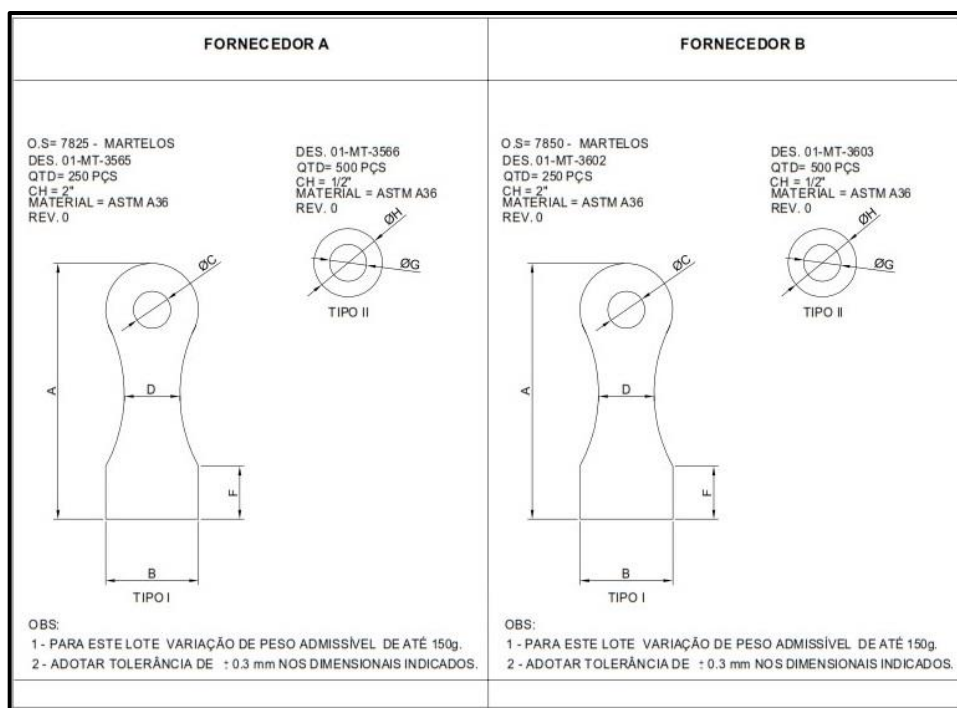
Para a elaboração do diagrama SIPOC utilizou-se como base a técnica *brainstorming* para levantar as entradas e saídas do processo.

Etapa 3 - Medição do desempenho do processo atual

Essa etapa visa medir o desempenho atual do processo, no qual deseja ser melhorado. A medição do desempenho atual é um fator primordial, pois através dela pode-se compreender o comportamento do processo.

Na etapa de medição do desempenho do processo atual a equipe de projeto buscou medir todas as variáveis que contribuíam para a má qualidade dos martelos oscilantes. Inicialmente foram inspecionadas e medidas 500 chapas cortadas que compõem 2 lotes de martelos oscilantes. A empresa Alfa tem parceria com dois fornecedores de corte de chapas. No presente estudo serão identificados como Fornecedor A e Fornecedor B. A tolerância adotada para o corte das chapas é de mais ou menos 0,3mm nos dimensionais indicados nos desenhos de corte. Outra restrição também é feita aos fornecedores em relação ao peso das chapas cortadas, devendo adotar uma variação máxima 150g por lote. A Figura 84 apresenta os desenhos de corte enviados aos fornecedores.

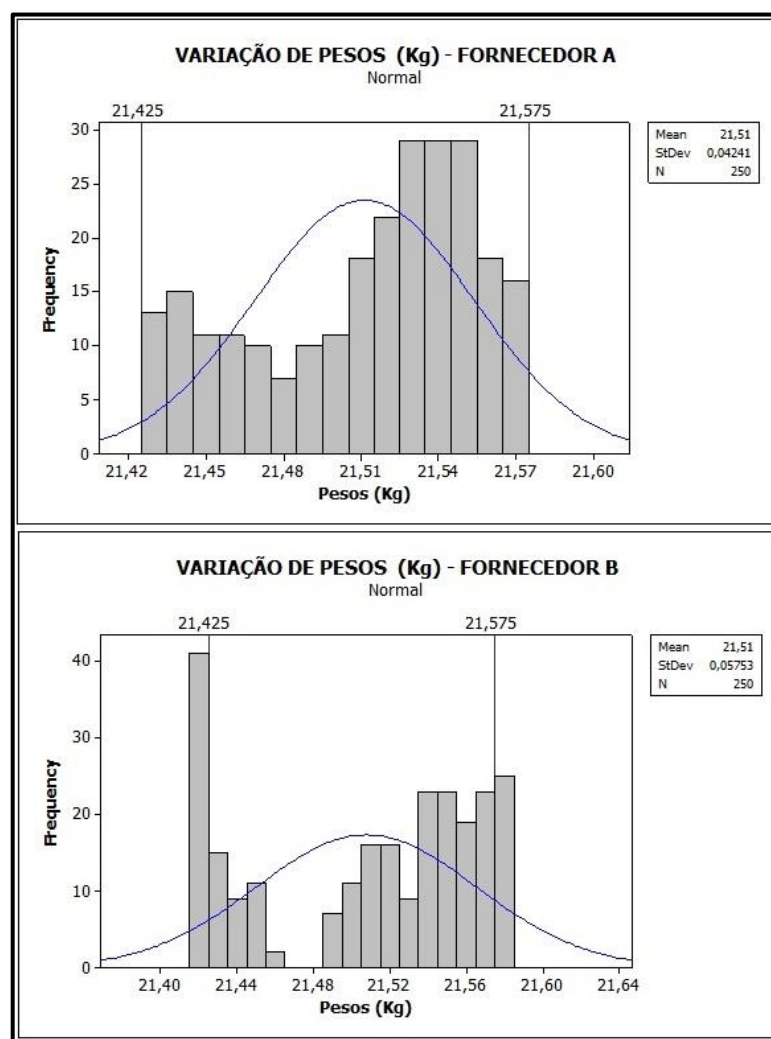
Figura 84 - Desenhos de corte



Fonte: próprio autor

Como pode-se observar cada fornecedor recebe um desenho de corte, contendo a ordem de serviço, o número de desenho que está relacionado, a quantidade de peças que devem ser fabricadas, a espessura da chapa, o tipo de material e o número de revisão do desenho. Para cada lote também é adotado uma variação de pesos e medidas aceitáveis. A Figura 85 apresenta o levantamento de pesos realizado nos dois lotes de martelos oscilantes pelo setor de qualidade da empresa Alfa.

Figura 85 - Variação de pesos martelos oscilantes por fornecedor



Fonte: próprio autor

Para facilitar o entendimento dos gráficos de variabilidade de pesos dos martelos oscilantes, a equipe de projeto realizou uma análise estatística de cada lote através do software Minitab®, que é apresentada na Figura 86.

Figura 86 - Análise estatística dos martelos oscilantes

FORNECEDOR A									
Descriptive Statistics: Pesos (Kg)									
Variable	Total Count	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Pesos (Kg)	250	250	0	21,511	0,00268	0,0424	0,00180	0,20	21,425
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum					
Pesos (Kg)	21,476	21,523	21,545	21,575					

FORNECEDOR B									
Descriptive Statistics: Pesos (Kg)									
Variable	Total Count	N	N*	Percent	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar
Pesos (Kg)	250	250	0	100	21,508	0,00364	0,0575	0,00331	0,27
Variable	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum				
Pesos (Kg)	21,417	21,442	21,523	21,558	21,581				

Fonte: próprio autor

Através dos gráficos apresentados nota-se que há uma variabilidade de pesos nos dois lotes fornecidos, porém o lote do Fornecedor B apresentou 63 peças cortadas com variação de pesos fora dos limites de especificação. Através de relatórios emitidos pela equipe de qualidade também detectou-se que 21 peças apresentavam cortes irregulares. As peças com variação de pesos fora dos limites de especificação foram aceitas, porém tiveram que ser retrabalhadas, já as com cortes irregulares foram reprovadas pelo setor de qualidade e devolvidas ao fornecedor. A Figura 87 apresenta um martelo oscilante cortado conforme especificação.

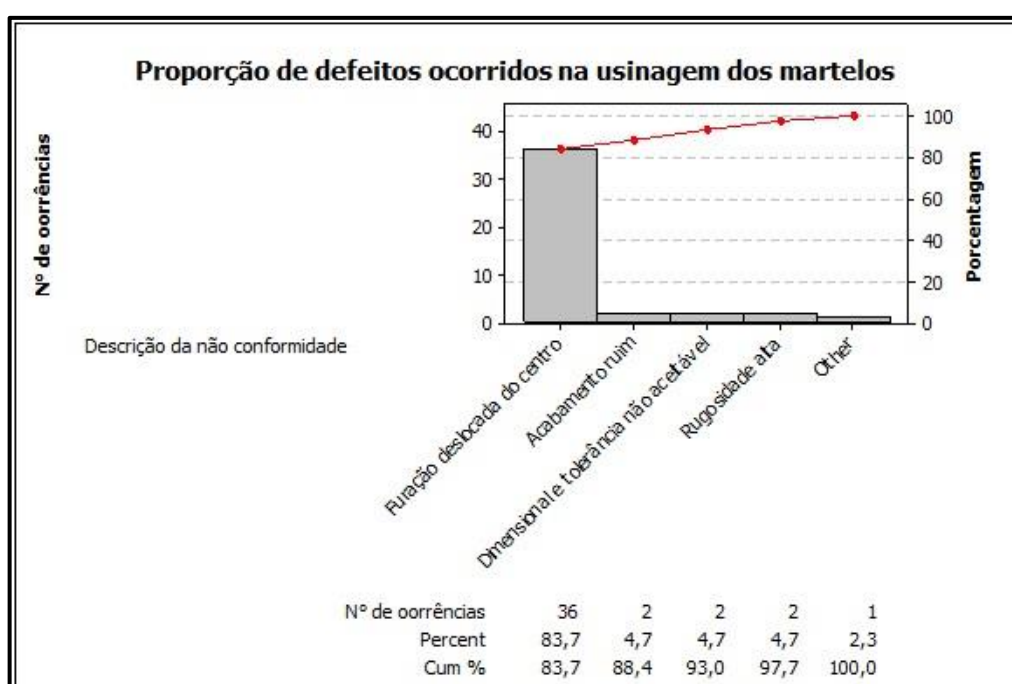
Figura 87 - Martelo oxicortado



Fonte: próprio autor

Ainda na fase de medição do processo atual a equipe de projeto junto ao setor de qualidade mediu todas as etapas do processo de usinagem dos martelos oscilantes. Ao finalizar as medições foram levantados todos os registros de não conformidades abertos envolvendo a área de usinagem. A Figura 88 apresenta o diagrama de Pareto elaborado pela equipe de projeto para demonstrar a proporção de defeitos ocorridos de janeiro a fevereiro de 2015 durante o processo de usinagem das chapas dos martelos oscilantes .

Figura 88 - Proporção de defeitos ocorridos na usinagem dos martelos

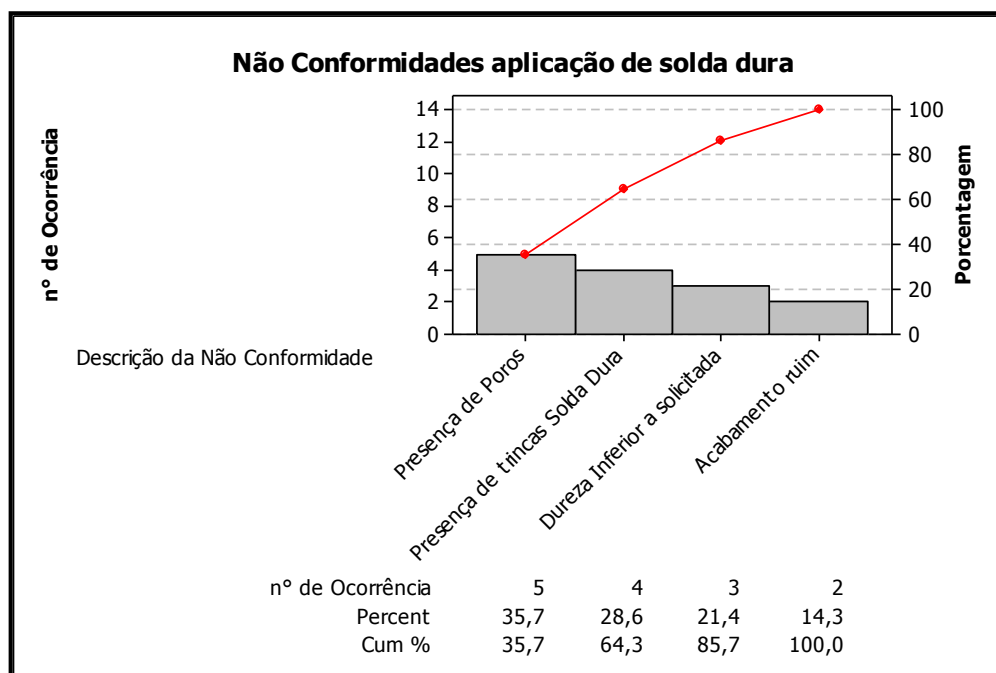


Fonte: próprio autor

A usinagem das buchas de bronze foram analisadas e as mesmas não apresentaram defeitos durante o seu ciclo de fabricação.

Após levantar os registros de não conformidades no processo de usinagem, a equipe de projeto verificou o número de não conformidades geradas também no processo de soldagem de revestimento duro nos martelos oscilantes. A proporção de defeitos ocorridos de janeiro a fevereiro de 2015 durante o processo de soldagem é apresentado na Figura 89.

Figura 89 - Proporção de defeitos ocorridos durante a aplicação de solda



Fonte: próprio autor

As atividades de balanceamento, colagem de buchas e pintura também não apresentaram nenhum tipo de não conformidade. Após o levantamento das não conformidades geradas no processo de fabricação dos martelos oscilantes, foi realizado o cálculo de DPMO e o mesmo resultou em 22.267 (defeitos por milhão de oportunidades) e nível sigma de 3,51 σ . Como a meta para este projeto de melhoria LSS é a redução de pelo menos 35% no número de não conformidades durante a fabricação dos martelos oscilantes, pretende-se chegar a 3,68 σ (nível sigma) e 14.473 DPMO. Finalizando a etapa de medição com todos os levantamentos de dados do processo, a equipe de projeto inicia-se a fase de análise. A fase de análise tem como objetivo analisar os dados e informações levantadas na fase de medição e determinar se há relação entre causa e efeito do processo e potenciais fontes de variabilidade das medições do processo.

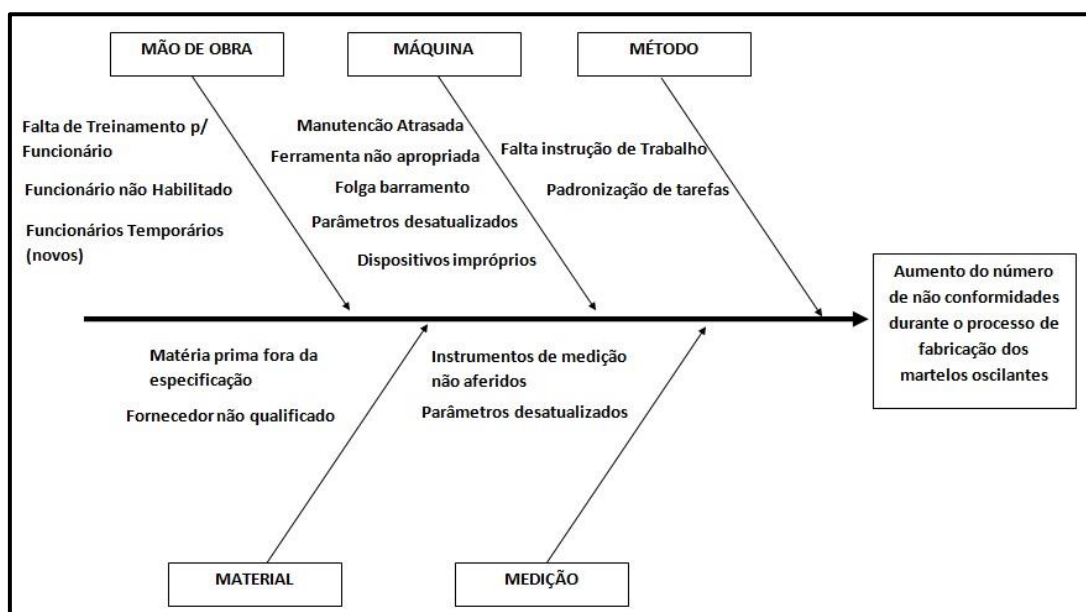
▪ Fase de Análise

A fase de análise é subdividida em três etapas que seriam: estabelecer a relação de causa raiz do problema, identificar oportunidades de melhoria e desenvolver hipóteses. As ações realizadas em cada etapa da fase de análise são descritas a seguir.

Etapa 1 – Estabelecer relação de causa e raiz do problema

Nessa etapa a equipe de projeto buscou estabelecer uma análise da causa raiz do problema, ou seja, investigaram os motivos que levaram ao aumento do número de não conformidades no processo de fabricação dos martelos oscilantes. Para isso a equipe de projeto reuniu-se com todos os envolvidos durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes. O objetivo da reunião era estabelecer relação de causa e raiz dos problemas, a fim de identificar melhores práticas, para que os mesmos não viessem mais ocorrer. Através da técnica *brainstorming* a equipe de projeto e demais envolvidos conseguiram levantar informações relevantes, que foram de grande ajuda na identificação de possíveis causas que contribuíam para o aumento das não conformidades durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes. A Figura 90 apresenta um diagrama de causa e efeito que foi elaborado a partir das informações coletadas em reunião pela equipe de projeto.

Figura 90 - Diagrama de causa e efeito (aumento das não conformidades nos martelos oscilantes)

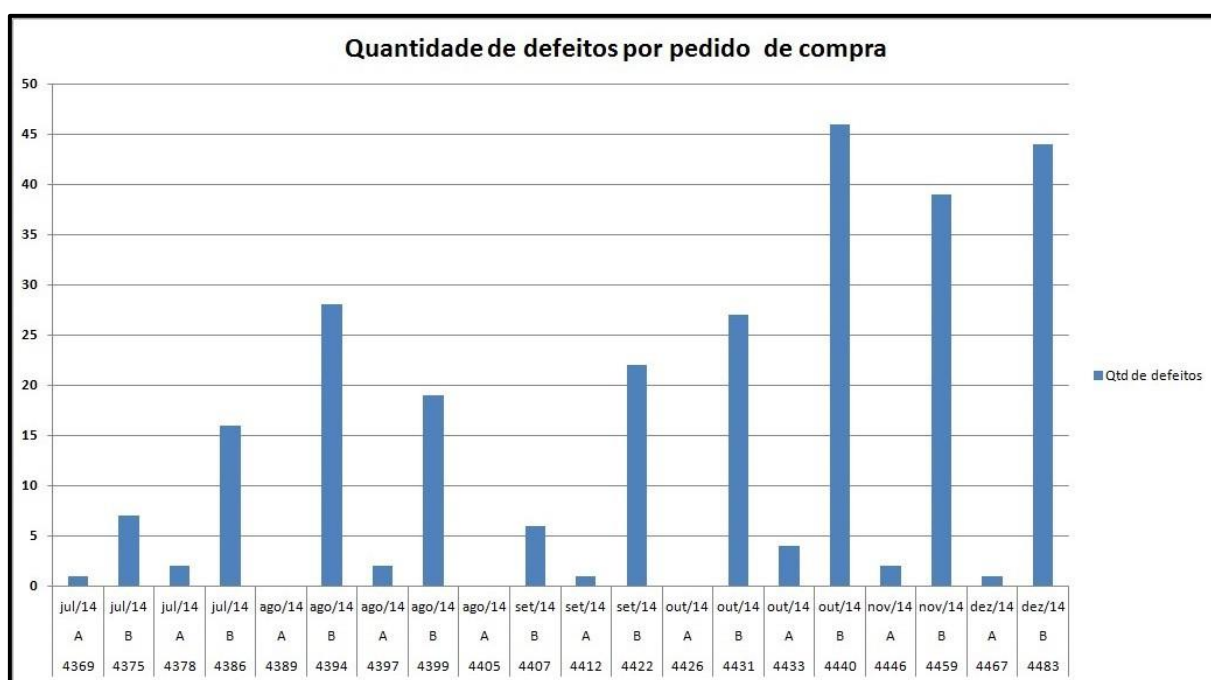


Fonte: próprio autor

Através do diagrama de causa e efeito pode se observar diversas causas que contribuem para fabricação de produtos não conformes. Os membros da equipe de projeto observaram que um dos problemas que acarreta custos adicionais durante a fabricação dos martelos oscilantes estava relacionado ao corte da matéria prima, ou seja, o problema de fabricação se iniciava no fornecimento de chapas oxycortadas. Quando as chapas são fornecidas com dimensionais fora da especificação do desenho de corte, as mesmas devem ser

retrabalhadas para padronizar os pesos e tamanhos. Os pesos devem ser mantidos dentro de uma variação máxima de 150g por lote, caso isso não ocorra irá se gastar muito mais tempo e consumíveis de soldagem na etapa de balanceamento. Conseqüentemente o valor gasto de consumíveis e horas trabalhadas irá sair orçamento inicial, gerando custo adicional para a empresa. Quando as chapas chegam com cortes irregulares não são aceitas pelo controle de qualidade, conseqüentemente são devolvidas ao fornecedor. A reposição de novas chapas pelo fornecedor demanda tempo, gerando atrasos em relação ao prazo de entrega e insatisfação do clientes. Como forma de evitar esses problemas a equipe de projeto levantou dados de aquisição de matéria prima dos últimos seis meses e cruzou as informações com os registros de não conformidades, para verificar qual fornecedor entregou maior número de chapas oxicrotadas fora da especificação. O levantamento de dados é apresentado através da Figura 91.

Figura 91 - Quantidade de defeitos por pedido de compra



Fonte: próprio autor

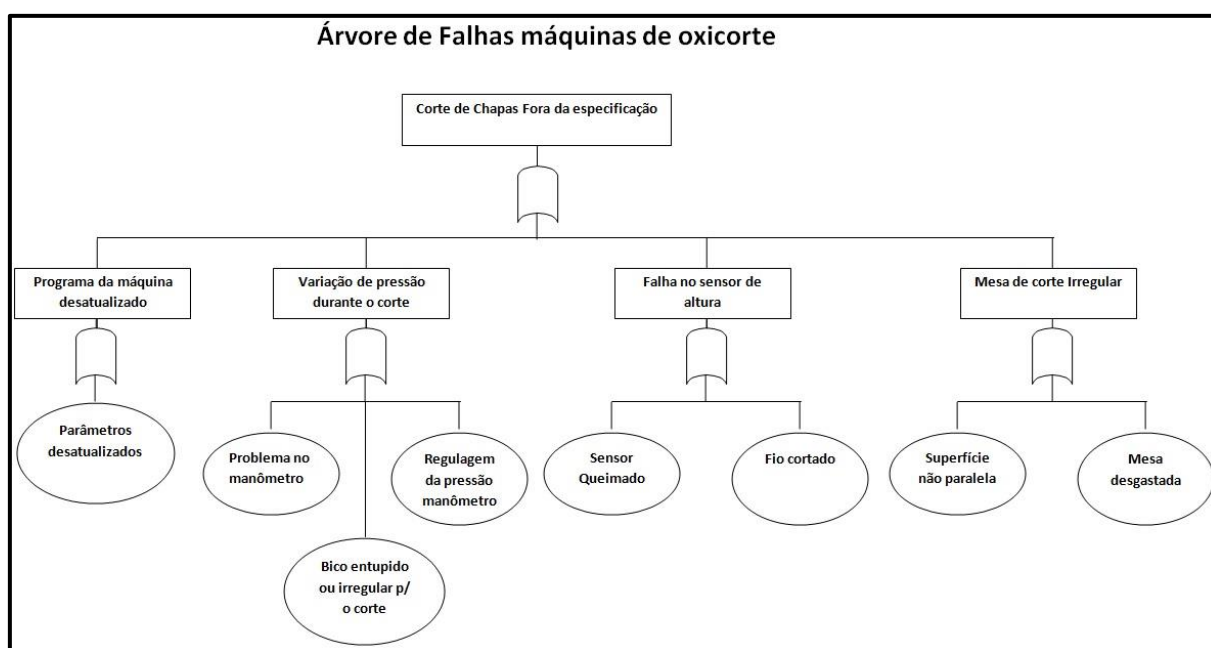
A Figura 91 demonstra que o Fornecedor B forneceu maior número de chapas não conformes nos últimos seis meses.

Etapa 2 – Identificar oportunidades de melhoria.

A equipe de projeto propôs uma reunião com a diretoria e o departamento de compras para discutir sobre o fornecimento de chapas oxicrotadas. Em pauta foi proposto duas

possíveis soluções, sendo a primeira homologar novos fornecedores de chapas oxicrotadas, e a segunda opção era se reunir com o Fornecedor B e investigar as possíveis causas dos problemas relacionados ao corte das chapas. A diretoria propôs a segunda opção, pois a mesma visava manter a parceria e o relacionamento com seu parceiro de negócio, podendo trazer futuramente benefícios múltiplos para ambas organizações. A equipe de projeto ao se reunir com o Fornecedor B apresentou um relatório com o histórico de fornecimento e os principais problemas encontrados nos cortes de chapas para que juntos pudessem investigar as possíveis causas. Para representar as possíveis causas dos problemas relacionados ao corte das chapas, foi utilizado pela equipe de projeto a ferramenta árvore de falhas. A Figura 92 apresenta a análise da árvore de falhas do processo de oxicrote elaborado pela equipe de projeto.

Figura 92 - Árvore de falhas da máquina de oxicrote



Fonte: próprio autor

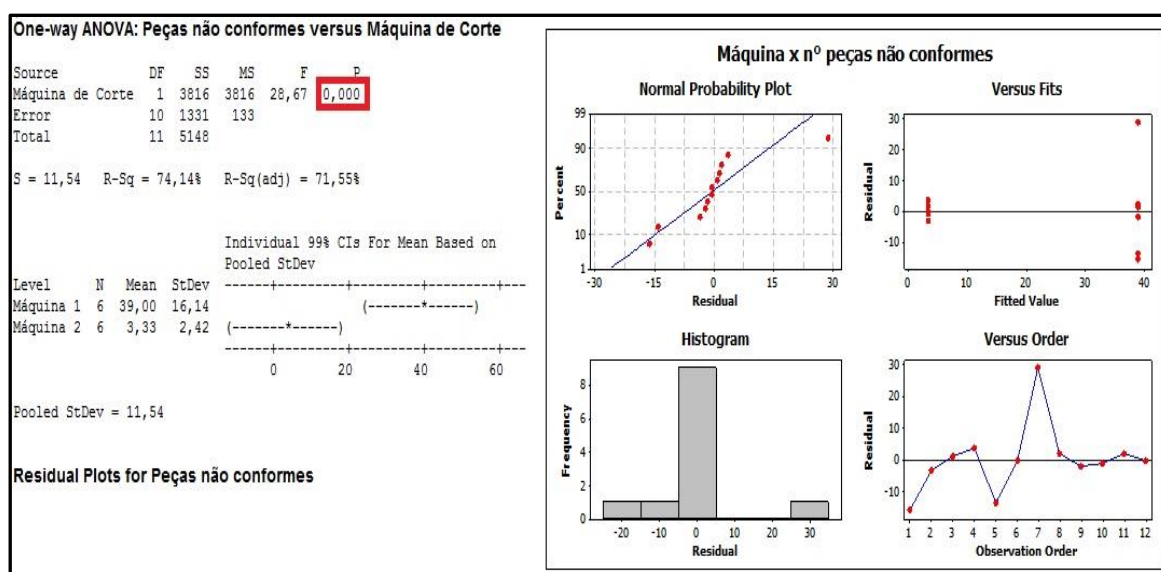
Após analisar as possíveis falhas que uma máquina de corte pode sofrer, a equipe de projeto buscou investigar o funcionamento das máquinas de corte.

Etapa 3 – Desenvolver hipóteses

O Fornecedor B possui duas máquinas de corte similares, ambas foram utilizadas no fornecimento de matéria prima para empresa Alfa. A equipe de projeto junto ao Fornecedor B

relacionou as informações de aquisição de chapas oxicortadas nos últimos seis meses, com as máquinas que foram utilizadas para o fornecimento e peças fornecidas não conformes. A equipe de projeto utilizou a ferramenta ANOVA para testar a hipótese de que as máquinas operam da mesma forma e estão em pleno funcionamento com 99% de certeza, não necessitando de maiores investigações. As máquinas foram identificadas como máquina 1 e máquina 2 para facilitar o rastreamento. A Figura 93 apresenta os resultados obtidos através da ferramenta ANOVA.

Figura 93 - ANOVA teste de funcionamento



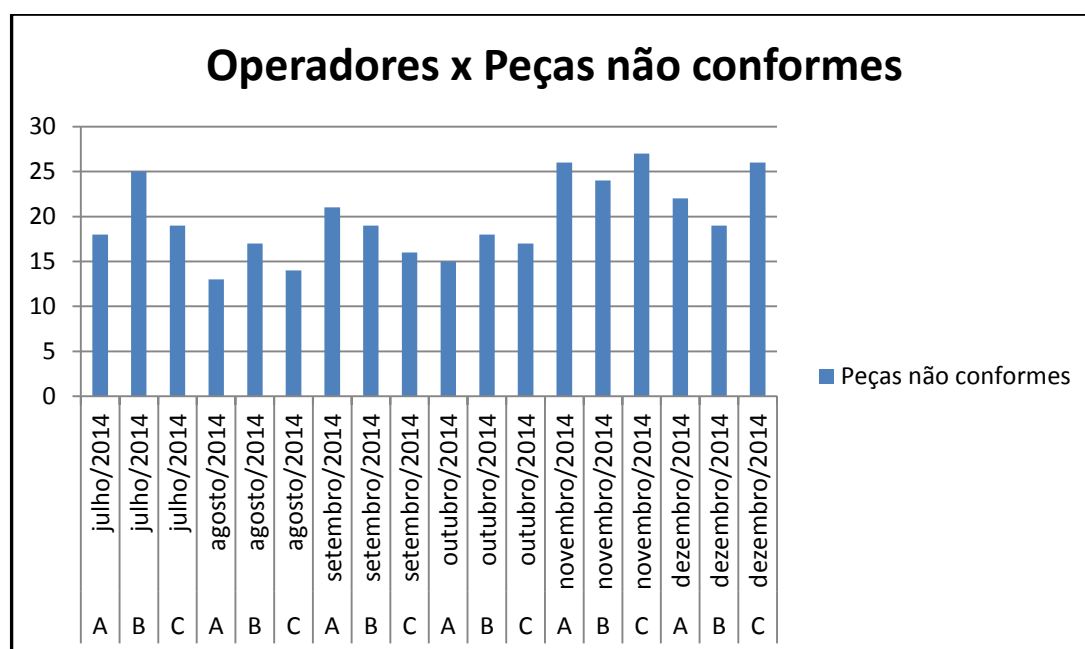
Fonte: próprio autor

Através da Figura 93 nota-se que as máquinas não operam da mesma forma. A análise estatística revela que a máquina 1 gera maior índice de peças não conformes, necessitando de maiores investigações. Após detectar que a máquina 1 contribui para a fabricação de peças não conformes, foi realizado pela equipe de manutenção do Fornecedor B uma série de testes que tinha como objetivo detectar a causa raiz dos problemas de oxicorte. Após vários testes foi detectado que os parâmetros da máquina estavam desatualizados e que a mesa de corte estava apresentando desgaste excessivo. Em virtude disso foi realizado uma parada para manutenção da mesa de corte e atualização dos parâmetros.

Após detectar a causa raiz dos problemas de oxicorte a equipe de projeto analisou o processo de usinagem dos martelos e buchas de bronze. Inicialmente a equipe de projeto analisou o histórico de manutenções preventivas para verificar se as mesmas estavam sendo realizadas nos tempos pré-estabelecidos pelo cronograma de manutenção. Através dos

registros dos colaboradores da área de manutenção observou-se que tanto o centro de usinagem, quanto os demais equipamentos estavam com a manutenção em dia. Essas informações foram úteis, pois descartaram a possibilidade de falhas de funcionamento nas máquinas e equipamentos. O segundo passo adotado pela equipe de projeto foi analisar se os instrumentos de medição estavam todos com a calibração em dia. Através dos registros fornecidos pelo departamento de controle de qualidade observou-se que apenas um paquímetro estava com calibração vencida, porém o mesmo não estava mais em uso. A terceira etapa da investigação envolveu os três operadores que operavam o centro de usinagem em seu turno de trabalho. Conforme mencionado anteriormente as chapas usinadas com furação deslocada do centro, apresentaram maior índice de ocorrências de não conformidades no setor de usinagem. Em função disso a equipe de projeto relacionou os registros de não conformidade abertos nos últimos seis meses com os operadores que operam o centro de usinagem. Para a análise, os operadores foram identificados como operador A, B e C. A Figura 94 apresenta o histograma elaborado para demonstrar a proporção de defeitos gerados por operador de julho a dezembro de 2014.

Figura 94 - Proporção de defeitos gerados por operador

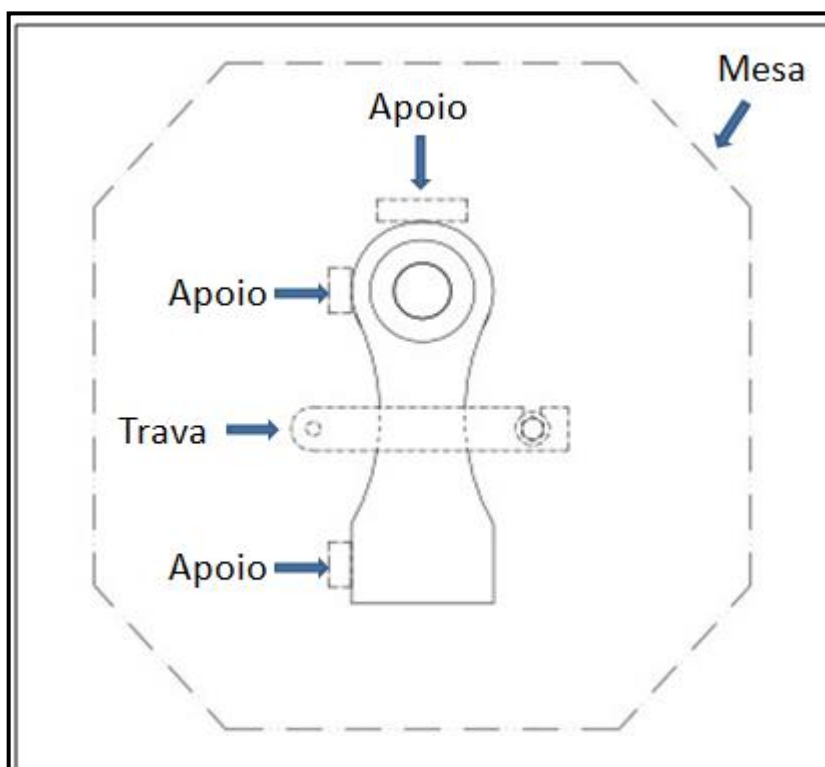


Fonte: próprio autor

Através da Figura 94 pode se observar que a fabricação de peças não conformes nesse período ocorreu com os três operadores. Após elaboração do gráfico a equipe de projeto se reuniu com os operadores, com intuito de investigar as possíveis causas do número crescente de peças não conformes. Ao se reunir com os operadores a equipe de projeto utilizou a ferramenta *brainstorming* e um questionário baseado na ferramenta 5 porquês. Através dos mesmos chegaram a seguinte conclusão:

As peças apresentam furação deslocada do centro, em função da variação de corte e da forma que as mesmas são centradas. Como as peças são centradas através de um dispositivo que apoia uma das laterais dos martelos, toda variação existente no corte irá repercutir na usinagem de furação. A Figura 95 apresenta o dispositivo utilizado.

Figura 95 - Dispositivo para usinagem de martelos



Fonte: próprio autor

Pode-se notar que o dispositivo utilizado é de fácil manuseio, pois permite ao operador maior agilidade na preparação de peças para usinagem. Porém o mesmo não lida com a variação dimensional presente nos martelos oxycortados. O processo de aplicação de solda dura nos martelos oscilantes embora apresentasse apenas 14 defeitos de fabricação, foi à próxima etapa analisada pela equipe de projeto. A equipe de projeto se reuniu com o responsável pela área de soldagem para levantar as possíveis causas que contribuíram para a

não conformidade em algumas peças. Através da ferramenta cinco porquês chegaram a conclusão que falta um procedimento operacional para a aplicação de solda dura nos martelos oscilantes e registro de qualificação de dois soldadores recém-contratados.

Após analisar todas as variáveis que contribuem para a fabricação de martelos não conformes, a equipe de projeto seguiu para a fase de melhoria. A fase de melhoria tem como objetivo testar, avaliar e implementar novas soluções para os processos de fabricação.

- **Fase de Melhoria**

Na fase de melhoria a equipe de projeto propôs algumas ações que visam melhorar a qualidade dos martelos oscilantes fabricados pela empresa Alfa. As ações de melhoria são descritas a seguir.

Avaliação de fornecedores

Para avaliar os fornecedores foi elaborado pela equipe de projeto um questionário de avaliação. A avaliação de fornecedores é uma ação de melhoria de grande importância, pois ela determina se o mesmo está apto a fornecer insumos para a empresa com qualidade. Caso o fornecedor apresente resultado negativo é dado um tempo para que o mesmo se enquadre aos requisitos pré-determinados, caso o mesmo seja reprovado novamente é desclassificado e passa a não ser cotado mais. A Figura 96 apresenta o questionário de avaliação de fornecedores elaborado pela equipe de projeto.

Figura 96 - Questionário de avaliação de fornecedores

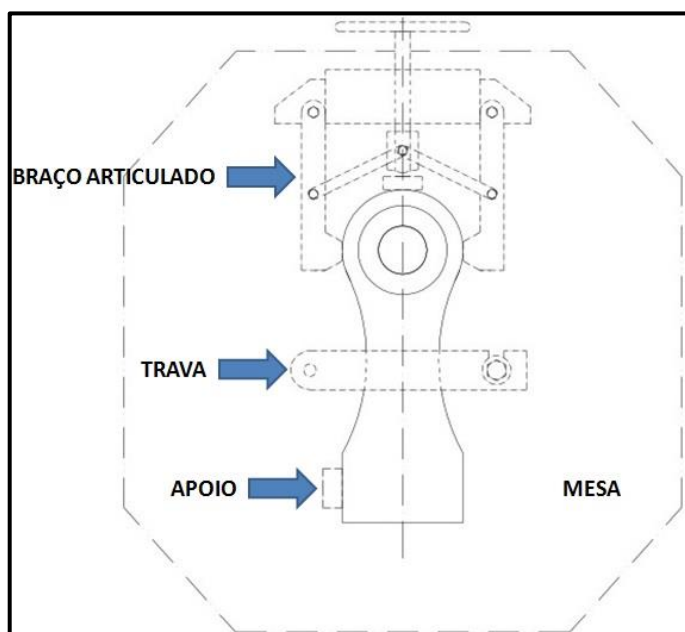
ALFA		Questionário de Avaliação Fornecedor			Código	FR232_P09_V00
					Versão	0
					Folha	1 de 1
Sistema de Gestão da Qualidade						
Sua empresa já possui certificação do sistema de Gestão da Qualidade baseado nos requisitos da norma ISO 9001:2008 ? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO						
Em caso afirmativo enviar cópia do certificado, não sendo necessário responder o questionário abaixo. Em caso de resposta negativa, por gentileza responda o questionário abaixo, informando a situação atual da empresa de acordo com a Norma ISO 9001. Considerando que devem ser registrados no campo observações do Fornecedor os itens em processo de implantação.						
Item	Aspectos Abordados	SIM	NÃO	NA		
1	A empresa possui uma política da qualidade documentada, implantada, divulgada e compreendida em todos os níveis de organização ?					
2	Existe uma sistemática para documentação da responsabilidade e autoridade do pessoal que gerencia, executa e verifica atividades que influem na qualidade ?					
3	A alta direção da empresa analisa criticamente o sistema da qualidade em intervalos definidos ?					
4	A empresa possui um sistema da qualidade documentado em um Manual da Qualidade que descreve de forma sucinta o sistema implementado ?					
5	A empresa antes da submissão de uma proposta ou da aceitação de um contrato ou pedido de venda, analisa criticamente os mesmos para o atendimento de requisitos especificados ?					
6	A empresa possui uma metodologia para controlar e verificar o projeto do produto, a fim de assegurar que os requisitos especificados sejam atendidos ?					
7	A empresa possui um procedimento estabelecido para o controle de documentos e dados ?					
8	A empresa seleciona e avalia seus fornecedores em intervalos definidos ?					
9	A empresa analisa criticamente e aprova os documentos de aquisição antes de sua liberação para seus fornecedores ?					
10	A empresa possui uma sistemática para identificação e rastreabilidade de produtos durante todas as etapas em que estes permanecem na empresa e até a entrega ?					
11	A empresa possui uma sistemática para assegurar que os processos de produção, instalação e serviços associados que influem na qualidade são executados sob condições controladas ?					
12	A empresa possui um procedimento documentado para inspeção ou verificações dos produtos no recebimento, durante o processo produtivo e final antes de sua entrega ?					
13	A empresa possui um procedimento documentado para o controle de equipamentos de inspeção, medição e ensaios incluindo um programa de calibração de equipamentos, critérios de aceitação, identificação da situação de aferição do equipamento e etc ?					
14	A empresa identifica através de meios adequados a conformidade ou não do produto com relação à inspeção e ensaios realizados ?					
15	A empresa possui um procedimento documentado para assegurar que produtos não-conformes sejam impedidos de serem utilizados não intencionalmente ?					

Fonte: próprio autor

Dispositivo para usinagem

Conforme mencionado anteriormente o dispositivo que era utilizado para a usinagem dos martelos oscilantes, foi considerado impróprio para aquela situação, pois o mesmo não lida com a variação dimensional da chapa dos martelos ocasionada pelo corte. Uma das saídas para que esse dispositivo funcionasse corretamente seria usinar todas as dimensões dos martelos, porém isso geraria um alto custo que se tornaria inviável para o cliente. Em função disso foi estudado e implementado um novo dispositivo que se ajusta através de um braço articulado. O dispositivo ajusta ambas as laterais do martelo, não permitindo que a usinagem da furação, saia deslocada. A Figura 97 apresenta o dispositivo implantado no setor de usinagem.

Figura 97 - Dispositivo implantado para usinagem



Fonte: próprio autor

Procedimento para aplicação de solda dura

Para reduzir os problemas de aplicação de solda dura nos martelos oscilantes, foi elaborado pela equipe de projeto um procedimento para aplicação de solda dura em martelos oscilantes. O procedimento visa orientar os soldadores a respeito do consumível que deverá ser utilizado no processo de soldagem, os parâmetros que deverão ser adotados de acordo com a bitola do eletrodo e as propriedades mecânicas almejadas. A Figura 98 apresenta o procedimento para aplicação de solda dura elaborado pela equipe de projeto.

Figura 98 - Procedimento para aplicação de solda dura

Alfa

Procedimento PR 150406-00

PROCEDIMENTO PARA APLICAÇÃO DE SOLDA DURA DE PROTEÇÃO EM MARTELOS OSCILANTES – ELETRODO CR 70

1- Utilizar Eletrodo de Revestimento, Classif. DIN 8555 / EN 14700 / E10 UM 65 GRZ / E Fe 16.

2- Limpar a área antes da soldagem.

3- Aplicar a solda nas regiões especificadas no desenho.

4- Parâmetros de Soldagem

	DIÂMETRO (mm)	CORRENTE (A)
PARÂMETROS DE SOLDAGEM TÍPICO	2,50	80 – 100
	3,25	100 – 150
	4,00	160 – 200
	5,00	220 - 310

5- Procedimentos de Aplicação de Solda Dura

Utilizar corrente contínua em polaridade positiva ou corrente alternada.
 Aplicável nas posições de soldagem plana e horizontal.
 Recomenda-se no máximo a aplicação de 2 camadas. Quando necessário, aplicar almofada com **KST 4370 Fe** ou **KST CRONI 29/9 Fe**.

6- Propriedade mecânica almejada: Dureza 60 a 67 HRC.
 OBS: No início da aplicação, tirar dureza para comprovação. Caso não esteja de acordo, reavaliar a aplicação.

Gustavo,
 20/04/2015

Alfa - EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

Fonte: próprio autor

Após as implementações das ações de melhoria a equipe de projeto realizou uma nova medição do desempenho do processo de fabricação dos martelos oscilantes. O objetivo dessa nova medição era verificar se as melhorias propostas pela equipe de projeto foram capazes de reduzir o índice de não conformidades no processo de fabricação dos martelos oscilantes. O quadro 4 apresenta uma comparação dos resultados obtidos na primeira medição com os resultados alcançados após a implementação do projeto de melhoria LSS.

Quadro 4 - Comparação dos resultados do projeto LSS

Cálculo DPMO e nível sigma			
Cálculo	Inicial	Meta	Final
DPMO	22.267	14.473	5.344
Nível σ	3,51	3,68	4,05

Fonte: próprio autor

O quadro 4 demonstra que com a implementação do projeto de melhoria LSS na empresa Alfa conseguiu melhorar sua taxa de defeitos por milhão de oportunidades, ou seja, conseguiram reduzir a fabricação de martelos não conformes em aproximadamente 76% e elevou-se o nível sigma de 3,51 para 4,05, ultrapassando suas expectativas iniciais que era de uma redução de 35% no número de martelos oscilantes fabricados não conformes. Com esse resultado a empresa obteve um retorno financeiro de aproximadamente R\$ 21.000,00 mensal, com a redução do índice de retrabalho e fabricação de peças não conformes. Finalizando a medição do DPMO e nível sigma a equipe de projeto avançou para a fase de controle. A fase de controle tem como objetivo padronizar e definir os controles necessários para que o processo não volte para a situação inicial.

▪ Fase de Controle

Na fase de controle a equipe de projeto implementou 6 ações que visavam garantir a sustentabilidade do projeto de melhoria LSS na fabricação de martelos oscilantes. As ações propostas pela equipe de projeto são descritas a seguir:

Auditorias periódicas

Para sustentar a implementação do projeto de melhoria LSS a equipe de projeto implantou o programa anual de auditorias. O programa visa avaliar a qualidade dos serviços prestados pelos fornecedores e também verificar a qualidade dos processos internos da organização. As auditorias periódicas asseguram o comprometimento dos envolvidos na sustentação do projeto de melhoria LSS e procedimentos internos da organização. A Figura 99 apresenta o planejamento do programa anual de auditorias elaborado pela equipe de projeto.

Figura 99 - Programa anual de auditorias

ALFA		Programa Anual de Auditorias											Código	FR33_P09_V00
													Versão	0
													Folha	1 de 1
Emissor: Gustavo		Data da Emissão: 20/04/2015											Ano 2015	
Processo: Fabricação dos martelos oscilantes		Número da Revisão: 0												
Local da Auditoria	Interna/Externa		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SETOR DE USINAGEM	INTERNA	P					22/abr			03/ago				
		R					22/abr			03/ago				
SETOR DE CALDEIRARIA	INTERNA	P					24/abr			06/ago				
		R					24/abr			06/ago				
SETOR DE PINTURA	INTERNA	P					27/abr			12/ago				
		R					24/abr			12/ago				
SETOR DE MANUTENÇÃO	INTERNA	P					01/mai			17/ago				
		R					01/mai			17/ago				
SETOR DE RECEBIMENTO	INTERNA	P					05/mai			20/ago				
		R					05/mai			20/ago				
ÁREA DE PLANEJAMENTO	EXTERNA	P					08/mai			24/ago				
		R					08/mai			24/ago				
FORNECEDOR A	EXTERNA	P					12/mai			26/ago				
		R					12/mai			26/ago				
FORNECEDOR B	EXTERNA	P					18/mai			28/ago				
		R					18/mai			28/ago				
FORNECEDOR DE CONSUMÍVEIS	EXTERNA	P					20/mai			31/ago				
		R					20/mai			31/ago				
		P												
		R												
		P												
		R												
		P												
		R												

Fonte: próprio autor

Reuniões periódicas com a equipe de projeto

As reuniões periódicas com a equipe de projeto foram implementadas com intuito de melhorar o compartilhamento de informações. A troca de informações entre os gestores e equipe de projeto é fundamental, pois a mesma permite que todos os envolvidos no processo de mudança estejam cientes do rumo e estratégia que a organização está tomando. Conhecer a estratégia e os objetivos da organização são fatores chave que contribuem para efetividade do projeto de melhoria LSS.

Padronização do processo de fabricação

A equipe de projeto padronizou todas as etapas do processo de fabricação com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir os custos com retrabalho e efetivar os lucros. A padronização do processo de fabricação dos martelos oscilantes permitiu utilizar adequadamente os recursos no processo produtivo e criar métodos de controle e monitoramento do processo produtivo.

Monitoramento do processo de fabricação

Para o monitoramento do processo de fabricação dos martelos oscilantes a equipe de projeto utilizou a ferramenta carta de controle. A ferramenta auxiliou a equipe de projeto na detecção das variações ocorridas durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes, facilitando a tomada de decisão e implementação de novas ações de melhoria. Também foi implementado indicadores de qualidade com intuito de monitorar e avaliar as etapas do processo de fabricação dos martelos oscilantes. A Figura 100 apresenta os indicadores adotados para facilitar o monitoramento do processo de fabricação dos martelos oscilantes.

Figura 100 - Indicadores de desempenho

ALFA		INDICADORES DE DESEMPENHO					Maior de 2015	
OBJETIVOS		INDICADORES		ATUALIZAÇÃO		DIVULGAÇÃO	(X) GESTÃO À VISTA	TIPO DE REGISTRO
DESCRIÇÃO	TENDÊNCIA FAVORÁVEL	INTERPRETAÇÃO	RESPONSÁVEL	FREQUÊNCIA				
Desempenho de qualidade do fornecedor	Aumentar	IQF - Índice da qualidade do fornecedor, conforme métodos específicos da empresa.	COMPRAS	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Avaliação de fornecedores	Aumentar	Média das avaliações de fornecedores, por família e geral (através de certificações, auditorias nos fornecedores, etc.)	COMPRAS	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Entregas pendentes de fornecedores	Diminuir	Total de compras com entregas pendentes atrasadas (RS) x 100	COMPRAS	MENSAL	ABERTA		GRÁFICO	
Projetos implementados	Aumentar	(Quantidade de projetos implementados / quantidade de projetos aprovados) x 100	GERÊNCIA	MENSAL	ABERTA		GRÁFICO	
Investimento por projeto	Otimizar	(Somatória dos investimentos nos projetos em R\$) / (Quantidade de projetos)	GERÊNCIA	MENSAL	ABERTA		GRÁFICO	
Taxa interna de retorno de um projeto (TIR)	Aumentar	$VPL = 0 = \text{Investimento inicial} + \text{somatória de } t=1 \text{ até } N \text{ (FV}_t / (1+TIR)^t) \text{ onde } VPL = \text{Valor Presente Líquido, em R\$}$	GERÊNCIA	QUANDO DA ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJEITO.	FECHADA		GRÁFICO	
Entregas no prazo (Por cliente)	Aumentar	(Quantidade de entregas no prazo/Quantidade de entregas) x 100	LOGÍSTICA	MENSAL	ABERTA		GRÁFICO	
Retrabalho	Diminuir	(Quantidade de peças retrabalhadas/Quantidade de peças produzidas) x 100, por material fabricado	QUALIDADE	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Gastos com retrabalho por item	Diminuir	(Gasto total com retrabalhos em R\$)/(Quantidade de itens retrabalhados)	QUALIDADE	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Conformidade na inspeção final	Aumentar	(Quantidade de inspeções finais com resultados conformes/Quantidade de inspeções finais) x 100	QUALIDADE	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Conformidade nos processos	Aumentar	(Quantidade de requisitos considerados conformes / Quantidade de requisitos auditados) x 100 Calcular por processo e geral.	QUALIDADE	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Treinamento por colaborador	Aumentar	Total de horas de treinamento / nº de colaboradores	RH	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Investimento em treinamento e em desenvolvimento	Otimizar	(Total de investido em treinamento e em desenvolvimento em R\$/Atuamento em R\$) x 100	RH	MENSAL	ABERTA	X	GRÁFICO	
Eficácia dos treinamentos	Aumentar	(Quantidade de treinamentos ou treinados que atingiram os resultados mínimos para se caracterizar a eficácia) / (Quantidade total de treinamentos ou treinados) x 100	RH	MENSAL	ABERTA		GRÁFICO	

Fonte: próprio autor

Compartilhamento dos resultados

O compartilhamento dos resultados para todos os colaboradores foi uma medida adotada pela equipe de projeto. O objetivo do compartilhamento dos resultados foi fornecer a todos os colaboradores os resultados alcançados com a implementação dos projetos de melhoria LSS. O compartilhamento trouxe para os colaboradores satisfação, motivação e reconhecimento de todo trabalho. Mesmo que o resultado não fosse positivo o compartilhamento dos resultados se mostraria viável em função de forçar o colaborador a buscar novas formas de melhoria para a organização.

Treinamentos e capacitação profissional

O programa anual de treinamento e desenvolvimento profissional foi outra ação de melhoria implementada na fase de controle. O objetivo do programa anual de treinamento e desenvolvimento profissional é capacitar os colaboradores da organização em suas áreas de trabalho. Os treinamentos permitem ao colaborador aprimorar seus conhecimentos e desenvolver novas habilidades. A Figura 101 apresenta o planejamento e controle do programa anual de treinamentos.

7.4 Análise dos resultados

O projeto em questão aplicou a metodologia LSS na solução de problemas em uma metalúrgica de pequeno porte. Através do mesmo pode se observar que é possível integrar duas metodologias distintas *Lean* e Seis Sigma na solução de problemas reais e obter bons resultados com sua implementação, desde que as mesmas estejam atreladas ao objetivo da organização. Embora a implantação do projeto de melhoria LSS se mostrou viável para a organização em diversas situações e trouxe bons resultados, tais resultados poderiam ser ampliados, caso a equipe de projeto fosse melhor direcionada pelo método de implementação LSS adotado. O método DMAIC adotado pela empresa estudada, embora tenha sido concedido por uma empresa de consultoria durante o treinamento de formação *black belt* e *green belt* dos funcionários, se mostra limitado na visão do autor, em função de não detalhar as etapas a serem executadas de forma sequencial e sim apenas menciona algumas ações que devem ser executadas em cada fase do método DMAIC. Conforme mencionado no trabalho de Gnanarag et al. (2012), existem diversas estruturas do método DMAIC, diante disso não há um modelo padrão a ser seguido durante a implementação da metodologia LSS. Porém, conforme levantado pelos autores, grande parte das estruturas não direcionam a equipe de projeto durante a condução dos projetos de melhoria LSS e a maioria também não lida com as limitações encontradas nas empresas de pequeno porte. No método adotado pela empresa estudada, pode-se observar a falta de direcionamento em todas as etapas, porém a que chamou mais a atenção foi a etapa de melhoria. O método apenas menciona que a equipe de projeto deve propor ações de melhoria, diante disso, essa etapa se mostra muito abrangente, tornando difícil determinar se as melhorias propostas vão realmente alcançar o objetivo do projeto. Já a proposta de implementação da metodologia LSS desenvolvida a partir da revisão da literatura para pequenas empresas, determina que o primeiro passo a ser seguido é gerar ideias para eliminar as causas raízes dos problemas levantados nas fases anteriores. Após gerar as ideias para eliminação da raiz do problema, a proposta determina que deve-se avaliar os modos de falhas e riscos de cada ideia gerada. Após avaliada essa questão, deve-se testar a ação recomendada, e caso não traga resultados satisfatórios, será necessário testar novas soluções para o problema. A etapa de controle do método de implementação LSS adotado pela empresa estudada também merece atenção, pois a mesma é considerada a fase principal do projeto de melhoria. A etapa de controle deve assegurar que os ganhos obtidos no projeto de melhoria LSS permaneçam, e que os processos melhorados não voltem ao seu estado inicial. As ações recomendadas pela equipe de projeto parece sustentar os ganhos, porém o método adotado

não estabelece ações corretivas e preventivas que servem como mecanismos de manutenção dos controles adotados. Os trabalhos de Carleysmith, Dufton e Altria (2009) e Akbulut-Baley, Motwani e Smedley (2012) relatam que em processos de fabricação que contenham muitas variáveis, seus controles são difíceis e muitas vezes é necessário fazer alterações e ajustes nos controles adotados para garantir a efetividade do projeto de melhoria LSS. Em função disso, é importante propor ações corretivas e preventivas no método de implementação LSS adotado pela empresa estudada. A Figura 102 apresenta um quadro comparativo da proposta de implementação da metodologia LSS elaborada para pequena empresa, a partir da revisão da literatura e o modelo aplicado pela empresa investigada.

Figura 102 - Quadro comparativo do modelo LSS proposto pela literatura e modelo adotado pela empresa Alfa

Modelo proposto para PMEs		Modelo adotado pela empresa Alfa	
Fases	Etapas	Técnicas e Ferramentas que poderão ser utilizadas	Fases
Definição	1° ETAPA SELEÇÃO DO PROJETO 1.1 Seleção do projeto LSS 1.2 Descrever o problema 1.3 Identificar CTQ's	VOC / VOB, Análise SWOT , Gráfico de Pareto Gráfico de Tendência, Árvore CTQ's	1° Selecionar o projeto 2° Identificar o problema
	2° ETAPA DEFINIÇÃO DO ESCOPO 2.1 Definir de meta para o projeto 2.2 Definir escopo e cronograma 2.3 Estabelecer ganhos financeiros	Métricas lean e seis sigma, Gráfico de Gantt.	3° Identificar CTQ's 4° Definir escopo e meta para o projeto
	3° ETAPA REGISTRO DO PROJETO 3.1 Organizar equipe de projeto 3.2 Definir patrocinador 3.3 Registrar (Project Charter)	Matriz de responsabilidades, Project Charter.	5° Definir equipe multidisciplinar 6° Apresentar as responsabilidades de cada membro da equipe
	4° ETAPA COLETAR DADOS DO PROCESSO 4.1 Mapear o processo atual 4.2 Identificar as saídas do processo (Y's) 4.3 Identificar as fontes potenciais de variação (X's)	VSM , SIPOC, Mapa de processo, Diagrama de causa e efeito, Gráfico de Pareto e Boxplot .	7° registrar o projeto 8° Coletar dados do processo atual
	5° MEDIR O DESEMPENHO DO PROCESSO 5.1 Medir o desempenho atual do processo 5.2 Calcular a capacidade sigma do processo	Gráfico de controle, estatística descritiva, capacidade sigma	9° Mapear o processo atual e identificar as entradas e saídas do processo. 10° Medir o desempenho do processo atual.
	6° ETAPA IDENTIFICAR FATORES CRÍTICOS 6.1 Analisar o processo gerador do problema 6.2 Analisar dados sobre o problema 6.3 Identificar melhores práticas	Brainstorming, FMEA , Diagrama de Causa e efeito, Diagrama de Pareto, análise SWOT, Teste de Hipóteses, ANOVA, Boxplot, 5 porquês.	11° Estabelecer análise de causa raiz do problema 12° Quantificar oportunidades 13° Identificar oportunidades de melhoria 14° Desenvolver hipóteses
Análise	7° ETAPA IDENTIFICAR OS X's 7.1 Estabelecer relação causa e efeito $Y = f(x)$ 7.2 Desenvolver hipóteses	15° Propor ações de melhorias viáveis	Melhoria
Melhoria	8° ETAPA IMPLEMENTAR MELHORIAS 8.1 Gerar ideias para eliminar as causas dos problemas 8.2 Avaliar modos de falhas e riscos 8.3 Testar novas soluções 9° ETAPA PADRONIZAR O PROCESSO 9.1 Definir os controles necessários 9.2 Padronizar o processo	Diagrama de causa e efeito, Teste de Hipóteses, ANOVA, DOE, Boxplot. Programa 5S, TPM , Brainstorming, SMED FMEA, Eventos Kaizen .	16° Estabelecer auditorias periódicas 17° Estabelecer reuniões periódicas com a equipe de projeto 18° padronizar o processo de fabricação
Controle	10° ETAPA MONITORAR O PROCESSO 10.1 Monitorar o processo 10.2 Ação corretiva/preventiva 11° ETAPA COMPARTILHAR RESULTADOS 11.1 Encerrar o projeto 11.2 Compartilhar resultados	CEP , Auditorias do processo, gráfico de controle , Indicadores (KPI), folha de instrução do trabalho, trabalho padrão. CEP, gráfico de controles , indicadores (KPI) TPM, OEE. Relatórios, Carta de encerramento do projeto.	19° Elaborar plano de monitoramento do processo 20° Treinar colaboradores 21° Compartilhar resultados

Fonte: próprio autor

Através da Figura 102 nota-se que a estrutura do modelo adotado pela empresa Alfa é muito parecida com a proposta pela literatura. Porém, a mesma não detalha as etapas a serem executadas. Pode se observar também diferenças significativas na incorporação de algumas etapas e adoção de técnicas e ferramentas durante a execução do projeto de melhoria LSS na empresa investigada. Conforme relatado anteriormente, há uma variedade muito grande de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas nos projetos de melhoria, ou seja, a utilização das mesmas irão variar de acordo com o objetivo do projeto de melhoria e também do grau de instrução da equipe de projeto. Nos casos investigados de implementação da metodologia LSS, tanto em grandes empresas, quanto em pequenas empresas, pode-se observar que o grau de instrução e treinamento da equipe de projeto é um dos fatores que determina a escolha das ferramentas durante a condução do projeto de melhoria LSS. Embora existam diversas técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas nos projetos de melhoria, as pequenas empresas muitas vezes não fazem uso de muitas delas, principalmente quando se trata de ferramentas de controle estatístico, em função de não terem profissionais qualificados e capacitados para aplicação das mesmas. Os trabalhos de Kumar et al. (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Akbulut-Baley, Motwaani e Smedley (2012), Jiménez e Amaya (2014), Panat et al. (2014) e Anderson et al. (2014), comprovam essa questão ao mencionarem que a capacitação profissional da equipe de projeto influencia na escolha das ferramentas a serem adotadas em cada etapa do método DMAIC. Diante disso, fica muito difícil definir ferramentas que devem ser utilizadas em cada etapa do método DMAIC. Porém, na visão do autor, a empresa poderia alcançar outros resultados caso adotasse outras técnicas e ferramentas. No caso da empresa investigada observou-se que o grau de capacitação técnica da equipe de projeto variava de membro para membro, em função disso as ferramentas eram adotadas quando grande parte da equipe tinha conhecimento sobre a aplicação das mesmas. Outro aspecto observado, é que a falta de recursos humanos prejudicou a condução do projeto de melhoria, pois os membros da equipe de projeto tinham que exercer outras atividades diárias, impossibilitando muitas vezes de se reunirem para discutir a respeito das ferramentas a serem adotadas em cada etapa do método DMAIC ou também para tratar outros assuntos pertinentes a implementação do projeto de melhoria LSS.

Como auxílio para responder as demandas e limitações apresentadas anteriormente, a análise da literatura em relação as ferramentas adotadas pela equipe de projetos é um caminho que merece atenção e que pode auxiliar igualmente a composição do projeto de melhoria. Vale lembrar que as ferramentas são distintas e que para serem adotadas, há necessidade de

capacitação técnica, diante disso a presente análise tem o intuito apenas de fornecer uma visão das contribuições que tais ferramentas poderiam agregar ao projeto em questão.

Na fase de definição do modelo utilizado pela empresa Alfa utilizou-se diversas ferramentas semelhantes ao modelo proposto pela literatura, porém a ferramenta análise de SWOT poderia compor essa etapa da mesma forma que foi apresentado no trabalho de Anderson *et al.*(2014) . Os autores mencionam em seu trabalho que essa ferramenta permitiu analisar a empresa investigada de forma estratégica, demonstrando qual sua situação no mercado de atuação, além de proporcionar uma visão sobre novas oportunidades, fraquezas existentes na organização e ameaças que poderiam surgir caso a empresa não mudasse a forma de gerir seu negócio. A empresa Alfa ao incorporar a ferramenta análise de SWOT poderia obter resultados similares ao caso apresentado por Anderson *et al.* (2014), ou ainda melhores.

Na fase de medição, a equipe de projeto optou por utilizar a ferramenta SIPOC para mapear o processo. A ferramenta foi de grande ajuda, pois permitiu uma fácil visualização das entradas e saídas do processo, porém a mesma se mostrou limitada nos seguintes aspectos: a ferramenta não apresenta pontos a serem melhorados nos processos; também não detalha o tempo gasto em cada etapa do processo, dessa forma não dá para saber se há alguma atividade a ser melhorada. Embora os trabalhos de Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Laureani, Antony e Douglas (2010), Anderson *et al.* (2014), e Panat *et al.* (2014) demonstrem também a adoção da ferramenta SIPOC em seus trabalhos, observa-se na literatura, que a mesma não é muito usual e quando utilizada, deve vir acompanhada da ferramenta VSM, pois a mesma por si só não lida com as atividades que não agregam valor a organização, ou seja, apenas detalha as entradas e saídas dos processos. Os trabalhos de Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Laureani, Antony e Douglas (2010), e Panat *et al.* (2014) confirmam esse fato ao aplicar em seus trabalhos ambas as ferramentas na etapa de mapeamento do processo. A ferramenta VSM poderia contribuir em outros aspectos que não foram levantados durante a implementação do projeto de melhoria LSS na empresa Alfa, tais como: redução do lead time de fabricação, identificação e redução da formação de estoques intermediários, redução de atividades que não agrega valor ao processo, dentre outros. Os trabalhos de Kumar *et al.* (2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Laureani, Antony e Douglas (2010), Gnanarag *et al.* (2012), Panat *et al.* (2014), Jie, Kamaruddin e Azid (2014) e Jiménez e Amaya (2014) confirmam esse fato, ao adotarem a ferramenta VSM na etapa de medição do processo. Embora a ferramenta VSM não tenha sido

utilizada na etapa de medição do projeto de melhoria LSS na empresa Alfa, não impactou negativamente na efetividade e condução do projeto de melhoria, porém a incorporação do VSM no projeto LSS é algo que poderia servir como melhoria, pois agiria em outros aspectos que a ferramenta SIPOC se mostrou limitada, tais como: identificação de atividades que não agregam valor a organização, melhoria no *lead time* de fabricação, identificação de estoques intermediários e redução de desperdícios durante o processo de fabricação dos martelos oscilantes.

Ainda na fase de medição, embora a ferramenta *boxplot* não tenha sido utilizada, a mesma poderia ter sido utilizada no caso relatado na empresa Alfa, pois, permitiria medir a variabilidade do processo e também identificar possíveis erros de medição. O modelo adotado pela empresa Alfa se mostra limitado nessa questão, pois não há garantias que o sistema de medição utilizado esteja correto, ou seja, o modelo em questão não utiliza mecanismos para validar o seu sistema de medição.

Na fase de análise, foi utilizado pela equipe de projeto, a ferramenta árvore de falhas; essa ferramenta, também foi utilizada no caso relatado por Carleysmith, Dufton e Altria (2009), porém a ferramenta FMEA se mostrou mais usual na literatura. Os trabalhos de Kumar et al. (2006), Jiménez e Amaya (2014) e Panat et al. (2014) confirmam essa questão, ao adotarem em seus trabalhos a ferramenta FMEA durante a fase de análise. A ferramenta FMEA, também poderia trazer bons resultados para empresa Alfa caso fosse aplicada, pois a mesma prioriza o risco que a falha pode trazer em função da severidade e o número de ocorrências, auxiliando na tomada de decisão e na implementação das ações de melhoria. Embora a ferramenta FMEA não tenha sido utilizada durante a implementação da metodologia LSS na empresa Alfa, não impactou negativamente na condução do projeto LSS, porém conforme mencionado, sua incorporação poderia trazer bons resultados para o projeto em questão, tais como: eliminação dos erros recorrentes, priorização da prevenção dos problemas e a redução da possibilidade de um mesmo tipo de falha no futuro.

A fase de melhoria do modelo adotado pela empresa Alfa, ficou muito vaga, pois a mesma apenas menciona que a empresa deve implantar ações de melhoria viáveis. Em virtude disso, a empresa apenas criou um questionário para avaliar seus fornecedores, elaborou um novo dispositivo para usinagem e um procedimento para aplicação de solda dura e finalizando, realizou um novo cálculo de capacidade do processo. Os resultados poderiam ser melhores caso a mesma adotasse técnicas e ferramentas que lidassem com a melhoria

organizacional, dessa forma alcançaria outros departamentos e pessoas que não são envolvidos diretamente na fabricação dos martelos oscilantes. Da mesma forma que foram apresentados nos casos de Kumar et al .(2006), Carleysmith, Dufton e Altria (2009), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Jie, Kamaruddin e Azid (2014) e Jiménez e Amaya (2014), a empresa Alfa poderia adotar o programa 5S, a técnica TPM e eventos *kaizen*, pois os mesmos promoveriam a melhoria na cultura organizacional. O programa 5S contribuiria para a melhoria comportamental das pessoas, o trabalho em equipe e a organização do trabalho, já a técnica TPM além de melhorar o trabalho em equipe, iria contribuir também para a prevenção de todos os tipos de perdas presentes nos processos da organização. Os eventos *kaizen* serviriam como base de aprendizado em projetos de melhoria continua de curta duração, que contaria com a participação não só da equipe de projeto LSS, mas também com todos os colaboradores da organização.

Na fase de controle do modelo adotado pela empresa Alfa, embora a equipe de projeto tenha criado indicadores de desempenho e auditorias para assegurar a efetividade do projeto de melhoria LSS, a mesma poderia incorporar em seu modelo de implementação outros mecanismos de controles tais como: ferramentas estatísticas, gráfico de controle e adoção da ferramenta CEP. Os trabalhos de Kumar et al .(2006), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Akbulut-Baley, Motwaani e Smedley (2012), Jiménez e Amaya (2014), Panat et al. (2014) e Anderson et al. (2014), demonstram que essas ferramentas facilitariam o monitoramento dos processos produtivos, pois demonstrariam com mais agilidade as variações presentes em cada processo em tempo real.

Concluindo a comparação do modelo adotado pela empresa Alfa com o modelo extraído da literatura, nota-se que o método DMAIC adotado para implementação LSS na empresa Alfa se mostrou limitado, em função de não apresentar um detalhamento das etapas que deverão ser executadas. O modelo adotado estabelece algumas ações que devem ser executadas para a implementação, porém não lida com a diversidade e as dificuldades encontradas em diversas organizações. Em função disso na visão do autor a proposta de implementação LSS levantada a partir dos casos investigados em pequenas e grandes empresas, se mostra mais viável para implementação da metodologia em estudo, por direcionar melhor a equipe de projeto no período de implementação do mesmo. A proposta de implementação do LSS para pequenas e médias empresas , incorpora o que há de melhor em cada modelo de implementação investigado, vale ressaltar também que a mesma é flexível e se adapta facilmente a diferentes tipos de cenários.

8 CONCLUSÕES

O trabalho em questão apresentou uma proposta de implementação da metodologia LSS destinada as pequenas empresas. A proposta de implementação da metodologia LSS foi elaborada a partir de levantamento bibliográfico de trabalhos que trataram a implementação da metodologia LSS em pequenas e grandes empresas.

O levantamento bibliográfico permitiu analisar os modelos de implementação da metodologia LSS em diferentes tipos de cenários, a forma que a implementação é realizada e as características de cada porte de organização.

Nos trabalhos investigados que trataram a implementação da metodologia LSS em grandes empresas observou-se que as mesmas possuem características que facilitam o processo de implementação da metodologia LSS. Dentre as características mencionadas nos trabalhos investigados se destacam: a cultura organizacional focada no conceito de melhoria contínua, mão de obra qualificada, participação ativa da alta direção em todas as etapas de implementação do projeto de melhoria, maior número de funcionários, disponibilidade de recursos, investimentos com treinamentos, boa comunicação e forte liderança.

Já nos trabalhos investigados que trataram a implementação da metodologia LSS em pequenas empresas observou-se que as mesmas possuem características únicas que dificultam a implementação dos projetos de melhoria LSS. Dentre as características mencionadas nos trabalhos investigados se destacam: pequenas empresas geralmente são gerenciadas por familiares, as tomadas de decisões são executadas pelos proprietários (centralizadora), recursos limitados, poucos investimentos com treinamentos e qualificação profissional, baixo compromisso da gestão, pouca comunicação interna e falta de profissionais qualificados.

Em relação ao método adotado para implementação da metodologia LSS, foi observado em todos os trabalhos investigados, tanto em pequenas empresas, quanto em grandes empresas, que a implementação ocorre através da metodologia DMAIC.

O método DMAIC é considerado a espinha dorsal da implementação da metodologia LSS, pois oferece um roteiro para a condução do projeto de melhoria desde a fase inicial do estudo até a conclusão do projeto.

Após levantamento bibliográfico foi elaborado uma proposta de implementação da metodologia LSS destinado as pequenas empresas. A proposta de implementação LSS se difere das demais encontradas na literatura, em função de apresentar um melhor detalhamento

das etapas do método DMAIC, direcionando a equipe de projeto e facilitando a condução do mesmo.

O presente trabalho também descreveu a implementação da metodologia LSS através de um caso prático ocorrido em uma indústria metalúrgica de pequeno porte, localizada na região de Ribeirão Preto.

Através da investigação ocorrida no caso real pode-se observar que embora o método utilizado pela empresa estudada não detalha as atividades de forma sequencial, o mesmo permitiu entender claramente o problema, estabelecer a situação atual do processo, analisar os dados e desenvolver melhorias. Ao comparar o modelo adotado pela empresa estudada com a proposta de implementação da metodologia LSS para pequenas empresas foi possível observar que embora o método utilizado para a implementação da metodologia LSS tenha gerado um impacto positivo na avaliação financeira e operacional, muitos outros resultados poderiam ser alcançados, caso a equipe de projeto fosse melhor direcionada pelo método de implementação LSS.

Após concluir este projeto de investigação, justifica-se fazer uma breve reflexão em relação as limitações defrontadas pelo investigador. Uma das limitações defrontadas pelo investigador é que embora a empresa estudada tenha disponibilizado os dados para a consulta, foi solicitado por esta ao investigados uma confidencialidade relativamente a divulgação de seu nome, dados financeiros e algumas informações relevantes, o que se limita o estudo no que diz respeito à apresentação de ganhos obtidos em cada processo. Outra limitação é que o presente estudo incidiu apenas em uma empresa, com processos muito específicos e customizados aos seus clientes. Diante disso há necessidade de maiores investigações em empresas com atuação semelhante a estudada e também a outras empresas de segmentos distintos, afim de se obter uma maior abrangência de conclusões sobre os impactos alcançados com a implementação da metodologia LSS.

REFERÊNCIAS

ACHANGA, P.; SHEHAB, E.; ROY, R.; NELDER, G. Critical success factors for lean implementation within SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 4, p. 460-471, 2006.

AKBULUT-BAILEY, A.Y.; MOTWANI, J.; SMEDLEY, E.M. When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company. **International Journal of Technology Management**, v.57, n.1/2/3, p. 18-32, 2012.

AL-AOMAR, R. Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 2011.

ALVAREZ, R.; CALVO, R.; PEÑA, M.; DOMINGO, R. Redesigning na assembly line through lean manufacturing tools. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.43, n. 9-10, p. 949-958, 2009.

ANDERSON, R.; HILLETOTH, P.; MANFREDSSON, P.; HILMOLA, O. Lean Six Sigma in Telecom Manufacturing. **International Management & Data Systems**, v. 114, n. 6, p. 904-921, 2014.

ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. **The International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 8/9, p. 860-874, 2005.

ANTONY, J. Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.57, n. 5, p. 420-423, 2008.

ANTONY, J. Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.60, n.2, p. 185-190, 2011.

ARNHEITER, E.D ; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma. **The TQM Magazine**, v.17, n.1, p.5-18, 2005.

ASSARLIND, M.; GREMYR, I.; BACKMAN, K. Multi-faceted views on a lean six sigma application. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.29, n.1, p.21-30, 2013.

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. **The TQM Magazine**, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

BAPTISTA, J.A. **Manutenção Industrial: Técnicas, contos e causos**. 1º Ed. São Paulo: Lura Editorial, 2016.

BASU, R. Six sigma to fit sigma. **IIE Solutions**, v.33, n.7, p.28-33, 2001.

BASU, R. Six-sigma to operational excellence: role of tools and techniques. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n.1, p.44-64, 2004.

BRACARENSE, P. A. **Estatística aplicada as Ciências Sociais**. Curitiba: IESD Brasil S.A, 2012.

BENTLEY, W.; DAVIS, P.T. **Lean Six Sigma Secrets for the CIO**. New York: Taylor & Francis Group, 2010.

BNDES. **Apoio às Micro, Pequenas e Médias empresas**. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4261/1/Cartilha%20MPME%202015.pdf>>. Acessado em: 17 mai. 2016.

BNDES. **O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1521/3/A%20set.35_O%20d%C3%A9ficit%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol%20no%20Brasil_P.pdf>. Acessado em: 15 nov. 2016.

BOSSERT, J. Lean Seis Sigma – synergy made in heaven. **Quality Progress**, v.36, n. 7, p. 31-32, 2003.

BUESA, R. J. Adapting lean to histology laboratories. **Annals of Diagnostic Pathology**, v. 13, n. 5, p. 322-333, 2009.

BYRNE, G.; LUBOWE, D.; BLITZ, A. Using a lean six sigma approach to drive innovation. **Strategy & Leadership**, v. 35, n.2, p. 5-10, 2007.

CARLEYSMITH, S.W.; DUFTON, M.; ALTRIA, K.D. Implementing Lean Sigma in pharmaceutical research and development: a review by practitioners. **R & D Management**, v.39, n.1, p. 95-106, 2009.

CHIAVENATO, I. **História da Administração: Entendendo a administração e sua poderosa influência no mundo moderno**. São Paulo: Saraiva, 2009.

COSTA, B.A.D. **Integração da manufatura enxuta, seis sigmas e teoria das restrições: Um modelo conceitual incluindo sistemas de execução da manufatura e sistemas avançados de planejamento e programação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2014.

CUDNEY, E. ; ELROD, C. A comparative analysis of integrating lean concepts into supply chain management in manufacturing and services industries. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.2, n.1, p. 5-22, 2011.

DAHLGAARD, J.J.; DAHLGAARD-PARK, S. M. Lean Production, Six Sigma Quality. **The TQM Magazine**, v. 18, n.3, p. 263-281, 2006.

DELOITTE. **Lean Manufacturing Six Sigma: Strategy & Operations Excellence**. Lisboa, 2005.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada**: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo, 2º ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma**: O método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

ENOCH, O.K. Lean six sigma methodologies and organizational profitability: A review of manufacturing SMEs in Nigeria. **American Journal of Industrial and business Management**, v.3, p. 573-582, 2013.

ETI, M.C.; OGAI, S.O.T.; PROBERT, S.D. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. **Applied Energy**, v.79, n.4, p.385-401, 2004.

FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J. L.D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

GEORGE, M. **Lean six sigma**: Combining six sigma quality with lean speed. New York: McGraw-Hill, 2002.

GEORGE, M. **Lean Six Sigma for Service**. New York: McGraw-Hill, 2003.

GEORGE, M. L. **Lean six Sigma para Serviços**: Como Utilizar Velocidade Lean e Qualidade Seis Sigma para Melhorar Serviços e Transações. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GNANARAJ, S.M.; DEVADASAN, S.R.; MURUGESH, R.; SREENIVASA, C.G. Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME. **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v.23, n.8, p. 599-608, 2012.

GREWAL, C. An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, v.15, n. 3/4, p. 404-417, 2008.

GUARNIERI, P.; OLIVEIRA, L., PURCIDONIO, P., PAGANI, R.; HATAKEYAMA, K. Sistema de Custo Kaizen. **Segundo encontro de Engenharia e Tecnologia**, Campos Gerais, Agosto 2008.

GUPTA, P.; SRI, A. **Seis Sigma virtualmente sem estatística**: Enfoque no objetivo para alcançar rápidas melhorias. Porto: Vida Economica, 2012.

GYGI, C.; DECARLO, N.; WILLIAMS, B. **Seis Sigma para Leigos**. Rio de Janeiro: AltaBooks, 2008.

HADAYA, P.; CASSIVI, L. The role of joint collaboration planning actions in a demand-driven supply chain. **Industrial Management & Data Systems**, v. 107, n. 7, p.954-978, 2007.

HAGHIRIAN, P. **Routledge Handbook of Japanese Business and Management**. New York: Routledge, 2016

HALLGREEN, M.; OLHAGER, J. Lean and agile manufacturing: external and internal drives and performance outcomes. **International Journal of Operations and Production Management**, v.29, n.10, p. 976-999, 2009.

HARRY, M. J.; CRAWFORD, J. D. Six sigma for the little guy. **Mechanical Engineering**, v. 126, n. 11, p. 8-10, 2004.

HENDERSON, K. M.; EVANS, J. R. Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric company. **Benchmarking an International Journal**, v.7, n.4, p. 260-282, 2000.

HERRON, C.; HICKS, C. The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents. **Robotics & Computer-Integrated Manufacturing**, v.24, n.4, p.524-531, 2008.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean. A guide to implementation. **Lean Enterprise Research Center**, Cardiff, UK, 2000. Disponível em <http://leancompetency.org/wp-content/uploads/2015/09/Going-Lean.pdf>. Acessado em 30 de Dezembro de 2015 às 13:30.

HODGE, G.; ROSS, K.; JOINES, J.; THONEY, K. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. **Production Planning & Control**, v.22, n.3, p. 237-247, 2011.

HOERL, R. W.; GARDNER, M.M. Lean six sigma, creativity, and innovation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.1, p. 30-38, 2010.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v.25, n.2, p.420-437, 2007.

HU, G.; WANG, L.; FETCH, S.; BIDANDA, B. A multi-objective for project portfolio selection to implement lean and six sigma concepts. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 23, p.6611-6625, 2008.

JARUPATHIRUN, S.; CIGANEK, A. P.; CHOTIWANKAEWMANEE, T.; KERDPITAK, C. Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study. **International Journal of the Computer, the Internet and Management**, v.19, n.1, p.40-44, 2011.

JIE, J.; KAMARUDDIN, S.; AZID, I. Implementing the lean six sigma framework in a small medium enterprise (SME) – A case study in a printing company. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali**, Indonesia, Jan 7-9, 2014.

JIMÉNEZ, H.; AMAYA, C. Lean six sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. **Revista chilena de ingeniería**, v.22, n.2, p. 263-277, 2014.

KAUSHIK, P.; KHANDUJA, D.; MITTAL, K.; JAGLAN, P. A case study; Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise. **TQM Journal**. v.24, n.1, p. 4-16, 2012.

KARIM, A.; ZAMAM, K. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. **Business Process Management Journal**, v. 19, n.1, p. 169-196, 2013.

KOENIGSAECKER, G. **Liderando a transformação lean nas empresas**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KRAFCIK, J.F. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review** 30, Fall, p. 41-52, 1988.

KUMAR, M.; ANTONY, J.; SINGH, R.; TIWARI, M.; PERRY, D. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production Planning & Control: The management of Operations**, v.17, n.4, p. 407-423, 2006.

KUMAR, B.S.; ABUTHAKEER, S.S. Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry. **Journal of Applied Sciences**, v.12, n.10, p. 1032-1037, 2012.

KURATKO, D. F.; GOODALE, J. C.; HORNSBY, J. S. Quality practices for a competitive advantage in smaller firms. **Journal of Small Business Management**, v.39, n. 4, p. 293-311, 2001.

LAUREANI, A.; ANTONY, J. Lean Six Sigma in a call centre: a case study. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n. 8, p. 757-768, 2010.

Lean Institute Brasil. **O que é trabalho padronizado?**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/conceitos/126/o-que-e-trabalho-padronizado.aspx> acesso em: 20 mar. 2017.

LEE-MORTIMER, A. A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of Kanban. **Assembly Automation**, v. 28, n.2, p. 103-112, 2008.

LÉXICOLEAN – **Glossário Ilustrado para praticante do pensamento lean**. Lean Institute Brasil. Versão 1.0. São Paulo, 2003.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J.K; MEIER, D.P. **Toyota talent: Development your people the Toyota Way**. New York: McGraw-Hill, 2007.

LIMA, E. ; GARBUIO, P. ; COSTA, S. Proposta de um modelo teórico conceitual utilizando o lean seis sigmas na gestão da produção. Encontro Nacional de Engenharia de Produção 29, 2009, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: ENEGEP, 2009.

LIMA, A.; FERRARESI, V. Desgaste em equipamentos de processamento da cana-de-açúcar em destilaria de álcool. **16 POSMEC - Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Mecânica**, Uberlândia, 2006.

- MACEDO, I.C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 157-165, 2007.
- MARSHALL JUNIOR, I.; ROCHA, A.V.; MOTA, E, B; QUINTELLA, O, M. **Gestão da Qualidade e Processos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.
- MARCHWINSKI, C; SHOOK, J. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003
- MARUDHAMUTHU, R.; KRISHNASWAMY, M.; PILLAI, D. M. The development and implementation of lean manufacturing techniques in Indian garment industry. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, v. 5, n.6, p. 527-532, 2011.
- MATT, D.T; RAUCH, E. Implementation of lean production in small sized enterprises. **8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering**, p. 420 - 425, 2013.
- MATSUI, Y. An empirical analysis of just-in-time production in Japanese manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 108, n. 1, p. 153-164, 2007.
- MCADAM, R.; ANTONY, J.; KUMAR, M.; HAZLETT, S. A. Absorbing new knowledge in small and médium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. **International Small Business Journal**, v.32, n.1, p. 81-109, 2014.
- MELTON, T. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 83, n. 6, p. 662-673, 2005.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**: Uma abordagem integrada ao just-in-Time. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MORGAN, J.M.; LIKER, K.J. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto**: Integrando pessoas, processo e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- MOURA, R. Kanban: **A simplicidade do controle da produção**. Editora: Imam, 6º Ed. São Paulo, 2003.
- MU, J.; PENG, G.; TAN, Y. New product development in Chinese SMEs: Key success factors from a managerial perspective. **International Journal of Emerging Markets**, v. 2, n. 2, p. 123-143, 2007.
- MUKHOPADHYAY, S.K. **Production Planning and Control**: Text and cases. 3º ed. PHI Learning Private Limited, Dehli, 2015
- MUNTEANU, D.; OLTEANU, C. Lean Manufacturing – A success Key inside of a industrial company. **International Conference on Economic Engineering and Manufacturing Systems Brasov, Recent**, v.8, 2007.

NARUSAWA, T.; SHOOK, J. **Kaizen Express: Fundamentals for your Lean Journey**. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2009.

NEUMANN, C.; SCALICE, R.K. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond large-scale production**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PANAT, R.; DIMITROVA, V.; SELVAMUNIANDY, T. S.; ISHIKO, K.; SUN, D. The Application of Lean Six Sigma to the configuration control in Intel's manufacturing R&D environment. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 4, p. 444-459, 2014.

PATEL, S.; DALE, B.G.; SHAW, P. Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. **The TQM Magazine**, v.13, n.3, p.175-179, 2001.

PETCU, A.J.; ANAGNOSTE, S.; DRAGHICI, M. Lean Six Sigma- a Challenge for Organizations Focused on Business Excellence. **The Romanian Economic Journal**, v.14, n.41, p.147-158, 2011.

PETTERSEN, J.; SEGERSTEDT, A. Restricted work-in-process: A study of differences between kanban and CONWIP. **International Journal of Production Economics**, v.118, n. 1, p. 199-207, 2009.

PICKRELL, G.; LYONS, H.J; SHAVER, J. Lean Six Sigma implementation case studies. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n.4, p. 369-379, 2005.

PINTO, J. **Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras**. Lidel edições técnicas lda, 2009.

POSSARLE, R. **Ferramentas da Qualidade**. São Paulo: SENAI-SP, 2014.

POWELL, D. ERP systems in lean production: new insights from a review of lean and ERP literature. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n. 11-12, p.1490-1510, 2013.

PRAJOGO, N.M.; JOHNSTON, R.B. A Barriers framework for understanding just-in-time implementation in small manufacturing enterprises. **Asia Pacific Management Review**, v. 6, n.2, p. 175-195, 2001.

PRANCKEVICIUS, D.; DIAZ, D.M. ; GITLOW, H. A Lean Six Sigma Case Study: An Application of the "5S" Techniques. **Journal of Advances in Management Research**, v.5, n.1, p.63-79, 2008.

PRASANNA, M.; VINODH, S. Lean six sigma in SMEs: an exploration through literature review. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v.11, n.3, p. 224-250, 2013.

PYZDEK, T. Uma ferramenta em busca do defeito zero. **HSM Management**, v.38, 2003.

QUEIROZ, M.A. **Lean Seis Sigma**: Como integrar o lean manufacturing com o seis sigma. Banas Qualidade. São Paulo, ano XVI, n.178, p.40-50, 2007.

RADNOR, Z. Implementing Lean in Health Care: Making the link between the approach, readiness and sustainability. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v.2, n. 1, p.1-12, 2011.

RAMNATH, B.V.; ELANCHEZHIAN, C.; KESAVAN, R. Application of Kanban system for Implementing Lean Manufacturing (A Case Study). **Journal of Engineering Research and Studies**, v. 1, n.1, p. 138-151, 2010.

RENÓ, G.W.S. Proposta de um novo modelo de Folha de Instrução de Trabalho – Um estudo de caso em uma empresa de eletrodomésticos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2008.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade**: Gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade. 5° ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RODRIGUES, M.V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção Lean manufacturing** . 2 ed. Rio de janeiro: Elsevier, 2016.

ROSA, L. C. **Introdução ao controle estatístico de processos**. 2° ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2015.

ROTONDARO, R. Visão Geral. In ROTONDARO, R. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SALGADO, E.; MELLO, C.; SILVA, C.; OLIVEIRA, E.; ALMEIDA, D. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n.3, p.344-356, 2009.

SEBRAE. **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília, jul., 2014.

SCHONBERGER, R. **Técnicas Industriais Japonesas**. São Paulo: Pioneira, 1993.

SHAMOU, M.; SAIDPOUR, H.; PERRYMAN, R. Developing lean six sigma framework for use in small and medium enterprises. **Proceedings of Advances in Computing and Technology, (AC&T) The School of Computing and Technology 5th Annual Conference**, University of East London, p. 218-227, 2010.

SHARMA, U. Implementing Lean principles with the Six Sigma advantage: How a battery company realized significant improvements. **Journal of Organizational Excellence**, v.22, n.3, p. 43-52, 2003.

SHINGO, S. **Sistema de Produção com Estoque Zero: o Sistema Shingo para melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **O sistema de troca rápida de ferramentas**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, E.L; MENEZES,E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4º ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SMITH, B. Lean and Six Sigma – a one-two punch. **Quality Progress**, v.36, n.4, p. 37-41, 2003.

SINGH, B.J.; KHANDUJA, D. SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.59, n.1, p.98-116, 2010.

SINGH, B.; GARG, S.K.; SHARMA, S.K.; GREWAL, C. Lean Implementation and its benefits to production industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n.2, p.157-168, 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.

SIQUEIRA, J. P. L. **Gestão de Produção e Operações**. Curitiba: IESDE, 2009.

STAMATIS, D.H. **The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability and Maintainability**. Editora: Productivity Press INC, 2010.

STONE, K. B. Four decades of lean: a systematic literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, p. 112-132, 2012.

SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F.; UCHIKAWA, S. Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. **International Journal of Production Research**, p. 553-564, 1977.

SUN, S. The Strategic Role of Lean Production in SOE's Development. **International Journal of Business and Management**, v.6, n.2, p. 160-168, 2011.

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.

TIMANS, W.; ANTONY, K.; AHAUS, K.; VAN SOLINGEN, R. Implementation of Lean Six Sigma in small- and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. **Journal of the Operational Research Society**, v.63, p. 339-353, 2012.

ULUTAS, B. Na application of SMED Methodology. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, v.5, n.7, 2011.

VAALAND, T.I; HEIDE, M. Can the SME survive the supply chain challenges?. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.12, n.1, p. 20-31, 2007.

VARGAS, R. **Manual prático do plano de projetos: Utilizando o PMBOK Guide®**. 3° ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

VINODH, S.; KUMAR, S.V.; VIMAL, K.E.K. Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organization. **Production Planning & Control**, v.25, n.4, p.288–302, 2014.

WANG, H.; CHEN, F. A Web-based kanban systems for job dispatching, tracking and performance monitoring. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 38, n. 9-10, p.995-1005, 2008.

WELCH, J. J. **Definitivo: Segredos do Executivo do Século**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

WERKEMA, C. **DFLSS – Design for Lean Six Sigma: Ferramentas básicas usadas nas etapas D e M do DMAVD**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

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

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WIGINESCKI, B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFPR, Curitiba, 2009.

WIKLUND, H.; WIKLUND, P.S. Widening the Six Sigma concept: an approach to improve organizational learning. **Total Quality Management**, v. 13, n. 2, p. 233-239, 2002.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004.

WOMACK, J.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2004.

ZHANG, Q.; IRFAN, M.; KHATTAK, M.; ZHU, X. Lean six sigma: A literature review. **Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business**, v.13, n.10, p. 599-605, 2012.