

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Marcio Gonçalves Cabeça**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS FERRAMENTAS DE  
GESTÃO MANUFATURA ENXUTA E *SEIS SIGMA* EM DE AUTO-  
PEÇAS**

**Santa Bárbara D'Oeste**

**2009**

**Marcio Gonçalves Cabeça**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS  
FERRAMENTAS DE GESTÃO MANUFATURA  
ENXUTA E *SEIS SIGMA* EM EMPRESAS DE AUTO-  
PEÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba-UNIMEP, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Dr. Iris Bento da Silva

**Santa Bárbara D'Oeste**

**2009**

**Marcio Gonçalves Cabeça**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS FERRAMENTAS DE  
GESTÃO MANUFATURA ENXUTA E *SEIS SIGMA* EM EMPRESAS  
AUTO-PEÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba-UNIMEP, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Dr. Iris Bento da Silva

Dissertação aprovada pela banca examinadora, constituída pelos professores:

---

Prof. Dr.

Instituição

---

Prof. Dr.

Instituição

---

Prof. Dr.

Instituição

**Santa Bárbara D'Oeste, 2009**

## **Dedicatória**

Eu gostaria de dedicar este trabalho a todos que de uma maneira direta ou indireta me apoiaram e incentivaram na conquista de mais esse desafio em minha vida.

Também gostaria de dedicar este trabalho à minha família. Aos meus pais, Antonio e Maria. Aos meus irmãos, Andrea, Marcos e Fábio que sempre foram fonte de inspiração e motivação.

Em especial, a minha esposa, Regina Gouveia, que ao longo dos últimos 15 anos vem sendo o meu porto seguro e fonte inesgotável de motivação e carinho sem a qual este trabalho não teria significado.

E é claro ao meu filho Gustavo que em tão pouco tempo deu um novo significado em minha vida, me mostrando o significado do amor incondicional e a importância da família.

## **Agradecimentos**

Ao professor Iris Bento da Silva pela orientação, dedicação e paciência dedicadas ao desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores Eliciane Maria da Silva e Camello pelas críticas e sugestões realizadas na etapa de qualificação deste projeto.

À Clarissa Gastão Bolandim da secretária do programa de pós-graduação em engenharia de produção – PPGEP pelo apoio e ajuda ao longo do curso.

À FAPESP – Fundação de Amparo a pesquisa do estado de São Paulo pela concessão da bolsa de estudos.

À Maria Célia pela ajuda no desenvolvimento das análises estatísticas utilizados neste trabalho.

Ao Sr. José Antonio Carnevalli pela contribuição na elaboração do questionário de pesquisa.

As Empresas que participaram da pesquisa.

## Resumo

Na procura pela melhoria do desempenho, as organizações, às vezes, não parecem saber o que estão tentando realizar ou qual ferramenta de gestão é a mais apropriada para sua organização ou qual seria a mais apropriada para resolver determinado problema. A escolha da melhor ferramenta de gestão para suportar o processo de melhoria contínua é fundamental em um ambiente competitivo e dinâmico e, neste ambiente, surgem as ferramentas de gestão *Seis Sigma*, Manufatura Enxuta e *Lean Seis Sigma* como opções a serem utilizadas. O objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise crítica do uso das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* em empresas relacionadas ao setor automotivo e um estudo de caso prático sobre a redução da taxa de rejeição na empresa estudada. Os objetivos secundários dessa pesquisa são: a realização de uma pesquisa exploratória sobre a Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*, identificar o grau de entendimento e aplicação das ferramentas Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* nas empresas da pesquisa exploratória e na empresa estudada. Os resultados esperados desta pesquisa são, primeiro propor para as ferramentas Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* um método para o nível de aplicação identificando as possíveis sinergias, tornando o processo de melhoria contínua mais robusta, porém sem haver a necessidade ou exigência que uma metodologia seja tratada como menos importante ou fique submetida a outra.. Para o completo atendimento deste objetivo, foi escolhido o método de triangulação de dados a qual se dá por meio da combinação de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* em empresas do estado de São Paulo e um estudo de caso único onde foi analisado um caso prático de aplicação dessas ferramentas na solução de um problema operacional e a aplicação de um questionário como técnica de coleta de dados. Na pesquisa exploratória a taxa de retorno foi de 20%, e na empresa estudada foram aplicados 15 questionários, e conforme a literatura em pesquisas deste tipo essa taxa de retorno é apropriada. Como resultado da pesquisa foi proposto um modo de integração das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta no âmbito de aplicação, em que foram indicadas as situações em que hora a ferramenta *Seis Sigma* seria a mais apropriada, ora a Manufatura Enxuta e ora ambas as ferramentas alcançariam o mesmo resultado. Por meio da utilização do teste de Fisher foi possível identificar o grau de entendimento sobre a utilização das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta entre os vários níveis hierárquicos na empresa estudada e entre as empresas pesquisadas. Nesse mesmo contexto também houve a identificação dos fatores

críticos a serem considerados na implementação do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, isso se deu de acordo com o grau de importância atribuído pelas empresas pesquisadas.

**Palavras-chave:** *Seis Sigma*. Manufatura Enxuta. Teste de Fisher. Pesquisa Exploratória. Setor Automobilístico

## Abstract

In the pursuit for increasing performance, the organizations sometimes do not know what they are trying to accomplish or which management tool is more suitable for its organization and or which would be more appropriated to solve a given problem. To choose the better management tool to support the continuous improvement processes is a key point in a competitive and dynamic environment and in this environment arise the management tools Six Sigma, Lean Manufacturing and Lean Six Sigma as options to be used. The objective of this work is to make a critical analysis of the usage of the Lean Manufacturing and Six Sigma. . The expected results out of this work are: first to propose for the tools, Lean Manufacturing and Six Sigma a model on the application level identifying the possible synergies thus the continuous improvement processes more robust, without having the necessity or request that on tools to be treated as less important. The second objective would be to identify the level of understanding regarding the practical application of the management tools, Lean Manufacturing and Six Sigma, in the company analyzed in the work and in organizations in the state of São Paulo. To achieve the objectives it was chosen the triangulation data method which consists in the combination of a survey and a case study where it was analysed a real case of application of Six Sigma and Lean Manufacturing tools in an operational problem and the application of a questionnaire as a collect data method. As a result of the work, it was suggested an integration model for the Six Sigma and Lean Manufacturing tools in the application level, and it were identified situations where these tools were more suitable. It was also identified the level of understanding about the usage of Six Sigma and Lean Manufacturing tools in the several hierarchic levels in the case study company, and among the case study and the survey companies. In this same context it were also identified the critical factors to be taken into consideration in the implementation of Six Sigma and Lean Manufacturing tools.

**KEYWORDS:** Six Sigma; Lean Manufacturing; Case study, comparative analysis, integration model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Figura esquemática da estrutura do trabalho .....	22
Figura 2.1. Modelo DMAIC.....	27
Figura 2.2. Exemplo de um gráfico box-plot .....	35
Figura 2.3. Figura modelo toyota – 14 princípios.....	39
Figura 2.4. FLEXIBLE KANBAN SYSTEM .....	43
Figura 2.5. Desenho de saídas durante o changeover .....	45
Figura 2.6. Oito pilares para abordagem de implementação do TPM .....	50
Figura 4.1. Metodologias utilizadas na empresa estudada .....	73
Figura 4.2. Principal ferramenta utilizada para o aumento de produtividade em uma linha de montagem – empresa estudada .....	75
Figura 4.3 Principal ferramenta utilizada para a redução da taxa de refugo em um equipamento específico – empresa estudada .....	76
Figura 4.4 Principal ferramenta utilizada para melhoria do índice de entrega – empresa estudada .....	77
Figura 4.5 Principal ferramenta utilizada para redução do nível de inventário – empresa estudada .....	78
Figura 4.6 Fatores prioritários na implantação da Seis Sigma e Manufatura Enxuta na empresa estudada .....	82
Figura 4.7 Estrutura organizacional para o Seis Sigma e Manufatura Enxuta na empresa estudada .....	83
Figura 4.8: Nível de suporte ao chão de fábrica pelo multiplicadores da metodologia Manufatura Enxuta .....	84
Figura 4.9: Nível de suporte ao chão de fábrica pelos multiplicadores da metodologia Seis Sigma .....	84
Figura 4.10: Tipo de cliente das empresas pesquisadas .....	86
Figura 4.11: Principal setor de atuação das empresas estudadas .....	87
Figura 4.12: Classificação das empresas pesquisadas pelo porte .....	88
Figura 4.13: Faturamento das empresas pesquisadas .....	88
Figura 4.14: Metodologias de gestão utilizadas pelas empresas pesquisadas .....	89
Figura 4.15: Principal ferramenta utilizada para o aumento de produtividade em uma linha de montagem .....	91

Figura 4.16: Principal ferramenta utilizada na redução da taxa de refugo em um equipamento específico .....	92
Figura 4.16: Principal ferramenta utilizada na redução da taxa de refugo em um equipamento específico .....	92
Figura 4.17: Principal ferramenta utilizada na redução do nível de inventário .....	93
Figura 4.18: Estrutura organizacional para o <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta .....	97
Figura 4.19: Suporte ao chão de fábrica pelos multiplicadores da metodologia Manufatura Enxuta .....	98
Figura 4.20: Suporte ao chão de fábrica pelos multiplicadores da ferramenta <i>Seis Sigma</i> .....	98
Figura 4.21: Fatores críticos na implantação da <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta .....	99
Figura 4.22: Acompanhamento do índice de reprova no ponto de controle .....	102
Figura 4.23: Dados estatísticos da análise dos elementos químicos .....	106
Figura 4.24: Correlação entre as principais causas .....	106
Figura 4.25: Fotos de carregamento de engrenagens .....	107
Figura 4.26: Comparação entre várias experiências .....	109
Figura 5.1: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Aumento de produtividade .....	112
Figura 5.2: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução da taxa de refugo num equipamento específico .....	112
Figura 5.3: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução da taxa de refugo num equipamento específico .....	113
Figura 5.4: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução do nível de inventário .....	114
Figura 5.7. Comparação entre os fatores prioritários na implantação da <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta .....	117
Figura 5.8. Comparação entre os fatores prioritários na implantação da <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta – Empresa estudada e Empresas pesquisadas .....	118
Figura 5.9. Proposta de um modo integração das ferramentas <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta .....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Número de defeitos (peças por milhão) para uma descentralização específica do processo e do nível de qualidade .....	25
Tabela 2.2. Comparação entre diferentes níveis sigma em diferentes áreas da vida real .....	26
Tabela 2.3. Etapas chaves do Seis Sigma usando o processo DMAIC .....	28
Tabela 2.4. O desenvolvimento e envolvimento do 5S .....	41
Tabela 2.5. Objetivos e prioridades da manufatura compreendidas através do TPM .....	49
Tabela 3.1. Instrução de preenchimento do questionário de pesquisa .....	68
Tabela 4.0. Resumo dos resultados da pesquisa .....	72
Tabela 4.1. Resumo dos resultados da pesquisa na empresa estudada .....	80
Tabela 4.2. Resumo dos resultados da <i>pesquisa quantitativa exploratória (survey)</i> .....	95
Tabela 4.3. Comparação entre os resultados das ferramentas <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta .....	110
Tabela 5.1. Correlação dos dados das empresas pesquisadas x empresa estudada .....	115
Tabela 5.2. Correlação dos dados dos vários níveis organizacionais na empresa estudada .....	116

## **GLOSSÁRIO**

ÂNGULO DE HÉLICE:

TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTANENCE: Manutenção Produtiva Total

TQM – TOTAL QUALITY MANAGEMENT: Gerenciamento Total da Qualidade

H.T.T.P – HEAT TRETMENT TRANSFORMATION PRODUCTS: Produtos de transformação de tratamento térmico

Jominy

Tamanho de grão

Engrenagem

## **LISTA DE FÓRMULAS**

EQUAÇÃO 2.0. – Equação Nível Sigma de Qualidade .....	24
EQUAÇÃO 2.1. – Equação De Definição Dos Limites Do Box-Plot .....	35

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1. Introdução .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Justificativa e Lacuna da Pesquisa .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Objetivos da Pesquisa.....</b>	<b>20</b>
1.2.1 Objetivos.....	20
1.2.2 Objetivos Secundários .....	20
1.2.3 Resultados Esperados .....	20
<b>1.4 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 2. Referencial Teórico.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Seis Sigma .....</b>	<b>23</b>
2.1.1 – Origens do <i>Seis Sigma</i> .....	23
2.1.2 - Processo DMAIC .....	28
2.1.3 - Fatores Críticos de Sucesso para Implementação do <i>Seis Sigma</i> .....	31
2.1.4 - <i>Box Plot</i> .....	34
<b>2.2. – Manufatura Enxuta.....</b>	<b>36</b>
2.2.1. - Origens da Manufatura Enxuta .....	36
2.2.2 - Principais ferramentas da Manufatura Enxuta .....	39
2.2.2.1 - 5S.....	39
2.2.2.2 - JIT / <i>Kanban</i> .....	41
2.2.2.3 – <i>Set-Up</i> Rápido (SMED).....	44
2.2.2.4 – <i>Total Productive Maintenance</i> - TPM.....	47
2.2.2.5 – Trabalho Padronizado.....	50
<b>Capítulo 3. Metodologia de Pesquisa .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 – Pesquisa quantitativa exploratória (survey) .....</b>	<b>54</b>
3.1.1 Dificuldades na realização da pesquisa .....	54
<b>3.1.2 – Estudo de Caso.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 - Instrumento de pesquisa e protocolos .....</b>	<b>56</b>
3.2.1 Tipos de Amostragem.....	57
3.2.2 Amostragem Probabilística ou Aleatória.....	57
3.2.3 Amostras não Aleatórias.....	59
3.2.4 Justificativa Para o Uso de Amostras Não Aleatórias ou Não Probabilísticas.....	60
3.2.5 Definição da Amostragem da Pesquisa .....	61

3.2.6 Coleta de Dados.....	62
3.2.7 Questionário .....	62
3.2.8 Processo de Elaboração do Questionário .....	64
3.2.8.1 Pré-Teste.....	65
3.2.9 Tipo de Questões Utilizadas.....	66
3.2.10 Instrução de Preenchimento.....	68
3.2.11 Ordem das Questões .....	68
<b>Capítulo 4 - Estudo de Caso .....</b>	<b>70</b>
4.1 – Unidade de Análise .....	71
4.2. – Resultados da Pesquisa .....	71
4.2.1. - Resultados do Questionário – Empresa Estudada:.....	72
4.2.1.1 Avaliação e discussão das estratégias utilizadas pela empresa estudada na resolução de problemas operacionais .....	74
4.2.2. - Resultados da <i>Pesquisa quantitativa exploratória (survey)</i> – Empresas de São Paulo.....	85
4.2.2.1 Informações sobre as empresas .....	86
4.2.2.2 Estratégias utilizadas pelas empresas na resolução de problemas operacionais ..	90
4.3 – Caso Prático .....	100
4.3.1 – Melhoria da Qualidade – Redução do índice de rejeição .....	100
4.3.1.1. Redução do índice de rejeição - Metodologia Manufatura Enxuta .....	101
4.3.1.2. – Redução do índice de rejeição - Metodologia Seis Sigma .....	102
<b>5. Resultados e suas análises .....</b>	<b>111</b>
5.1 Comentários sobre os resultados do questionário da pesquisa de campo – empresas do estado de São Paulo .....	111
5.2 Comentários sobre os resultados da pesquisa.....	118
5.3 Proposta de um modo de Integração das ferramentas Seis Sigma e Manufatura Enxuta .....	120
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>124</b>
6.1 Conclusões sobre a metodologia de pesquisa .....	124
6.2 Conclusões sobre o projeto de pesquisa .....	125

<b>7. Sugestões para trabalhos futuros.....</b>	<b>127</b>
<b>Referência Bibliográfica.....</b>	<b>128</b>
<b>Informações sobre o autor .....</b>	<b>133</b>

## Capítulo 1. Introdução

Atualmente as empresas automotivas se vêem em uma briga constante por redução de custos e melhorias da qualidade em seus processos produtivos e administrativos. Dentro deste contexto, conforme Naslund (2008), a Manufatura Enxuta e o *Seis Sigmas* são duas das mais efetivas técnicas de melhorias dos negócios disponíveis hoje.

Entretanto, algumas organizações que abraçaram o *Seis Sigma* ou a *Manufatura Enxuta* podem achar que eles eventualmente cheguem a um ponto em que o retorno diminui (NASLUNG, 2008).

O que é, após reorganizar a sua operação e os sistemas de suporte para melhoria e resolução dos maiores problemas resolvendo ineficiências chaves, as melhorias adicionais não são facilmente geradas. Com isto, nestas organizações, começaram a olhar outros lugares como fonte de vantagem competitiva (NASLUNG, 2008).

Naturalmente, organizações que utilizam a Manufatura Enxuta estão examinando o *Seis Sigma* e organizações, que utilizam *Seis Sigma*, estão avaliando a Manufatura Enxuta (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005; NASLUNG, 2008).

E na procura pelo aumento da performance, organizações às vezes não parecem saber o que elas realmente estão tentando realizar, assim a distração de outro esforço de mudança é realmente um alívio e é perseguido com paixão (NASLUNG, 2008).

Recentemente, tem havido esforços para promover o *Lean Seis Sigma* ( ARNHEITER e MALEYEFF, 2005; NASLUND, 2008). Porém, conforme Nave (2002), a seleção da metodologia para o processo de melhoria depende da cultura da organização em questão e, de acordo com este mesmo autor, os líderes de cada metodologia (Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*) proclamam que as suas ferramentas e métodos podem superar todas as dificuldades quanto à cultura e valores das organizações, uma vez que a implementação de sua metodologia, o foco em suas ferramentas, métodos e teorias irão permitir melhorar a teoria de gerenciamento e a estratégia do negócio.

De acordo com Naslund (2008), o método promovido e divulgado como o novo método, é, às vezes, uma versão numa embalagem nova do método popular anterior. E as organizações parecem pular de uma prática da moda para a próxima (DIMAGGIO e POWELL, 1983; ABRAHAMSON, 1996).

Como Naslung (2008) discute “...fora da desintegração dos modismos vêm os remanescentes os quais geralmente sobre novos nomes, se tornam novos modismos ou se misturam com práticas operacionais padrões.

Esses métodos, ou modismos tendem a seguir uma sequência de ciclo de vida de sete estágios, de acordo com Naslung (2008):

- 1) Um artigo acadêmico é escrito sobre uma nova descoberta ou teoria.
- 2) O estudo é discutido, resumido e repetido.
- 3) O conceito é popularizado em um livro campeão de venda.
- 4) Um grande número de consultorias de gerenciamento leva esta nova técnica para a sua base de clientes.
- 5) Gerentes abraçam o modismo e suportam o conceito.
- 6) O tempo passa, o entusiasmo diminui e dúvidas e o cinismo crescem.
- 7) Novas descobertas ocorrem e os interesses das consultorias se viram para outro lado.

Abrahmson (1996) declarou que estes ciclos tipo da moda podem ser criados por organizações que estão continuamente procurando por melhorias em suas operações. Novos procedimentos podem ser adotados quando eles são amplamente chamados como soluções para problemas humanos e organizacionais; então, caem após os resultados prometidos não se materializarem ou são excedidos por uma outra alternativa muito mais promissora.

Nesse contexto muitos artigos têm sido publicados sobre as ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*, salientando o benefício do uso de cada uma.

Com relação ao *Seis Sigma*, por exemplo, Mcadam e Lafferty (2004) realizaram um estudo de caso multi-nível sobre o *Seis Sigma*, investigando: esta ferramenta é um controle estatístico ou uma mudança de estratégia das empresas?

Andrietta *et. al.*, (2007) realizou um estudo de campo do tipo *survey* exploratória-descritiva com o objetivo de levantar as práticas relativas à adoção do programa *Seis sigma* em empresas que adotaram este programa.

Da mesma maneira, muitos artigos têm sido publicados sobre *Manufatura Enxuta*, como, por exemplo, os autores Sanchez e Pèrez (2001) procuram contribuir para a literatura

empírica sobre a manufatura enxuta com um artigo sobre o uso dos indicadores do *lean* em empresas de manufatura.

Outros autores como Filho e Fernandes (2004), apresentaram uma revisão da literatura sobre Manufatura Enxuta de uma maneira ampla, abrangendo todos os artigos relacionados a este assunto em periódicos nacionais e internacionais.

Os artigos foram primeiramente classificados em teóricos ou práticos, para em seguida, serem divididos quanto à abrangência: foco no chão-de-fábrica, foco em outras áreas da empresa e foco na cadeia de suprimentos. No entanto, recentemente tem havido esforços para promover o *Lean Seis Sigma* (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005; NASLUND,2008), que é a união das abordagens de melhoria de Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*.

E Naslung (2008) afirma que o comportamento de modismo não é somente marcado pela reembalagem de idéias similares com novos títulos, mas também o abandono de abordagens em favor de novas idéias que podem, na verdade, ser similares.

## 1.1 Justificativa e Lacuna da Pesquisa

Conforme Bendell (2006), a literatura sobre a compatibilidade e a combinação do *Seis Sigma* e a *Manufatura Enxuta* é limitada e, além disto, desapontante quando examinada para um modelo comum, compatibilidade teórica, conteúdo ou método mutuo.

Geralmente esta combinação considerada não é mais do que filosófica ou um argumento próximo do religioso sobre a compatibilidade considerada das abordagens.

E este mesmo autor questiona: até que extensão então as duas abordagens são compatíveis e como elas podem ser efetivamente combinadas em um único sistema?

Bendell (2006) conclui que enquanto estas tentativas de combinar as duas metodologias sobre os títulos de *Lean Sigma* e *Lean Seis Sigma* podem assim ser questionáveis, seria claramente desejável que um único processo de melhoria estivesse disponível, o qual combinasse efetivamente as duas abordagens (BENDELL, 2006).

Por isso, o autor é da opinião que há necessidade de existir uma “nova sistemática” que utilize as forças das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*, porém sem haver a necessidade ou exigência que uma seja tratada como menos importante ou fique submetida à outra.

Assim essa “nova sistemática” respeitaria os conceitos, objetivos e estruturas de ambas as ferramentas, procurando identificar somente no nível de aplicação as possíveis sinergias e, com isto, tornar o processo de melhoria contínua mais robusto, uma vez que não haveria discussões sobre qual ferramenta deveria ser adotada.

E com isto identificando em quais tipos de problema na manufatura a metodologia Manufatura Enxuta seria mais efetiva que a *Seis Sigma*?

## **1.2 Objetivos da Pesquisa**

### **1.2.1 Objetivos**

Analisar criticamente o uso das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* em empresas relacionadas ao setor automotivo do estado de São Paulo, por meio de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* realizada em 16 empresas e um estudo de caso. E assim propor um modo de independente de aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

E realizar um estudo de caso prático da aplicação das metodologias Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* na resolução da taxa de rejeição.

### **1.2.2 Objetivos Secundários**

Realizar uma pesquisa sobre Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*.

Identificar, por meio de uma pesquisa de campo, o grau de entendimento e aplicação das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* utilizando questionário na empresa estudada e em empresas de auto-peças do estado de São Paulo.

Analisar e comparar as ferramentas que a empresa estudada e as empresas pesquisadas na *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* utilizam na resolução dos problemas operacionais do dia-a-dia.

### **1.2.3 Resultados Esperados**

Conforme mencionado por Naslung (2008), o objetivo da Manufatura Enxuta é apontada como a eliminação de desperdício em cada uma das etapas produtivas.

E isto pode levar a benefícios como a redução do nível de inventário, redução do tempo de atravessamento, melhoria da qualidade externa e interna, aumento da eficiência em geral e entrega dentro do prazo (NASLUNG, 2008)

Conforme mencionado anteriormente por Arnheiter e Maleyeff (2005), um dos elementos da *Manufatura Enxuta* é a redução da variabilidade a cada oportunidade, incluindo a variabilidade da demanda, variabilidade da manufatura e variabilidade do fornecedor.

E neste contexto, Linderman *et. al.* (2003) e Andrietta e Miguel (2007) afirmam que a ferramenta *Seis Sigma* tem como princípio fundamental reduzir a variação nos processos e, dessa forma, eliminar os defeitos ou falhas nos produtos e processos.

Com base neste trabalho, serão consideradas e analisadas as ferramentas de ambas as metodologias que, a priori, se aplicam para mesma finalidade: a de eliminar desperdícios e falhas, bem como a redução da variabilidade dos processos. E assim, verificar a melhor aplicação das várias ferramentas de ambas as metodologias.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

O presente estudo está organizado em cinco capítulos, divididos da seguinte maneira: no capítulo um, é apresentada uma introdução, incluindo a justificativa da pesquisa, a qual aborda a importância deste trabalho que traz a análise comparativa do uso das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*, bem como os objetivos e resultados esperados.

No capítulo dois, é realizada a revisão da literatura, apresentando os principais conceitos e ferramentas do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta. Em relação ao *Seis Sigma*, é explicada a origem desta ferramenta, como ela foi desenvolvida e quais são as suas principais métricas. Também é detalhado como funciona a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar-*Improve*, Controlar) e quais são os fatores críticos para implementação do *Seis Sigma*. Neste mesmo capítulo, também é apresentado, a origem da Manufatura Enxuta, os passos básicos e as principais ferramentas, como por exemplo: *5S's*, *JIT / Kanban*, *Set-up* rápido, *Total Productive Maintenance* (TPM) e trabalho padronizado.

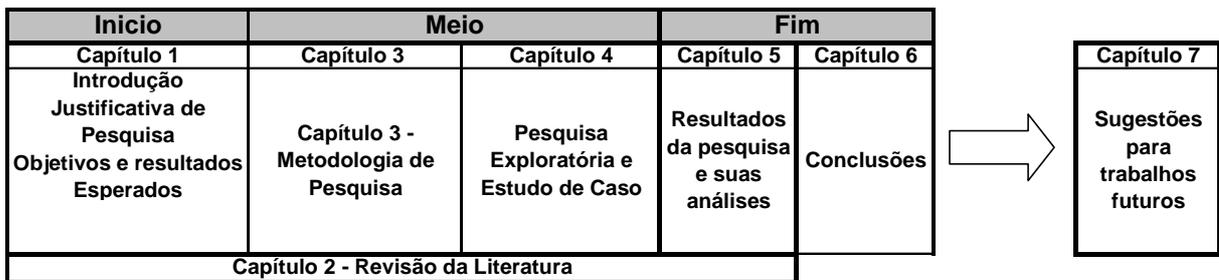
No capítulo três, é mostrada a metodologia da pesquisa e sua justificativa, indicando que neste projeto será realizado um estudo de caso e explicando a seguir que a coleta de dados será por meio de um questionário, onde são indicadas as suas principais vantagens e

desvantagens. É descrito o processo de elaboração do questionário e os tipos de questões utilizadas, bem como a instrução de preenchimento do mesmo.

No capítulo quatro é apresentada a empresa utilizada no estudo de caso e suas principais características, os resultados da aplicação do questionário na empresa estudada e a seguir os resultados do caso prático em que é utilizada uma situação onde havia a necessidade da redução do índice de retrabalho de um dado componente.

No capítulo cinco, são apresentadas as conclusões da pesquisa, no capítulo seis são apresentadas as conclusões. No capítulo sete são indicadas sugestões para trabalhos futuros e por fim são apresentadas as referências bibliográficas, conforme figura 1.1

Figura 1.1: Figura esquemática da estrutura do trabalho.



## Capítulo 2. Referencial Teórico

Como este trabalho tem o objetivo de realizar uma análise comparativa entre as ferramentas *Manufatura Enxuta* e *Seis Sigma*, este capítulo tem a finalidade de fazer uma revisão sobre os conceitos destas metodologias.

A análise das diferentes metodologias e suas ferramentas se fazem necessárias uma vez que é importante demonstrar as similaridades e diferenças entre elas para e a partir daí, identificar qual metodologia é mais apropriada para solucionar determinado problema.

### 2.1 *Seis Sigma*

#### 2.1.1 – Origens do Seis Sigma

As raízes do *Seis Sigma* podem ser traçadas para duas fontes primárias: gerenciamento total da qualidade (TQM) e o *Seis Sigma* como métrica estatística originada na Motorola Corporation (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

O que é denominado como *Seis Sigma* surgiu no início de 1987, quando profissionais da empresa Motorola iniciaram uma série de estudos sobre os conceitos estabelecidos por Deming quanto à variabilidade dos processos de produção, tendo como objetivo melhorar o desempenho por meio da análise de tais variações. Essas iniciativas foram reconhecidas pela direção da Motorola, que apoiou e estimulou a disseminação da nova abordagem proposta, pois visava à implantação em todas as atividades da empresa e enfatizava o conceito de melhoria contínua (HENDERSON; EVANS, 2000; ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

A métrica do *Seis Sigma* foi desenvolvida em resposta a padrões inferiores de qualidade, muitas vezes relacionados às decisões tomadas por engenheiros quando projetavam os componentes do produto final. Os principais componentes do *Seis Sigma* oriundos do TQM incluem o foco no cliente final, reconhecimento de que a qualidade é de responsabilidade de todos os funcionários e ênfase no treinamento do empregado (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

Na época, a Motorola estudou o relacionamento entre a qualidade do componente e a qualidade do produto final. Foi descoberto que, de um lote para o outro, o processo tendia a variar no máximo 1,5 *sigma* (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

Existe uma confusão e incerteza para muitas pessoas em como a qualidade *Seis Sigma* é traduzida em 3,4 defeitos por milhão, e se de fato existe uma diferença no valor verdadeiro do *Seis Sigma* e o valor do *Seis Sigma* da Motorola. É importante esclarecer a diferença entre elas, dizem os autores (HENDERSON e EVANS, 2000).

O valor sigma de um processo descreve o nível de qualidade do processo. Um nível de qualidade de  $K$  sigma existe em um processo quando metade da tolerância da característica do produto medido é igual a  $K$  vezes o desvio padrão do processo (ver equação 2.0.):

$$K * \text{desvio padrão do processo} = \text{metade da tolerância especificada (Equação 2.0.)}$$

Entretanto, essa definição sozinha não é responsável pela centralização do processo. Um processo é centralizado quando  $\bar{X} = T$ , onde  $\bar{X}$  é a média do processo ou o meio e  $T$  é o valor meta, o qual tipicamente é o ponto do meio entre o limite superior de especificação e o limite inferior de especificação. Um processo é descentralizado quando a média do processo,  $\bar{X}$ , não é igual ao valor meta  $T$ . A descentralização do processo é medida em desvios padrões ou sigma.

O valor da qualidade real de um processo é o número de defeitos que ocorrem quando o processo é centralizado, quando o valor da descentralização é 0 sigma. No caso do *Seis Sigma*, existe 0.002 defeitos por milhão ou 2 defeitos por bilhão. Por outro lado, “O conceito da Motorola de *Seis Sigma* permite uma mudança na média de 1,5 sigma” (HENDERSON e EVANS; 2000). Por isso o valor do *Seis Sigma* da Motorola significa uma permissão de mudança de 1,5 sigma e assim mostra um nível, de taxa de defeito não excedendo 3,4 por milhão. O valor de 3,4 defeitos por milhão em um processo centrado significa em um nível de qualidade do processo entre 4 e 5 sigma. Este conceito que foi introduzido e popularizado pela Motorola, tornou-se conhecido como *Seis Sigma* (HENDERSON e EVANS; 2000).

Conforme tabela 2.1, pode-se observar o número de peças defeituosas para uma descentralização do processo e níveis de qualidade (HENDERSON e EVANS, 2000). Na tabela 2.1 pode-se verificar a diferença entre o valor verdadeiro do *Seis Sigma* e o valor do *Seis Sigma* da Motorola. A tabela 2.1 é formada por uma coluna a qual apresenta os valores de descentralização e as linhas representam os valores sigma do processo. O cruzamento da coluna (descentralização), com as linhas (nível sigma do processo) resulta no número de defeitos por milhão de oportunidades para uma descentralização específica do processo.

Como explicado anteriormente, o valor do *Seis Sigma* da Motorola permite uma descentralização do processo em até 1,5 *sigma*, logo pode observar na tabela 2.1 que para um processo cuja descentralização seja 1,5 *sigma* e o nível *sigma* seja igual a seis (6) a quantidade de defeitos por milhão de oportunidades será no máximo de 3,4.

Tabela 2.1: Número de defeitos (peças por milhão) para uma descentralização específica do processo e do nível de qualidade.

Descentralização	3 sigma	3.5 sigma	4 sigma	4.5 sigma	5 sigma	5.5 sigma	6 sigma
0	2.700	465	63	6.8	0.57	0.034	0.002
0.25 sigma	3.577	666	99	12.8	1.02	0.1056	0.0063
0.5 sigma	6.440	1.382	236	32	3.4	0.71	0.019
0.75 sigma	12.288	3.011	665	88.5	11	1.02	0.1
1.0 sigma	22.832	6.433	1.350	233	32	3.4	0.39
1.25 sigma	40.111	12.201	3000	577	88.5	10,7	1
1.5 sigma	66.803	22.800	6.200	1.350	233	32	3.4
1.75 sigma	105.601	40.100	12.200	3000	577	88.4	11
2.0 sigma	158.700	66.800	22.800	6.200	1.300	233	32

Fonte: Adaptado de Henderson e Evans, 2000

E essas variações podem ser oriundas de pequenas variações nas condições do meio ambiente, desempenho do operador, matéria-prima e maquinário, que podem causar problemas de qualidade (INGLE e ROE, 2001).

Fundamentalmente, o *Seis Sigma* é uma disciplina, baseada em uma estratégia de medição para eliminação dos defeitos, que foca um processo de melhoria sistemática baseado em projetos e na redução da variação – tentando atingir um processo que não produza mais que 3.4 defeitos por milhão de oportunidades.

O princípio fundamental do programa *Seis Sigma* é reduzir continuamente a variação nos processos e eliminar os defeitos ou falhas nos produtos e processos (ANDRIETTA;MIGUEL; 2007).

Na tabela 2.2, podem-se observar comparações entre os diferentes níveis sigma, em diferentes áreas da vida real, de maneira a demonstrar a mudança de sair de um nível sigma três (onde tipicamente a maioria das organizações se encontram) para um nível *Seis Sigma* (INGLE e ROE, 2001).

Por exemplo: Para se entender a grandeza da mudança requerida e o tipo de melhoria necessária, se fosse realizado o contraste entre um processo de nível *sigma* igual a um (1) e

outro processo de nível *sigma* igual a seis (6) e onde a quantidade de erros ortográficos como medida de processo, pode-se afirmar que num processo nível *sigma* igual a um (1), encontraríamos 170 palavras com erros ortográficos por página, enquanto num processo com nível *sigma* igual a seis (6), pode-se encontrar um erro ortográfico em todos os livros de uma pequena biblioteca.

Tabela 2.2: Comparação entre diferentes níveis *sigma* em diferentes áreas da vida real.

Nível <i>Sigma</i>	Área	Solettar
7	Ponta de uma agulha de costura	1 palavra soletrada errada em todos os livros contidos em muitas bibliotecas grandes
6	Tamanho de um diâmetro típico	1 palavra soletrada errada em todos os livros contidos em uma biblioteca pequena
5	Formato A5 de papel	1 palavra soletrada errada em um número de enciclopédias
4	Tamanho do piso em uma típica sala de estar	1 palavra soletrada errada em um capítulo do livro
3	Tamanho do piso de uma loja de eletrônicos pequena	1,5 palavras soletradas erradas por página do livro
2	Tamanho do piso de um grande supermercado	25 palavras soletradas erradas por página do livro
1	Tamanho do piso de uma fábrica de porte médio	170 palavras soletradas erradas por página do livro

Fonte: Adaptada de INGLE e ROE (2001, p.275).

Para empresas de manufatura, o benefício direto do *Seis Sigma*, resulta na redução do número de defeitos, devido à melhoria do processo de manufatura. Para essas empresas, o *Seis Sigma* ou o nível *sigma* é uma medição da taxa de defeito do processo e assim pode ser usado para medir a qualidade do processo (ANDRIETTA;MIGUEL; 2007).

Outro aspecto que é de fundamental importância para implementação do *Seis Sigma* nas empresas é entender e executar os métodos ou processos de melhorias aplicadas no desenvolvimento do programa, tais como: M/PCpS (estudo de caracterização de processos e máquinas); DMAIC (*Define; Measure; Analyze; Improve e Control*); DFSS (*Design for Six Sigma*), dentre outros (ANTONY ; BAÑUELAS, 2002; ANDRIETTA, MIGUEL, 2007).

Dentre esse métodos existem duas grandes metodologias no *Seis Sigma*: uma para processos já existentes (DMAIC) e outra para novos produtos ou processos, DMADV.

De todos os métodos de solução de problemas mencionados, o mais utilizado atualmente é o DMAIC, em virtude de contemplar cinco etapas (figura 2.1) que conseguem na maior parte dos projetos *Seis Sigma*, estruturar a implementação, desenvolvimento e conclusão dos projetos selecionados (PANDE BAÑUELAS; ANTONY, 2003; GUPTA, 2005; ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

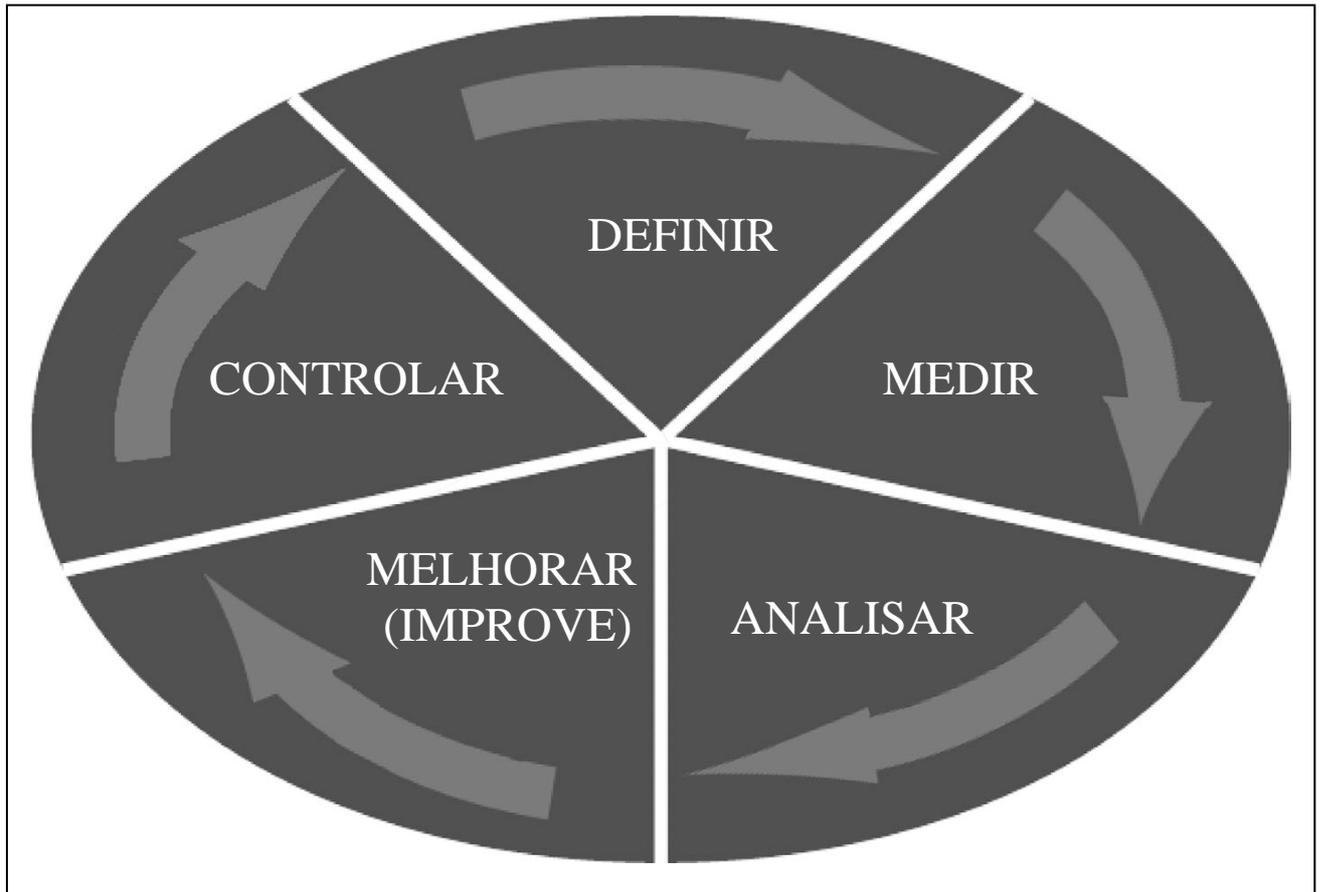


FIGURA 2.1: Modelo DMAIC

Fonte: Adaptada de McCARTY E FISHER (2007, P.188)

O método estruturado DMAIC prevê uma rotina onde os membros da organização o seguem para resolver os problemas e melhorar os processos, seguir este método estruturado evita que sejam tiradas conclusões precipitadas e ajuda a garantir uma pesquisa adequada por alternativas para solução do problema que se pretende resolver.

E dentro desse contexto, líderes organizacionais (*Champions*) podem ajudar a monitorar e garantir uma execução apropriada da rotina, por meio de revisões ao final de cada etapa do DMAIC (SCHROEDER *et. al.*, 2008).

### 2.1.2 - Processo DMAIC:

DMAIC é um processo fechado em círculo que elimina passos improdutivos, geralmente focando em novas medidas e aplicando tecnologia para a melhoria contínua (KWAK e ANBARI, 2006).

Na tabela 2.3, as etapas chaves do processo DMAIC são apresentadas de uma maneira resumida.

Tabela 2.3: Etapas chaves do *Seis Sigma* usando o processo DMAIC

Passos Seis Sigma	Processos Chaves
Definir	Definir as necessidades e expectativas dos clientes Definir as fronteiras do projeto Definir o processo através do mapeamento do fluxo do processo
Medir	Medir o processo para satisfazer a necessidade do cliente Desenvolver um plano de coleta de dados Coletar e comparar os dados para determinar os problemas e os déficits
Analisar	Analisar as causas de defeitos e as fontes de variação Determinar as variações do processo Priorizar as oportunidades para melhoria futura
Melhorar	Melhorar o processo para eliminar as variações Desenvolver alternativas e implementar o plano de ação
Controlar	Controlar as variações do processo para atender as expectativas do cliente Desenvolver uma estratégia para monitorar e controlar o processo melhorado Implementar as melhorias de sistema e estrutural

Fonte: Adaptado de McCLUSKY, 2000 e KWAK e ANBARI

#### a) Fase definir:

Nesta fase é necessário que os dados usados para a análise sejam verificados para que estejam corretos (Al-MISHARI e SULIMAN; 2008). Por isso, é realizada pelo time de projeto identificação do projeto mais apropriado para os esforços do *Seis Sigma*, baseado nos objetivos do negócio, bem como nas necessidades do cliente (HENDERSON e EVANS; 2000).

Como parte da fase definir, o time identifica os atributos que são chamados Critical to Quality (CTQ), fatores críticos para qualidade, que o cliente considera que tem o maior

impacto na qualidade. Esta fase também ajuda a responder às questões (HENDERSON e EVANS; 2000):

- Quem são os clientes e quais são as suas prioridades ?
- Qual é a performance do processo e como ele é medido?

#### **b) Fase Medir:**

O *Seis Sigma* requer que os dados usados para análise sejam verificados para que estejam corretos (AL-MISHARI e SULIMAN; 2008). Por isso, nesta etapa, o time identifica os processos internos chaves que influenciam as CTQ's e medem os defeitos gerados relativos a estes processos.

As variáveis do processo são medidas por meio de checagens de dados de qualidade, estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) e estudos de estabilidade de processos. Nesta fase, também são realizadas as seguintes etapas: mapeamento do processo, coleta de dados, gerenciamento do risco, medição do processo (definição da unidade, tipo de dados, distribuição de probabilidades), e performance do processo (defeitos por unidade, defeitos por oportunidade). (HENDERSON e EVANS; 2000).

#### **c) Fase Analisar:**

Nesta fase, o time de projeto procura identificar e responder: quais são as mais importantes causas dos defeitos? E descobrir por que os defeitos são gerados, identificando as variáveis que são as mais prováveis de criarem a variação no processo (HENDERSON e EVANS; 2000).

O *Seis Sigma* depende pesadamente de uma coleta cuidadosa de dados e análise estatística destes dados (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008). Devido a isso, são utilizadas técnicas gráficas para análise do comportamento do processo (SENAPATI, 2004).

Ferramentas estatísticas como amostragem, comparação estatística, correlação e regressão são altamente promovidas sempre que aplicáveis (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008).

#### **d) Fase Melhoria:**

Nesta fase, o time de projeto confirma as variáveis chave e a quantidade dos defeitos nos CTQ's bem como identifica os campos de aceitação máxima das variáveis chaves e valida o sistema de medição (HENDERSON e EVANS, 2000).

Para o *Seis Sigma* não basta propor o que se acredita serem recomendações práticas; geralmente se requer que as soluções propostas sejam testadas, através:

- Exame da mudança do desempenho através de uma nova medição da capacidade do processo após a implementação das melhorias;
- Demonstração da efetividade das soluções pela condução de um desenho de experimentos (DOE);
- Simulação adequada dos resultados antecipados pela simulação no *software* (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008);
- E de acordo com Henderson e Evans (2000), a questão principal a ser respondida pelo time de projeto é: como são removidas as causas dos defeitos?

#### **e) Fase Controlar:**

Uma vez que o processo foi melhorado, é muito importante que esta melhoria seja sustentada. Mesmo que a manutenção do processo seja muito bem planejada, ela ainda está sujeita a mudanças e caídas.

Sem o monitoramento e métodos de controle, os problemas podem passar despercebidos até que eles se tornem sérios (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008).

Nesta fase, ferramentas são colocadas em prática para garantir que o processo modificado permaneça dentro do campo máximo de variação aceitável ao longo do tempo (HENDERSON e EVANS; 2000).

Por isso, dentro da metodologia *Seis Sigma* é necessário que o desempenho do processo modificado seja continuamente monitorado e controlado através de algum tipo de controle estatístico de processo (CEP) (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008).

O CEP é um método que é utilizado extensivamente para monitorar a qualidade dos processos de manufatura e serviços e é uma parte integral da abordagem *Seis Sigma*. Existem vários tipos de gráficos de controle para monitoramento da média e o desvio padrão, o mais

comum é o gráfico de Schewhart. Os diferentes tipos são de diferentes desempenhos para situações diferentes e alguns são mais capazes de detectar pequenas mudanças do que outros (AL-MISHARI e SULIMAN, 2008).

### **2.1.3 - Fatores Críticos de Sucesso para Implementação do Seis Sigma**

Conforme Henderson e Evans (2000), existem vários fatores chave que são necessários para uma implementação de sucesso para o programa *Seis Sigma*.

Vários autores, entre eles, Henderson e Evans (2000); Kwak e Anbari (2006); Schroeder, Linderman, Liedtke e Choo (2007) e Antony e Banuelas (2002) apresentaram em alguns de seus artigos fatores chave para uma implementação efetiva do *Seis Sigma*. A partir destes artigos, o autor deste trabalho, destaca os pontos mais relevantes, que são descritos abaixo:

#### **a) Envolvimento da Alta Gerência**

*Seis Sigma* requer a dedicação e contribuição da alta gerência em recursos e esforço. A implementação de projetos *Seis Sigma* significa o comprometimento de recursos, tempo, dinheiro e esforço de toda a organização (KWAK e ANBARI, 2006).

Os CEO's (Chief Executive Officer) das organizações são geralmente envolvidos nas implementações de sucesso do *Seis Sigma* (KWAK e ANBARI, 2006). Um bom exemplo era o envolvimento do antigo CEO da General Eleric, Jack Welch (HENDERSON e EVANS, 2000). Ele era carismático e influente o suficiente para garantir uma boa implementação da metodologia *Seis Sigma* (KWAK e ANBARI, 2006).

#### **b) Seleção de Projetos**

Conforme Schroeder, Linderman, Liedtke e Choo (2007) as organizações *Seis Sigma* desenvolveram mecanismos formais para selecionar projetos *Seis Sigma*. Os projetos têm que ser cuidadosamente revisados, planejados e selecionados para maximizar os benefícios da implementação. Os projetos devem ser viáveis, organizacionalmente e financeiramente, benéficos e orientados para o cliente (KWAK e ANBARI, 2006).

Alguns mecanismos estruturais paralelos de medição no *Seis Sigma*, algumas vezes chamados de "*Project Hoppers*", envolvem a gerência sênior para remover projetos *Seis*

*Sigma* que não possuem implicações financeiras ou estratégicas (SCHROEDER, LINDERMAN, LIEDTKE e CHOO, 2007).

Sob esta perspectiva, o direito de decisão para iniciar um projeto está alocado na gerência sênior. Em contraste, com outras abordagens para qualidade em que as decisões são de “baixo para cima” onde os trabalhadores diretamente se envolvem com o processo de iniciar os projetos de melhoria (SCHROEDER, LINDERMAN, LIEDTKE e CHOO, 2007).

Os projetos têm que ser revisados periodicamente para avaliar o status do projeto bem como a performance das ferramentas do *Seis Sigma* e as técnicas que estão sendo implementadas. Os projetos devem ser bem documentados para acompanhar as restrições, custos, planejamento, escopo e tem que haver um claro grupo de medições e métricas que incorporem os requerimentos dos clientes. Também tem que haver mecanismos de lições aprendidas que capturem os pontos chaves dos projetos anteriores (KWAK e ANBARI, 2006).

### **c) Treinamento**

Treinamento é um fator chave para uma implementação de sucesso em projetos *Seis Sigma* e deve ser parte de uma abordagem integrada. Os colaboradores do programa (*belt's*) devem iniciar a aplicação desse programa do topo da organização e aplicá-lo para a organização como um todo. O curriculum do treinamento de *belt* deve refletir as necessidades e solicitações da organização. Deve ser customizado para incorporar benefícios econômicos e gerenciais. O treinamento deve cobrir tanto a parte qualitativa quanto medidas quantitativas, liderança e práticas de gerenciamento de projeto e habilidades (KWAK; ANBARI, 2006).

O treinamento pode ser realizado em uma variedade de pacotes incluindo treinamento externo e interno (HENDERSON e EVANS, 2000).

Necessário se faz falar do papel do *Black Belt*, do *Green Belt* e do *Master Black Belt*. O termo *Seis Sigma Black Belt* foi introduzido primeiramente pela Corporação Motorola para descrever funcionários os quais foram treinados e tinham experiência na aplicação de técnicas estatística para os processos de negócios e procedimentos e poderiam fazer grandes contribuições para a melhoria do resultado (INGLE e ROE; 2001).

As empresas estão usando os empregados treinados em *black-belt* para ajudar a medir como a estratégia atual dos negócios está atendendo os objetivos da empresa e também

desenvolvendo estratégias de redução de custo, tempo de ciclo e defeitos, enquanto aumentam a lucratividade e vantagem competitiva. (INGLE e ROE, 2001).

O treinamento para se tornar um *Black Belt* inclui um programa de treinamento rigoroso em técnicas estatísticas, bem como a aplicação dessas ferramentas em situações de negócios reais (INGLE e ROE, 2001). Alinhando com este critério, antes de ser reconhecido com o status de *Black Belt*, a pessoa deve demonstrar habilidades de solução de problema, gerenciamento de projeto e liderança (INGLE e ROE, 2001). Deve apresentar dois projetos por ano no montante aproximado de R\$ 300 mil cada um no mínimo.

Um *Green Belt* é treinado e tem experiência no uso das ferramentas e técnicas do *Seis Sigma* e ajuda na conclusão de projetos de *Black-belts*. Para os *Green belts* não é solicitado que tenham o mesmo nível de experiência no uso de ferramentas estatísticas ou habilidades de liderança que um *Black Belt*.

Eles são solicitados a completarem dois projetos para serem reconhecidos como *Green-belt* e com valor por projeto na ordem de R\$ 60 mil (INGLE e ROE, 2001).

Um *Master Black Belt* tem que ter experiência como *Black Belt* por pelo menos cinco anos. Este empregado é dedicado em tempo integral para as atividades e ferramentas do *Seis Sigma* e tem que ter sido mentor de pelo menos cinco candidatos a *Black Belt* que obtiveram sucesso. E para se tornar um *Master Black Belt* o candidato necessita de recomendação da alta direção da empresa (INGLE e ROE, 2001).

#### **d) Mudança de Cultura**

Conforme Kwak e Anbari (2006), o conceito de qualidade precisa estar embutido dentro do processo de *design* mais do que somente no monitoramento da qualidade no nível da manufatura.

O assunto mais importante é a mudança da cultura organizacional que coloca a qualidade no planejamento. Organizações sem um completo entendimento dos reais obstáculos dos projetos *Seis Sigma* ou sem um plano de abrangente mudança de cultura, tem uma grande probabilidade de falharem. Um forte comprometimento da gerência sênior, suporte, e liderança são essenciais para lidar com qualquer problema cultural ou diferenças relacionadas com a implementação do *Seis Sigma*.

Se o compromisso e o suporte na utilização de vários recursos não existe, a organização provavelmente não deve considerar a adoção do *Seis Sigma*.

#### **e) Métricas de orientação ao cliente e métricas financeiras**

Conforme Schroeder, Linderman e Choo (2008), o *Seis Sigma* usa uma variedade de métricas, incluindo medições do Sigma do processo, métricas de crítico para qualidade (CTQ), medições financeiras e medições estratégicas. Mais amplamente, as métricas podem ser categorizadas como métricas orientadas ao cliente e métricas financeiras.

Entender a verdadeira necessidade do cliente é a raiz do *Seis Sigma*. Um aspecto fundamental da metodologia *Seis Sigma* é a identificação dos fatores críticos para qualidade (CTQ) que são vitais para a satisfação do cliente (SCHROEDER, LINDERMAN e CHOO, 2007).

A linha de base e o nível *sigma* do processo desejado são de fato definidos conforme a necessidade do cliente final. Como resultado, as solicitações do cliente ajudam a estabelecer os objetivos das melhorias dos projetos e direcionar os esforços de melhoria do *Seis Sigma* (LINDERMAN et al., 2003; SCHROEDER, LINDERMAN e CHOO, 2007).

Os esforços de melhoria do *Seis Sigma* tem retornos financeiros mensuráveis que são determinados pelos contadores e funcionários do departamento financeiro na organização. O analista financeiro provê uma função de auditoria independente para o time e válida os benefícios financeiros e estratégicos do projeto. O papel do analista financeiro “ é ajudar a traduzir o que o time faz em dólares e centavos” (SCHROEDER, LINDERMAN e Choo, 2007). O analista financeiro pode ter um papel em cada etapa da metodologia *Seis Sigma* (SCHROEDER, LINDERMAN e CHOO, 2007).

#### **2.1.4 - Box Plot**

*Box-Plot* é uma representação gráfica da distribuição de dados de variáveis que, entre outras coisas, apresenta informações sobre a variabilidade e a simetria dos dados (ROTONDANO et. al, 2008).

O *box-plot* dá uma idéia de posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (MORETTIN e BUSSAB , 2003). Seu uso é particularmente indicado quando a quantidade de dados disponíveis é inferior a 30.

Um *Box-plot* (exemplo figura 2.2., p.25 )consiste em uma “caixa” (um retângulo) com o nível superior definido pelo terceiro quartil (Q3) e o nível inferior definido pelo primeiro quartil (Q1). A mediana é representada por um traço no interior da caixa, e os pontos máximo e mínimo são unidos à caixa por segmento de reta. Os valores máximo e mínimo são considerados apenas dentro da região compreendida dentro dos seguintes limites:

- Limite inferior =  $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$
- Limite superior =  $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$

Equação nº 2.1.

Observações fora desses limites são consideradas como outliers (pontos fora do padrão geral e, portanto, sujeitos a uma análise para verificar sua correção e possível desconsideração) e são indicadas por asteriscos (\*) (ROTONDANO R. G. *et. al*, 2008).

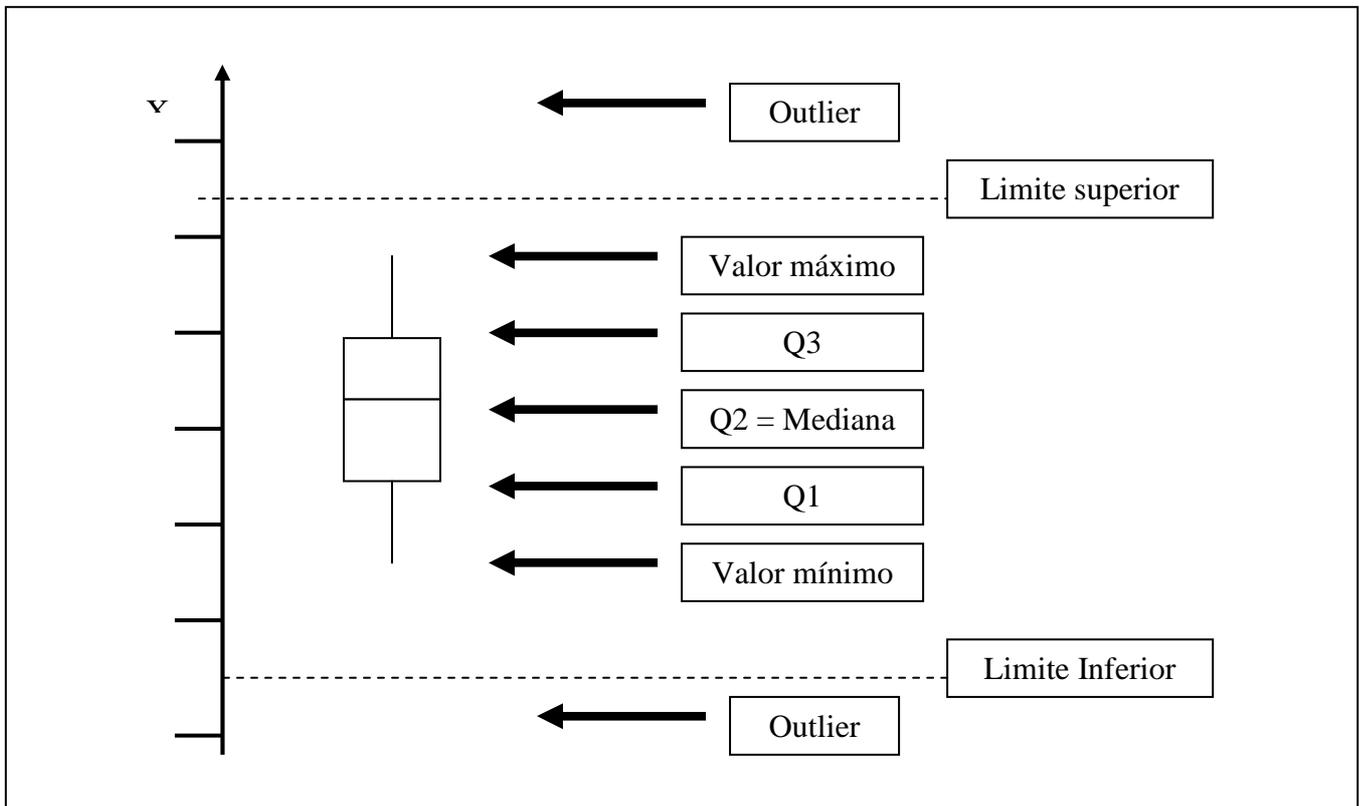


Figura 2.2.: Exemplo de um gráfico Box-plot  
 Fonte: Adaptado de Rotondano *et. al*, 2008

## 2.2. - Manufatura Enxuta

### 2.2.1. - Origens da Manufatura Enxuta

Desde a publicação da “Máquina que mudou o mundo” (Womack *et al.*, 1992) os benefícios dos princípios da *Manufatura Enxuta* têm sido reconhecidos mundialmente. A casa da *Manufatura Enxuta* é a indústria automobilística japonesa, e os comentaristas reconhecem a Toyota como o virtuoso produtor enxuto, e mais recentemente, como um desenvolvedor de produtos enxuto (WARD *et al.*, 1995 e OLIVER *et al.*, 2007).

O sistema Toyota de produção teve início na década de 1950, no Japão, mas especificamente na Toyota (FILHO; FERNANDES, 2004). Foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, que perceberam que a manufatura em massa não funcionaria no Japão e adotaram uma nova abordagem a qual tinha a finalidade de eliminar os desperdícios.

Os conceitos da *Manufatura Enxuta* têm um longa história na manufatura, somente embora o termo *Manufatura Enxuta* tenha sido aplicado dessa maneira no início da década de 90 (OLIVER *et al.*, 2007). Na manufatura, os sistemas de Manufatura Enxuta minimizam os desperdícios (onde o desperdício é tudo aquilo que adiciona custo, mas não valor ao produto): fluxo contínuo de materiais através do sistema em uma base *just in time*; e existe uma ênfase na prevenção dos erros, mais do que na detecção e ratificação posterior.

Em verdadeiros sistemas de *Manufatura Enxuta*, estes princípios são aplicados ao longo de toda cadeia de valor, não somente em pontos isolados (OLIVER *et al.* 2007). Os princípios da *Manufatura Enxuta* enfatizam o nivelamento otimizado do sistema, a ênfase é a integração e como as partes trabalham juntas como um todo, mais do que o desempenho individual e a excelência de qualquer característica ou elemento único (OLIVER *et al.*, 2007).

Conforme Naslung (2008), existem cinco passos básicos na *Manufatura Enxuta* (NAVE):

- 1 – Definir valor e todas as características do valor agregado em um dado processo.
- 2 – Identificar o fluxo de valor, o fluxo cronológico das atividades que adicionam valor.

3 – Force as atividades a fluir sem interrupção. Qualquer atividade que não adicione valor deve ser eliminada ou reduzida (no caso de atividades que não agregam valor, serem necessárias, o seu impacto no processo deve ser minimizado).

4 – Permitir que o cliente puxe o produto ou serviço através do processo, analogamente ao JIT.

5 – Continuamente perseguir a perfeição do processo reavaliando novamente os passos anteriores em voltas contínuas. Seguir os passos mencionados repetidamente para garantir que o processo foi melhorado como deveria.

Embora originalmente derivado da operação de manufatura, estes princípios têm sido subsequentemente aplicados na engenharia, desenvolvimento de produto e operações de serviços (OLIVER *et. al.*, 2007). Na manufatura, vários rótulos tem sido aplicados para os princípios da *Manufatura Enxuta*, incluindo técnicas japonesas de manufatura, sistemas *just-in-time* (agora geralmente relacionado como um elemento da *Manufatura Enxuta*) e o Sistema Toyota de Produção (TPS) (OLIVER *et. al.*, 2007).

Conforme Motwani (2003), a *Manufatura Enxuta* é uma melhoria da produção em massa. Obtendo o produto certo na primeira vez, esforço de melhoria contínua, produção flexível e minimização do desperdício de todo o tipo são melhorias que a *Manufatura Enxuta* produz.

Outro elemento da *Manufatura Enxuta* é a redução da variabilidade a cada oportunidade, incluindo a variabilidade da demanda, variabilidade da manufatura e variabilidade do fornecedor. À variabilidade da manufatura não incluir somente a variação das características da qualidade do produto (ex.: comprimento, largura, peso), mas também presença em tempos de tarefas ( ex.: *downtime*, absenteísmo, níveis de habilidade dos operadores). A *Manufatura Enxuta* busca reduzir a variação do tempo de tarefa, estabelecendo procedimentos de trabalho padronizado. Variação dos fornecedores inclui incertezas na qualidade e tempo de entrega. A redução na variação dos fornecedores é geralmente atingida através de parcerias e outras formas de parcerias fornecedor-produtor. (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

O objetivo de explicar como as ferramentas e princípios da *Manufatura Enxuta* estão organizados e quais destes são responsáveis pela eliminação do desperdício e redução da variabilidade encontra-se em Liker (2004), e de acordo com este mesmo autor, existem sete (7) desperdícios que a Manufatura Enxuta procura eliminar ou diminuir continuamente (1):

- 1) Superprodução: Produzir itens para os quais não há pedidos, os quais geram desperdícios como armazenagem, estocagem e custos de transporte devido ao excesso de inventário.
- 2) Espera: Trabalhadores somente olhando uma máquina automática, esperando pela próxima operação do item, espera devido a quebra de equipamento, gargalos ou atraso de processamento da operação anterior;
- 3) Transporte desnecessário: Transportando o estoque em processo por longas distâncias, criando transporte ineficiente;
- 4) Processamento desnecessário: Realizar etapas não necessárias para produzir uma peça, devido a ferramentas ruins e desenho do produto ruim, causando a produção de defeitos;
- 5) Excesso de Estoque: Excesso de matéria prima, estoque em processo ou produtos acabados causando longos *lead times*, obsolescência, produtos danificados, transporte, custos de armazenagem e atrasos. O excesso de estoques também esconde problemas como entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, quebras de equipamentos e longos tempos de set-up;
- 6) Movimento desnecessário: Qualquer movimento desnecessário que os empregados tenham que fazer durante o seu período de trabalho, como por exemplo: procurando por ferramentas ou peças.

(1) Alguns autores incluem atualmente o oitavo desperdício chamado “não ouvir os talentos” ou as sugestões dos colaboradores.

- 7) Defeitos: Produzir peças defeituosas ou que necessitem retrabalho.

Conforme Liker (2004), o segredo do sucesso da Toyota é a sua incrível consistência de performance, resultado da excelência operacional. Esse autor propôs um modelo para o sistema Toyota de produção que descreve 14 princípios os quais, em sua opinião, constituem a fundação do sistema Toyota de produção, conforme figura 2.3.

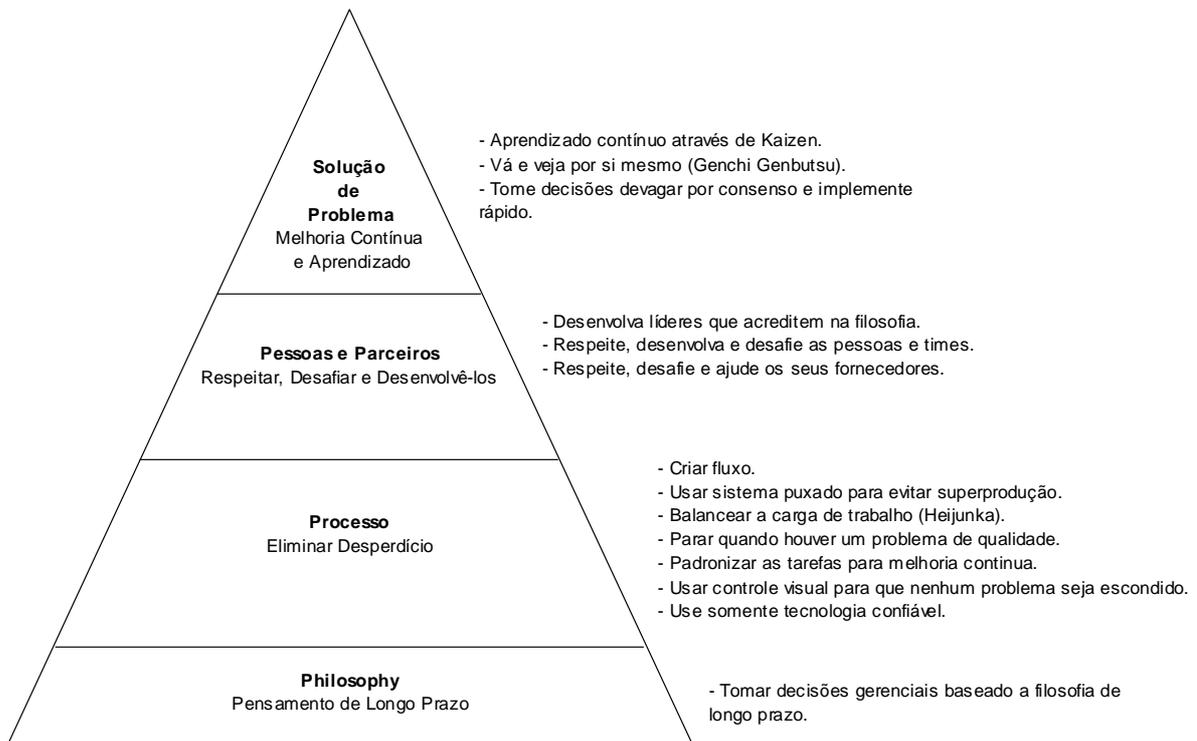


FIGURA 2.3.: Modelo Toyota – 14 Princípios

FONTE: Adaptada de Liker (2004, p.330)

## 2.2.2 - Principais ferramentas da Manufatura Enxuta

### 2.2.2.1 - 5S

O entendimento do 5S foi detalhado e gravado no Japão, originado de uma abordagem que o vê como sabedoria de vida, praticada diariamente (GAPP *et. al.*, 2008)

Os cinco sentidos que dão nome ao Programa 5S têm sua origem nas iniciais das palavras japonesas *seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*. Em português são conhecidos como os sentidos de utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina (VANTI, 1999).

No Japão, a prática do 5S foi iniciada no setor de manufatura e depois estendida para outras indústrias e setores de serviços. O sistema Toyota de produção provê um exemplo bem conhecido dos princípios do 5S; os modelos iniciais eram baseados em 3S e isto se tornou 4S (GAPP *et. al.*, 2008).

Pode parecer que em um nível abstrato, o 5S é “fácil de entender” (GAPP *et. al.*, 2008). E pode parecer muito mais difícil entender completamente o que está por trás do 5S quando desenvolvido como um modelo de valor que guia os negócios como visto nas empresas Toyota e Boeing (GAPP *et al.* 2008).

A implementação do 5S pode também descobrir problemas escondidos que podem ter permanecido despercebidos (GAPP *et. al.* 2008).

Alguns dos benefícios da implementação do 5S, conforme Gapp *et. al.* (2008):

- Ordenação (*seiri e seiton*) – maximizar eficiência e efetividade pela redução da carga de trabalho para as pessoas e erros humanos através da simplificação dos processos;
- Limpeza (*seiso e seiketsu*) – maximizar a eficiência através da contribuição para uma vida sadia, segura e bem estar como também melhorando a transparência; e
- Disciplina (*shitsuke*) – por meio de treinamento e educação, melhorar o nível da moral a qual leva para o aumento da qualidade do trabalho/vida e padrões de trabalho (Gapp *et. al.* 2008 ).

A significância da implementação do 5S vai muito além da produtividade direta como também alinhada com uma notável diminuição dos acidentes em indústrias (GAPP *et. al.*, 2008 ).

Conforme descrito na tabela 2.4 pode-se observar ao longo dos anos (período) a progressão da implementação do programa 5S e a conseqüente diminuição dos acidentes do trabalho e o aumento da produtividade.

Tabela 2.4.: O desenvolvimento e envolvimento do 5S

Período	Atividade	Número de acidentes do trabalho / ano	Produtividade	
1 (1950-1955)	2S	44.08	1950	1
		24.49	1955	
2 (1956-1972)	4S	22.99	1956	3.6 vezes maior que o período anterior
		7.25	1972	
3 (1973-1980)	5S	7.25	1972	1.4 vezes maior que o período anterior
		3.59	1980	
4 (1981-1998)	6S	3.23	1981	1.5 vezes maior que o período anterior
		1.75	1998	

Fonte: JISHA, 1999

### 2.2.2.2 - JIT / Kanban

O sistema de produção *Just-in-Time* (JIT) foi proposto para resolver estes problemas, e agora é usado em todo o mundo (TAKAHASHI; NAKAMURA, 1997).

O objetivo do JIT é a produção de produtos livres de defeitos, na quantidade requerida e no tempo certo (GUPTA ; AL-TURKI e PERRY, 1999).

*Kanban* é uma palavra japonesa que significa “sinal visível” ou cartão. Uma vantagem do sistema *Kanban* é a sua habilidade de controlar a produção. Outras vantagens incluem a sua simplicidade na programação da produção, reduz o fardo sobre os operadores, facilidade de identificar as peças pelos *kanbans* fixados nos cestos e redução substancial de relatórios.

A imprevisibilidade e o custo do método de produção em lotes na manufatura adicionada com previsões não confiáveis e associada com modelos de produção tradicionais são substituídas por confiáveis, previsíveis, sistemas de *kanbans*. Assim, alta velocidade pode ser alcançada na manufatura, e o produto não é produzido quando a necessidade não existe.

Atualmente, é comum para o sistema de produção ter múltiplos estágios dos processos produtivos e pontos de inventário. Em um sistema de inventário produtivo de multi-estágios, processos produtivos conectam serialmente, e pontos de inventário são localizados entre os processos produtivos adjacentes. O problema de gerenciamento da produção, em se produzindo médio ou grandes volumes de produtos através de um sistema de inventário produtivo de multi-estágios, é a quantidade de planejamento de produção para cada processo produtivo e alocação do buffer de estoque para cada ponto de inventário (TAKAHASHI ; NAKAMURA , 1997).

Incertezas como, por exemplo, falhas de máquina, flutuações na demanda, variações nos tempos de *set-up* e rendimentos randômicos são as características mais significantes de muitos sistemas de manufatura contemporâneo. Essas incertezas tornam particularmente difícil para companhias entregar os seus produtos na quantidade certa, no local certo, e no tempo certo (YAN, 1995).

De modo a atender a produção JIT em sistemas de inventário produtivos de multi-estágios, o sistema *Kanban* foi desenvolvido por uma empresa japonesa de manufatura automobilística, a Toyota (YAN, 1995).

O sistema *Kanban* é visto como um sistema de informação. O *kanban* contém informação como o tipo de *kanban*, nome e número do componente, a localização da estação de trabalho e estação de trabalho a ser destinado o material.

Existem diversos tipos de *kanbans* com diferentes funções e estes incluem *kanban* de retirada, *kanban* de produção *kanban* de túnel, *kanban* expresso e *kanban* emergencial (GUPTA; AL-TURKI e PERRY, 1999).

De acordo com Kimura e Tereda, os objetivos do sistema de *kanban* (sistema puxado) são os seguintes:

- Prevenir a transmissão de flutuações amplificadas da demanda ou volume de produção do processo posterior para o processo anterior;
- Minimizar a flutuação do inventário em processo e assim simplificar o controle do inventário.

Pode-se prosseguir, listando objetivos, segundo Takahashi e Nakamura, (1997):

- Elevar o nível de controle da fábrica através da descentralização;
- Dar aos supervisores do chão-de-fábrica ou o responsável um papel no controle da produção bem como o controle do inventário.

De acordo com Gupta *et. al.* (1999), o funcionamento do *kanban* pode ser descrito como apresentado na figura 2.4. O sistema JIT considerado é composto de N estações em série. Cada estação tem uma máquina de processamento, um *buffer* de entrada e um *buffer* de saída.

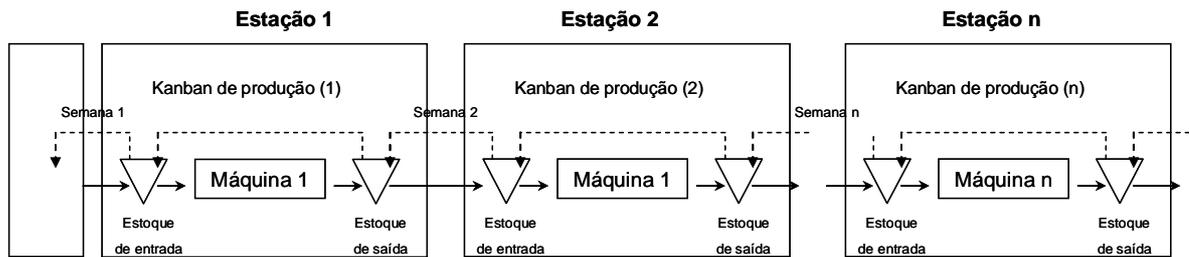


Figura 2.4.: O sistema JIT com N estações  
 Fonte: *Flexible kanban system* (GUPTA; AL-TURKI e PERRY, 1999)

Analisando a figura 2.4 é importante observar:

- A matéria-prima está sempre disponível na estação 1.
- Uma unidade de matéria-prima deve ser processada sequencialmente em todas as N estações de modo a atender uma unidade da demanda.
- O processamento das peças segue a disciplina primeiro-que-chega, primeiro-que-é-entregue (FIFO – *First in first out*).

O sistema tradicional de *kanban* para qualquer par de estações  $i$  e  $i + 1$  trabalham como descrito abaixo:

Quando uma máquina  $i + 1$  está pronta para realizar o trabalho, a caixa de *kanban* de produção (ou posto) da estação  $i + 1$  é liberada para a produção do *kanban*. O *kanban* de produção da estação é uma autorização para processar o cesto de peças em sua máquina. Se o *kanban* de produção está disponível, ele é pego para o buffer de entrada da estação  $i + 1$ .

O *Kanban* de retirada é removido do cesto e localizado na caixa de *kanban* de retirada (ou posto) da estação  $i + 1$ , e o *kanban* de produção é colocado no cesto. O cesto agora é processado na máquina  $i + 1$ .

O *Kanban* de retirada é pego da caixa de *kanban* de retirada, da caixa da estação  $i + 1$  e levado para o *buffer* de saída da estação  $i$  onde o cesto de peças está localizado.

O *Kanban* de produção é anexado ao cesto é removido e colocado na caixa da estação  $i$  e o *kanban* de retirada é colocado no cesto. O cesto é então transportado para o *buffer* de entrada da estação  $i + 1$ .

Quando a demanda por produtos acabado ocorre, um cesto é recuperado do *buffer* de saída da estação N (*buffer* de produtos acabados). Os itens no cesto são usados para preencher a demanda e o *kanban* de produção (que está anexo ao cesto), é retirado do cesto e colocado na caixa de *kanban* de produção da estação N. Isto dispara o processo descrito acima e continua até chegar na estação 1.

O número de *Kanbans* no sistema de *Kanban* tradicional é fixo e nunca aumenta ou diminui independente da situação do sistema. Existe um momento, entretanto, quando as estações intermediárias podem ser bloqueadas ou morrer de fome. O bloqueio de uma estação ocorre quando todos os *kanbans* de produção são colocados para completar os cestos em seus *buffers* de saída.

Similarmente, a necessidade da estação ocorre quando pelo menos um *kanban* de produção está na caixa de *kanban* de produção, esperando pelo cesto, enquanto a estação está parada. Existem muitas razões para o bloqueio e fome das estações. Por exemplo, o comportamento randômico (e assim criando uma desigualdade) de tempos de processamento que pode levar ao bloqueio e a fome das estações.

Similarmente, as paradas do sistema de manuseio de material podem também levar ao bloqueio e à fome das estações. O fenômeno de bloqueio e fome das estações pode ser agravado mais adiante pela limitação do número de *kanbans* disponíveis em cada estação. Isto, por sua vez, retarda o fluxo de produção o qual pode ter um efeito adverso em muitas medidas de desempenho como, por exemplo, o tempo de finalização das ordens e o tempo de atravessamento. Uma maneira de lidar com o bloqueio e a fome é, permanentemente, aumentar o número de *kanbans* em cada estação e assim aumentar o tempo de atravessamento do sistema. Entretanto, isto tem um efeito prejudicial de aumentar o *work in process* (WIP) e o tempo no sistema. Desde que a filosofia fundamental do JIT é reduzir o inventário (WIP) e o tempo do sistema, esta não é uma opção que vale a pena Gupta *et. al.* (1999).

### **2.2.2.3 – Set-Up Rápido (SMED)**

O processo de redução de *set-up* pode ser atingido através do tipo de abordagem tradicional de estudo de trabalho e a aplicação do sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*) (PATEL, SHAW e DALE, 2001).

Shingo (1985) desenvolveu a técnica SMED ao longo de 19 anos, começando em 1950. A técnica de Shingo se referia tanto à teoria quanto à prática, simplificando e melhorando as atividades operacionais para um tempo total de *set-up* abaixo de dez minutos de duração. Os requerimentos para o SMED se originam da dificuldade encontrada nos ambientes de manufatura diversificada e de baixo volume de produção. Estas dificuldades são essencialmente o aumento do número de *set-up* requeridos nas máquinas para produzir uma variedade de produtos em tamanho de lotes pequenos.

A teoria do SMED afirma que, mesmo que a frequência do *set-up* não possa ser reduzida, as paradas atuais causadas pelas mudanças de especificação nas máquinas podem ser amplamente reduzidas, assim, provendo um aumento na capacidade disponível de produção (PATEL, SHAW e DALE, 2001).

De acordo com (MCINTOSH R. *et. al*, 1996) o *set-up* pode ser dividido em várias fases, conforme descrição e figura 2.5. abaixo:

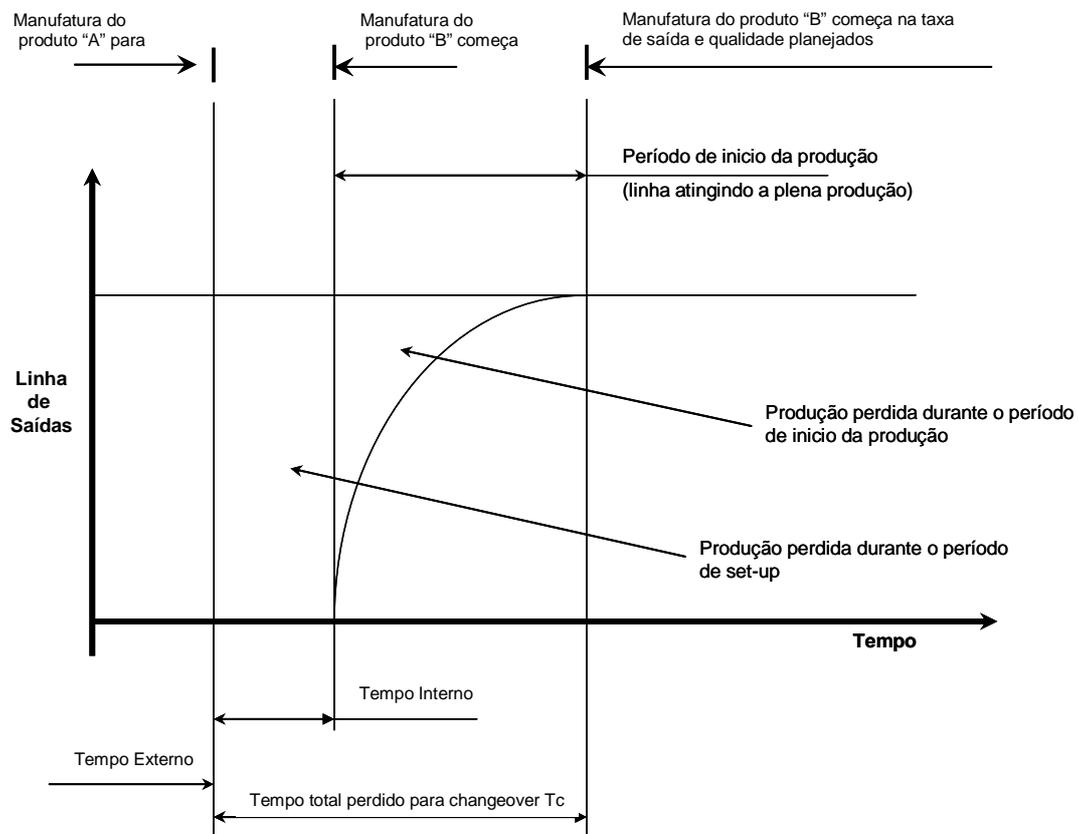


Figura 2.5. : Desenho de saídas durante o *changeover*

Fonte: An assesment of the role of design in the improvement of *changeover* performance, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 No. 9, 1996, pp. 5-22.

- a) *Changeover*: *changeover* é o processo completo de troca entre a manufatura de um último produto “A”, bom para manufatura de outro produto “B”, bom – até o ponto de atender a específicas taxas de produção e qualidade. O tempo total decorrido para uma *changeover*,  $T_c$ , é mostrado na figura 2.5 e é igual ao período de *set-up* adicionado ao período de início da produção.
- b) Período de *set-up*: O período de *set-up* é o intervalo prontamente definido quando nenhuma manufatura ocorre. Este intervalo é diretamente análogo ao tempo interno. É importante diferenciar entre as atividades, as que ocorrem durante o período de *set-up* e aquelas que são requeridas para preparar a máquina (exemplo: ajustes para produção): as duas não necessitam serem as mesmas. Por exemplo: *pré-set* das ferramentas é uma atividade de ajuste e ocorre durante o tempo externo.
- c) Período de início da produção: O período de início da produção ocorre quando a produção é iniciada de novo, e continua até o resultado consistente que ocorre em capacidade plena. É geralmente difícil determinar em qual ponto a capacidade de produção plena é alcançada, pois como, tipicamente, a linha de performance ainda está flutuando neste momento. É muito provável que a linha de produção será parada durante intervalos durante o período de início da produção para que ajustes finos aconteçam.
- d) Tempo Interno: São as atividades que ocorrem enquanto a linha esta parada (como o oposto daquelas as quais podem ser conduzidas enquanto a linha está trabalhando). Tempo interno é por isso diretamente análogo ao período de *set-up*.
- e) Tempo externo: O tempo externo é o tempo alocado em preparação para as atividades de troca de *set-up* previamente à parada do equipamento. O principal empurrão das melhorias de *changeover* até hoje tem sido isolar e mover atividades para tempos externos. Estas atividades são desnecessariamente conduzidas em tempos internos.

- f) Tempo interno → externo: Outro ponto importante no controle do sistema *set-up* é a passagem do tempo interno para o tempo externo. Como exemplo, ao invés de trocar o dispositivo “A” para o dispositivo “B”; deve-se projetar um dispositivo de tal sorte a trocar somente componentes e não o dispositivo na sua totalidade (SHINGO, 1996).

Segundo Patel *et. al.* (2001) existem vários fatores que influenciam o sucesso dos trabalhos de redução do tempo de *set-up*, conforme listado abaixo:

- Auditar e rever para verificar a existência de métodos de redução de *set-up*;
- Checar se os métodos estão sendo seguidos e avaliar a eficácia destes métodos;
- Aplicação da metodologia de manutenção produtiva total;
- Treinamento dos operadores quanto aos novos procedimentos de *set-up*;
- Esquema de participação e sugestão dos funcionários é importante para facilitar as reduções de *set-up*, bem como o reconhecimento dos mesmos.
- Realização de estudos e análises de custo benefício / viabilidade / avaliação de risco para avaliar se o investimento na redução do *set-up* é benéfico;
- Utilizar o trabalho padronizado nas tarefas do *set-up*.

#### **2.2.2.4 – Total Productive Maintenance - TPM**

Em um ambiente dinâmico e altamente desafiador, equipamentos de manufatura confiáveis são considerados como o maior contribuidor para a performance e lucratividade dos sistemas de manufatura (KUTUCUOGLU *et. al.*, 2001; AHUJA *et. al.*,2008). Por isso, manutenção dos equipamentos é uma função indispensável em empresas de manufatura (AHMED *et. al.*, 2005; AHUJA *et. al.*,2008).

A manutenção é normalmente percebida como tendo uma taxa de retorno mais pobre do que qualquer outro grande item de orçamento. Ainda, muitas companhias podem reduzir os custos de manutenção pelo menos um terço e melhorar o nível de produtividade, dando à manutenção a prioridade gerencial que ela requer. Esta prioridade deve medir todos os níveis estruturais de gerenciamento da organização para desenvolver um entendimento de até qual nível de significância a manutenção pode ter sobre o sucesso ou fracasso dos objetivos da organização (AHUJA *et. al.*,2008). O processo de manutenção pode ser alinhado para

eliminar desperdícios e produzir inovações de performances em áreas valorizadas pelos clientes (AHUJA *et. al.*,2008).

A recente tendência competitiva e o aumento contínuo da pressão nos negócios têm colocado a função manutenção sobre um holofote como nunca antes. Para a manutenção fazer a contribuição apropriada para os lucros, produtividade, e qualidade, ela deve ser reconhecida como uma parte integral da estratégia de produção da fábrica (Ahuja *et. al.*,2008). Assim atingindo excelência em assuntos de manutenção, ela deve ser tratada como um assunto estratégico para organização de manufatura e para a criação de empresas de manufatura de classe mundial (BRAH ; CHONG, 2004). Isto proveu o ímpeto em liderar organizações mundialmente a adotar estratégias de manutenção efetivas e eficazes como por exemplo: manutenção baseada em condições (CBM), manutenção centrada em confiabilidade (RCM) e a manutenção produtiva total (TPM), sobre a tradicional abordagem reativa da manutenção de apagar incêndio (SHARMA *et. al.*, 2005).

Nesse contexto, a TPM surge como uma opção para as empresas de manufatura. A TPM surgiu no Japão por volta de 1971, resultado do esforço de empresas japonesas em aprimorar as atividades de manutenção, iniciado na década de 1950, logo após a segunda guerra mundial, (OLIVEIRA, 2003). E segundo SHIROSE (1992), a TPM deve conter cinco pontos, conforme descrito abaixo:

- Utilizar com mais eficiência o equipamento;
- Estabelecer um sistema total de manutenção produtiva, abrangendo a manutenção preventiva e melhorias relacionadas com a manutenção;
- Envolver a participação da equipe de engenharia da produção e manutenção, operadores, e a equipe de manutenção;
- Envolver cada empregado, desde a alta gerência até os operadores;
- Promover e executar a manutenção produtiva baseada na manutenção autônoma, com atividades em pequenos grupos.

Conforme Contrim (2002), a TPM visa à maximização da eficiência operacional das máquinas, eliminando as “seis grandes perdas”:

- Perda por parada acidental devido à quebra;
- Perda durante a mudança de linha;
- Perda por parada temporária ou operação em vazio;

- Perda por queda de velocidade de produção;
- Perda por defeito ou retrabalho;
- Perda por defeito ou reinício de produção.

Existem três objetivos definitivos do TPM: zero defeitos, zero acidentes e zero paradas; além do mais, a implementação estratégica do TPM pode também facilitar o atendimento de várias prioridades e objetivos organizacionais da manufatura, como descrito na tabela 2.5 (AHUJA *et. al.*,2008).

Tabela 2.5: Objetivos e prioridades da manufatura compreendidos através do TPM

Prioridades da Manufatura	Considerações do TPM
<b>Produtividade (P)</b>	Redução de paradas e quebras não planejadas e melhoria da disponibilidade e produtividade
	Prover customização com capacidade adicional, troca rápida e desenho do produto
	Reduzir os problemas de qualidade oriundos de instabilidade de produção
<b>Qualidade (Q)</b>	Prover customização com capacidade adicional, troca rápida e desenho do produto
	Reduzir falhas de campo através da melhoria da qualidade
	Custo do ciclo de vida
<b>Custo (C)</b>	Procedimentos eficientes de manutenção
	Suportar volume e flexibilidade do mix
	Reduzir desperdícios relacionados a qualidade e paradas
	Suportar os esforços JIT com equipamentos seguros
<b>Entrega (E)</b>	Melhorar a eficiência, velocidade e confiabilidade das entregas
	Melhorar a disponibilidade de trabalhadores habilitados na linha
	Melhorar o ambiente de trabalho
<b>Sagurança (S)</b>	Atingir zero acidentes na área de trabalho
	Eliminar situações perigosas
	Melhora significante nos kaizen e sugestões
	Aumentar o conhecimento dos funcionários sobre o processo e produto
<b>Moral (M)</b>	Melhorar a habilidade em resolução de problemas
	Aumentar as habilidades e conhecimento dos trabalhadores
	Envolvimento e autorização dos empregados

Fonte: Adaptado de AHUJA I.P.S; KHAMBA J.S. (2008)

As melhores práticas da TPM são geralmente chamadas de pilares ou elementos da TPM (SANGAMESHWARAN e JAGANNATHAN, 2002). Destacam as características

comuns ao processo de TPM são usualmente conhecidas como os cinco pilares básicos, que sustentam qualquer implementação de TPM. E de acordo com outros autores e conforme demonstrado no trabalho de Oliveira (2003) são destacados três pilares adicionais, a saber: a manutenção qualidade, TPM no escritório, e TPM na segurança, conforme figura 2.6.

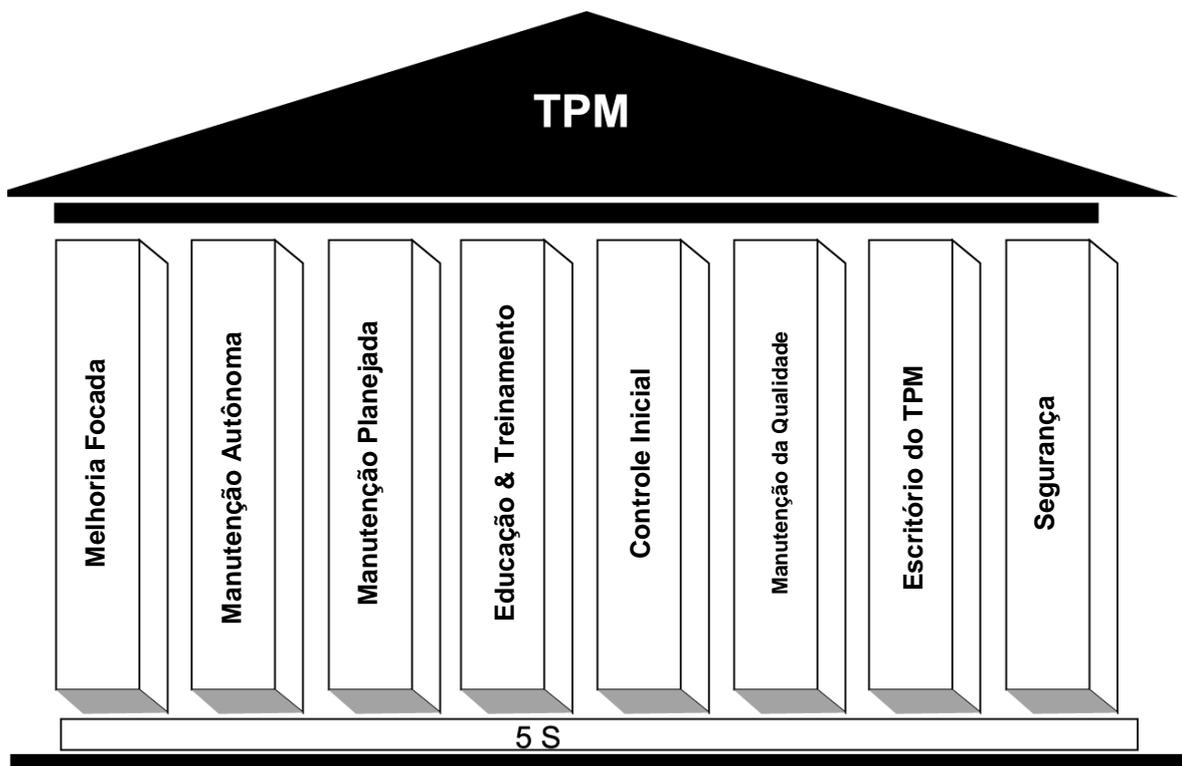


Figura 2.6: Oito Pilares da TPM

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2003

#### 2.2.2.5 – Trabalho Padronizado

Outra abordagem para eliminação dos erros e possibilitar a melhoria contínua é o estabelecimento de procedimentos precisos para a realização do trabalho; para criar o que é chamado “trabalho padronizado” (EMILIANI, 2008). O trabalho padronizado é uma parte essencial do gerenciamento da manufatura enxuta e dos esforços para eliminar os desperdícios, desbalanceamento, e irracionalidades (EMILIANI, 2008).

Os operadores são treinados para entender a importância de aderirem ao trabalho padronizado, e também saber as circunstâncias às quais o trabalho padronizado tem que ser criado e atualizado (EMILIANI, 2008). O trabalho padronizado pode ser encontrado em várias áreas funcionais como, por exemplo, manufatura (LIKER, 2004), compras e desenvolvimento de fornecedores, e engenharia e desenvolvimento de novos produtos (EMILIANI, 2008).

Trabalho padronizado é o termo usado para sistematizar como uma peça é processada, e inclui a interação homem-máquina e estudos de movimentação humana. Os engenheiros de manufatura quebram cada operação em pequenas partes, tendo certeza de que para cada operador são dadas todas as ferramentas para que a peça seja feita rapidamente e com o maior nível de qualidade. O processo é documentado em procedimentos escritos, com fotos, vídeos e exemplos. Peças defeituosas são guardadas como exemplo (EMILIANI, 2008).

A definição de trabalho padronizado publicada pelo Lean Enterprise Institute (LEI, 2006) é: “estabelecimento de procedimentos precisos para o trabalho de cada operário no processo de produção, baseado em três elementos”:

- *Takt time* é a taxa pela qual os produtos devem ser feitos em um processo para atender a demanda do cliente;
- A sequência precisa de trabalho: um operador realiza as tarefas dentro do tempo *takt*;
- O inventário padrão, incluindo unidades de máquina, requeridas para manter o processo trabalhando suavemente.

O trabalho padrão uma vez estabelecido “é objeto de melhoria contínua através do *Kaizen*, onde a palavra *kaizen* significa “mudar para melhor” (EMILIANI, 2008).

Trabalho padrão não é escrito em pedra, a melhor descrição de como fazer o trabalho. Ao invés disto, trabalho padronizado é o atual melhor método conhecido para se realizar o trabalho, e é continuamente revisado, baseado em *kaizen* e mudança nas condições dos negócios. De acordo com o *Lean Enterprise Institute* (LEI, 2006), os benefícios do trabalho padronizado incluem:

- Documentação do processo atual;
- Redução na variabilidade (poucos erros);

- Simplificação do treinamento de novos funcionários; e
- Estabelecimento de uma base para melhoria.

Dessa forma neste capítulo foi apresentado o referencial teórico utilizado como base para este trabalho e no próximo capítulo será apresentado a metodologia de pesquisa utilizada neste projeto de pesquisa.

### Capítulo 3. Metodologia de Pesquisa

Este capítulo tem o objetivo de descrever a metodologia que será usada para conduzir as atividades deste projeto bem como descrever as etapas do processo de investigação.

O campo de pesquisa sobre o *Seis Sigma* e a Manufatura Enxuta é muito amplo, e grande parte da literatura existente possui uma abordagem metodológica, ora focando pesquisas com abordagens empíricas que privilegiam a condução de estudos de caso e ora focando pesquisas com abordagens quantitativas que privilegiam a condução de *pesquisa quantitativa exploratória (survey)s*. E conforme Jabbour (2007), “destas duas vertentes surgem limitações oriundas da condução de pesquisas inteiramente depositadas sobre os pressupostos qualitativos ou quantitativos, em que a utilização da abordagem triangular pode vir a diminuir tais limitações”.

De acordo com Jick (1979), a abordagem triangular é definida como a combinação de metodologias no estudo do mesmo fenômeno. A triangulação é uma metáfora proveniente da navegação e estratégia militar, onde eram usados múltiplos pontos de referência para localizar a posição exata de um objeto.

Por se tratar de um método de desenho múltiplo, a triangulação permite aos pesquisadores terem mais confiança em seus resultados. Outro elemento importante da triangulação é que este método pode ser utilizado não somente para examinar o mesmo fenômeno de muitas perspectivas, mas também por enriquecer o novo entendimento permitindo que novas ou dimensões mais profundas possam surgir (JICK, 1979).

Neste projeto de pesquisa, a combinação promovida pela triangulação ocorre por meio da integração entre a condução de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e do estudo de caso.

De acordo com Sieber (1973), conforme Jabbour (2007), a condução de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, precedente ao estudo de caso, favorece: (a) a identificação de padrões de comportamento e de interações latentes do fenômeno observado, fornecendo uma estrutura mais simples para ser explorada no estudo de casos; (b) a identificação dos principais temas e tendências para observação no estudo de casos; (c) a tendência de os aspectos negativos recorrentes em pesquisas exclusivamente quantitativas serem neutralizados pelos aspectos positivos de se conduzir uma pesquisa qualitativa, sendo o inverso igualmente válido.

Dessa forma, adota-se a perspectiva da triangulação de métodos para o desenvolvimento deste trabalho.

### **3.1 – Pesquisa Quantitativa Exploratória (Survey)**

De acordo com Forza (2002), a *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* pode ser encarregada de resolver um problema existente. Em geral, uma pesquisa quantitativa exploratória (*survey*) envolve a coleta de informações de indivíduos sobre eles mesmos ou sobre as unidades sociais a que eles pertencem. O processo de amostragem da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* determina informações sobre grandes populações com um nível de acuracidade conhecido (FORZA, 2002).

Segundo esse mesmo autor, a *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* exploratória pode ser utilizada nos estágios iniciais da pesquisa de um fenômeno, quando o objetivo é obter uma compreensão sobre um assunto e prover as bases para uma pesquisa mais aprofundada e subsequentemente pode ajudar a descobrir ou prover evidências preliminares de associação entre conceitos.

Dessa maneira, neste trabalho será utilizada uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, de modo que essa venha a prover dados que sirvam de base para o estudo de caso que será realizado posteriormente.

#### **3.1.1 Dificuldades na realização da Pesquisa**

Neste tópico serão descritos as dificuldades encontradas na realização da pesquisa onde a primeira dificuldade se deu durante o envio inicial dos questionários às empresas pesquisadas. O autor recebeu mensagens de erros no envio da mensagem (e-mail), avisando que não foi possível o envio da mensagem, num total de 8,75%. O autor verificou se o endereço eletrônico estava correto e reenviou o convite. Persistindo o erro, o autor entrou em contato telefônico com as empresas no intuito de identificar outro possível respondente para a pesquisa.

Outra dificuldade se deve à demora nas respostas por parte dos respondentes, tanto na primeira quanto na segunda onda. De modo a diminuir ou eliminar esta dificuldade, o autor

procurou entrar em contato diretamente com os respondentes, o que se mostrou muito eficaz, pois notou-se um aumento na devolução dos questionários após este contato.

### 3.1.2 – Estudo de Caso

Segundo Voss *et. al.*, (2002), o estudo de caso tem sido consistentemente um dos mais poderosos métodos de pesquisas em gerenciamento de operações, particularmente no desenvolvimento de novas teorias. Muitas das inovações nos conceitos e teorias no gerenciamento de operações, desde a *Manufatura Enxuta* até estratégia de manufatura, têm sido desenvolvidas através de estudo de caso.

Segundo os mesmos autores, o estudo de caso é um método que utiliza o estudo de “campo” como sua base. Voss *et. al.*, (2002) menciona três forças dos estudos de caso sugeridos por Bebensat et al. (1987):

- O fenômeno pode ser estudado no seu estado natural e a teoria é gerada pelo entendimento obtido por meio da observação da prática atual.
- O método do estudo de caso permite as questões “por que”, “o que” e “como” serem respondidas com relativa compreensão da natureza e complexidade do fenômeno.
- O estudo de caso permite uma investigação exploratória inicial, onde as variáveis ainda estão desconhecidas e os fenômenos não estão totalmente compreendidos.

Os estudos de casos podem ser utilizados para diferentes propósitos de tipos de pesquisas como, por exemplo: exploratória, construção de teoria, teste teoria e extensão e refinamento da teoria (VOSS *et. al.*, 2002).

Conforme Voss *et. al.*, (2002), os casos únicos podem, às vezes, envolver a oportunidade para se estudar diferentes contextos dentro do mesmo caso, e conseqüentemente, quanto menor o número de casos, maior a oportunidade para uma observação mais profunda.

Devido ao exposto acima, iremos utilizar o estudo de caso, caso único, como metodologia a ser usada neste projeto de pesquisa, devido aos seguintes motivos:

- Primeiro, os fenômenos e interações que irão ser analisados serão observados na prática e grande parte do entendimento virá da observação dos resultados práticos da aplicação de cada ferramenta.
- Segundo, existe uma limitação de tempo.
- Terceiro, algumas questões de pesquisa são do tipo “como” e “o que” e “por quê”?

“**O que**” torna a ferramenta Manufatura Enxuta mais apropriada, em determinado contexto, que o *Seis Sigma*?

“**Como**” identificar as situações mais apropriadas para o uso de cada ferramenta?

“**Por que**” neste projeto de pesquisa este tipo de questão não é aplicável.

Entretanto, conforme Voss et al., (2002), os casos únicos possuem limitações, sendo a primeira relacionada com a validade da generalização das conclusões, modelos ou teorias desenvolvidas com base neste caso único.

Logo, é necessário deixar claro que não é objetivo deste estudo que os resultados sejam generalizados para todas os contextos, mas sim de fornecer uma análise comparativa entre as ferramentas *Manufatura Enxuta* e *Seis Sigma*, bem como propor as situações onde cada ferramenta pode ser mais bem utilizada na empresa estudada e nas empresas pesquisadas no estado de São Paulo.

### **3.2 - Instrumento de pesquisa e protocolos**

Conforme Voss *et. al.*, (2002), a fonte principal de dados em estudos de caso são entrevistas estruturadas, geralmente suportadas por entrevistas semi-estruturadas e interações.

De acordo com o mesmo autor, o núcleo do protocolo é um grupo de perguntas para a entrevista que devem cobrir o assunto que será abordado na entrevista.

Onde as questões começam mais abrangentes e do tipo aberta-fechada e, ao longo da entrevista, as perguntas passam a ser mais específicas Voss et al., (2002).

Como o objetivo deste projeto é fazer uma análise crítica das ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* e verificar o quão claras as interações destas ferramentas são para os funcionários da empresa, serão realizados questionários na empresa estudada.

### **3.2.1 Tipos de Amostragem**

Para que possa ser explicado e justificado o tipo de amostra escolhida para a realização do estudo, é necessário que haja uma pequena explicação sobre a teoria de amostragem.

Conforme Marconi & Lakatos (1996), quando se deseja colher informações sobre um ou mais aspectos de um grupo grande ou número, verifica-se, muitas vezes, ser praticamente impossível fazer um levantamento do todo. Daí a necessidade de investigar apenas uma parte dessa população ou universo. E de acordo com esses mesmos autores, (MARCONI & LAKATOS, 1996), o problema da amostragem é, portanto, escolher uma parte (ou amostra), de tal forma que ela seja a mais representativa possível do todo e, a parte dos resultados obtidos, relativos a essa parte, poder inferir, o mais legitimamente possível, os resultados da população total, se esta fosse verificada.

Conforme Levin (1987), segundo Carnevalli *et. al.* (2007), a amostra pode ser probabilística casual, quando a escolha dos elementos da população para formar a amostra é aleatória, ou não probabilística (não causal), quando a escolha dos elementos da amostra não é feita aleatoriamente.

### **3.2.2 Amostragem Probabilística ou Aleatória**

Para realizar esta amostra, é necessário conhecer todos os elementos da população estudada e definir um número para cada elemento, para que eles possam ser selecionados aleatoriamente, com o uso de uma tabela de números aleatórios (CARNEVALLI *et. al.*, 2007).

Conforme Marconi & Lakatos (1996), a sua característica primordial é poder ser submetida a tratamento estatístico, que permite compensar erros amostrais e outros aspectos relevantes para a representatividade e significância da amostra.

As amostras aleatórias podem ser:

- Aleatória Simples: Atribui a cada elemento da população um número único: seleciona a amostra utilizando números aleatórios.
- Sistemática: Usa a ordem natural ou ordena a população, selecionando o ponto de partida aleatório entre 1 e 10. Seleciona a amostra segundo intervalos correspondentes ao número escolhido.
- Aleatória de múltiplo estágio: Utiliza uma forma de amostragem aleatória em cada um dos estágios, quando há pelo menos dois estágios.
- Por conglomerados ou Grupos: A amostragem por conglomerados ou grupos é rápida, barata e eficiente, sendo que a unidade de amostragem não é mais o indivíduo, mas um conjunto (escolas, empresas igrejas, favelas), facilmente encontrado e identificado, cujos elementos já estão ou podem ser rapidamente cadastrados.

Conforme necessidades específicas da pesquisa, pode-se aplicar os seguintes métodos:

- a) Os conglomerados são sorteados de forma aleatória e todos os componentes dos conjuntos escolhidos são pesquisados;
- b) Os conglomerados são subdivididos em outros conjuntos e o sorteio aleatório se faz entre os subgrupos, sendo pesquisados todos os seus elementos.
- c) Alguns conglomerados são escolhidos aleatoriamente e, em cada um, os indivíduos a serem pesquisados são sorteados de forma aleatória simples.

- d) Os conglomerados são subdivididos em subgrupos e a seleção se faz em três estágios: alguns conglomerados são sorteados de forma aleatória, em cada aglomerado escolhido, são sorteados, também de forma aleatória, alguns subgrupos; nos subgrupos selecionados, são escolhidas de forma aleatória as pessoas a serem pesquisadas.
- Estratificada: a população é dividida em grupos, e cada grupo é considerado uma população inteira, Extraí-se, então, uma amostra aleatória de cada grupo, conforme a proporção do grupo na população, usando uma tabela de números aleatórios. A amostra estratificada gera uma análise mais precisa da população estudada (CARNEVALLI *et. al.*, 2007).

### **3.2.3 Amostras não Aleatórias (não probabilista)**

A característica principal das técnicas de amostragem não-probabilista é a de que, não fazendo uso de formas aleatórias de seleção, torna-se impossível a aplicação de fórmulas estatísticas para o cálculo, por exemplo, de erros de amostras.

As amostras não aleatórias podem ser divididas em:

- Amostras intencionais: neste tipo de amostra, o pesquisador está interessado na opinião de determinados elementos da população, mas não representativos da mesma. A principal limitação desta técnica é a impossibilidade de generalização dos resultados. Ela tem a sua validade, dentro de um contexto específico.
- Por “Juris”: Técnica utilizada principalmente quando se desejam obter informações detalhadas, durante certo espaço de tempo sobre questões particulares.
- Por Tipicidade: Quando não é possível a escolha de uma amostra probabilística, o pesquisador procura um subgrupo que seja típico, em relação à população como um todo.

- Por Quotas: esta é a técnica não probabilística mais utilizada em levantamentos de mercado (prévias eleitorais e sondagem de opinião pública). Esta técnica é dividida em três etapas:
  - a) Classificação da população em termos de propriedades que se presume (ou se sabe) serem relevantes para a característica a estudar.
  - b) Construção de uma “maqueta” da população a ser pesquisada, com a determinação, relativa à amostra total, da proporção da população que deve ser colocada em cada classe.
  - c) Fixação de quotas para cada entrevistador, que terá a responsabilidade de selecionar as pessoas a serem pesquisadas, de tal modo que a amostra total venha a conter a proporção de cada classe ou estrato, tal como foi fixado na segunda etapa.

### **3.2.4 Justificativa Para o Uso de Amostras Não Aleatórias ou Não Probabilísticas**

Conforme MATTAR (1996) segundo Carnevalli *et al.*, (2007), existem quatro razões que podem justificar o uso de amostragens não probabilísticas:

- A pesquisa não tem outra alternativa. Por exemplo, no caso de que apenas metade da amostra se dispõe a colaborar com a pesquisa.
- Dificuldades de usar amostragem probabilística. Por exemplo, não encontrar um dos entrevistados, ou os entrevistados não responderem todas as questões.
- Ser uma pesquisa exploratória que não pretende generalizar os resultados para a população, ou ser uma amostragem específica que não representa a população.

- O estudo não tem tempo, recursos financeiros, materiais e pessoal necessário para realizar um trabalho com amostragens probabilísticas.

Portanto, mesmo sabendo que a amostragem probabilística é superior a amostragem não probabilística, existem casos onde se justifica o uso de pesquisas com amostragens não probabilísticas.

Nessa pesquisa foi utilizado a amostragem intencional onde uma parte da amostragem 70% (24empresas) eram empresas em que o pesquisador possuía contato e a outra parte da amostragem 30% (24 empresas) foram retiradas de uma lista da base do programa de pós graduação da Fundação Getulio Vargas em Sorocaba.

### **3.2.5 Definição da Amostragem da Pesquisa**

De modo a se realizar uma análise comparativa das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* e a partir desta análise propor um modo independente de aplicação dessas ferramentas indicando as melhores situações para aplicação de cada uma delas.

Como mencionado anteriormente nesse trabalho, será utilizada, a técnica de triangulação, de acordo com Jick (1979), e devido a isto será realizado um estudo de caso único precedido de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*.

A escolha de um caso único é suportada por Voss *et al.*, (2002), pois esse autor afirma que quanto menor o número de estudos de caso, maior a oportunidade para uma observação profunda e estudos de casos únicos, às vezes, envolvem a oportunidade de estudar vários contextos dentro do estudo de caso.

Uma vez decidido pelo estudo de caso único, é importante salientar que a amostragem em relação ao estudo de caso se caracteriza como sendo uma amostragem intencional, uma vez que há interesse na opinião de determinados elementos da população, no caso os funcionários da empresa estudada. A mesma afirmação é válida para o caso da *Pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, pois a amostragem foi direcionada para as empresas do estado de São Paulo; esta afirmação é suportada por Marconi & Lakatos (1996).

### 3.2.6 Coleta de Dados

De acordo com MARCONI & LAKATOS (1996), em estudos exploratórios, existem uma grande variedade de procedimentos de coleta de dados que podem ser utilizados, como entrevistas, observação participante, questionários, análise de conteúdo, dentre outros.

Com base nessa afirmação, esta pesquisa irá utilizar a técnica de questionário para atender os objetivos do estudo.

### 3.2.7 Questionário

Conforme Marconi & Lakatos (1996), o questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Em geral, o pesquisador envia o questionário ao informante, pelo correio ou por um portador; depois de preenchido, o pesquisado devolve-o do mesmo modo.

Segundo Carnevalli *et. al.*, (2007), os questionários podem ser de quatro tipos diferentes:

- a) Estruturado não disfarçado: o respondente sabe qual é o objetivo da pesquisa e o questionário é padronizado, usando principalmente questões fechadas. Quanto mais estruturado for o questionário, menos questões abertas ele terá;
- b) Questionário não estruturado não disfarçado: neste caso, os questionários usam questões abertas e o respondente sabe qual é o objetivo;
- c) Questionário não estruturado disfarçado: usa técnicas projetivas (associação de idéias, completar sentenças e contar histórias) para, indiretamente, conseguir as informações da pesquisa, sem que o respondente saiba a finalidade da pesquisa. São, na verdade, testes psicológicos; e
- d) Questionário estruturado disfarçado: tenta através da tabulação e cruzamento de informações, descobrir indiretamente a importância de um assunto.

No presente trabalho, foi utilizado um questionário do tipo estruturado não disfarçado, contendo quatorze (14) questões do tipo fechado e três (3) questões do tipo aberta. Sendo que no estudo de caso foram aplicados 16 questionários, divididos entre os vários níveis hierárquicos: Gerência – 2 questionários; Supervisão – 4 questionários; Staff – 4 questionários e; 6 – Coordenação.

Como toda a técnica de coleta de dados, o questionário também apresenta vantagens e desvantagens de acordo com MARCONI & LAKATOS (1996):

#### Vantagens:

- Economiza tempo, viagens e obtém grande número de dados;
- Atinge maior número de pessoas simultaneamente;
- Abrange uma área geográfica mais ampla;
- Economiza pessoal, tanto em treinamento quanto em trabalho de campo;
- Obtém respostas mais rápidas e mais precisas;
- Há maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato;
- Há mais segurança, pelo fato de as respostas não serem identificadas;
- Há menos risco de distorção, pela não influência do pesquisador;
- Há mais tempo para responder e em hora mais favorável;
- Há mais uniformidade na avaliação, em virtude da natureza impessoal do instrumento;
- Obtém respostas que materialmente seriam inacessíveis.

#### Desvantagens:

- Percentagem pequena dos questionários que voltam;
- Grande número de perguntas sem respostas;
- Não pode ser aplicado a pessoas analfabetas;
- Impossibilidade de ajudar o informante em questões mal compreendidas;
- A dificuldade de compreensão, por parte dos informantes, leva a uma uniformidade aparente;
- Na leitura de todas as perguntas, antes de respondê-las, pode uma questão influenciar na outra;

- A devolução tardia prejudica o calendário ou a sua utilização;
- O desconhecimento das circunstâncias em que foram preenchidos torna difícil o controle e a verificação;
- Nem sempre é o escolhido quem responde ao questionário, invalidando, portanto, as questões;
- Exige um universo mais homogêneo.

### **3.2.8 Processo de Elaboração do Questionário**

De modo a atender aos objetivos da pesquisa durante o processo de elaboração do questionário, foram observados os seguintes pontos sugeridos por MARCONI & LAKATOS (1996), a fim de aumentar a eficácia e validade do questionário:

- Deve-se levar em conta os tipos, ordem, os grupos de perguntas, a formulação das mesmas e também “tudo aquilo que se sabe sobre percepções, estereótipos, mecanismos de defesa, liderança”;
- O pesquisador deve conhecer bem o assunto para poder dividi-lo, organizando uma lista de vários temas;
- Os temas escolhidos devem estar de acordo com os objetivos geral e específico;
- O questionário deve ser limitado em extensão e em finalidade;
- As questões devem ser codificadas, a fim de facilitar a tabulação;
- Deve estar acompanhado por instruções definidas e notas explicativas, para que o informante tome ciência do que se deseja dele.

E com base nos trabalhos de Ward e Shah, (2007) e na pesquisa realizada por Bonavia e Marin (2006), que procuraram esclarecer a confusão ao redor da Manufatura Enxuta, identificando as suas principais ferramentas a partir de uma extensiva revisão na literatura e classificando e resumindo as ferramentas e práticas mais usuais na Manufatura Enxuta, o presente trabalho elaborou as questões procurando descrever situações / problemas em que estas ferramentas deveriam ser assinaladas como a melhor escolha.

Conforme sugerido por Marconi e Lakatos (1996), o questionário foi dividido em vários temas, a saber: 1 – Informação sobre a empresa; 2 – Ferramentas de Gestão; 3 – Estrutura; 4 – Avaliação Pessoal

### 3.2.8.1 Pré-Teste

Conforme sugerido por Marconi e Lakatos (1996), depois de redigido, o questionário precisa ser testado antes de sua utilização definitiva, aplicando-se alguns exemplares em uma pequena população escolhida.

O pré-teste serve também para verificar se o questionário apresenta três importantes elementos:

- Fidedignidade: Qualquer pessoa que aplique obterá sempre os mesmos resultados;
- Validade: Os dados recolhidos são necessários à pesquisa; e
- Operatividade: Vocabulário acessível e significado claro.

Dessa maneira, antes de finalizar o *lay-out* final do questionário, foi realizado um piloto para analisar se o questionário proposto atenderia os objetivos da pesquisa.

Assim foram escolhidas seis pessoas; dentre elas, dois funcionários da empresa estudada, um especialista em estatística, ao qual foi solicitado que observasse a construção do questionário e principalmente se a partir dos resultados dos questionários respondidos se poderia realizar algum teste de correlação dos dados, em relação às questões que utilizavam escala Likert.

Também foi solicitada a opinião de um especialista em *Seis Sigma* e com boa experiência na realização da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*. A sexta pessoa convidada a opinar sobre o questionário não enviou os seus comentários.

Ao todo foram coletadas 13 sugestões; a grande maioria foi incorporada ao questionário. As principais sugestões e alterações são descritas abaixo:

- 1) Inclusão na pergunta 1.1 o tempo de empresa do respondente na empresa pesquisada;

- 2) Nas perguntas fechadas repetir as instruções de preenchimento;
- 3) Direcionar a amostra para setores mais específicos, não deixar tão abrangente;
- 4) Rever a sequência das questões;
- 5) Inclusão na questão 2.4 a alternativa “não sei”, pois os pesquisados podem não saber qual ferramenta mais apropriada a ser utilizada;
- 6) Criar automatizações “macros” no questionário de pesquisa (arquivo em documento *Word* ) de modo a facilitar o preenchimento, coleta e manuseio dos dados.

A decisão de se realizar o questionário piloto se mostrou positivo em relação a contribuição ao resultado da pesquisa, pois como descrito acima todos os comentários se mostraram pertinentes, melhorando o entendimento do questionário e contribuindo com o resultado final da pesquisa.

A escolha em se realizar o questionário piloto com os funcionários da empresa estudada é apoiada por Marconi e Lakatos (1996), pois afirmam que o pré-teste deve ser aplicado em populações com características semelhantes, mas nunca naquela que será alvo de estudo.

### **3.2.9 Tipo de Questões Utilizadas**

De acordo com Marconi e Lakatos (1996), quanto à forma das perguntas elas podem ser classificadas em três categorias: abertas, fechadas e de múltipla escolha:

- a) Perguntas abertas: Chamadas livres ou não limitadas, são as que permitem ao informante responder livremente, usando a própria linguagem, e emitir opiniões.

- b) Perguntas fechadas ou dicotômicas: Denominadas limitadas ou de alternativas fixas, são aquelas às quais o informante escolhe sua resposta entre duas opções: sim e não.
- c) Perguntas de múltipla escolha: São perguntas fechadas, mas que apresentam uma série de possíveis respostas, abrangendo várias facetas do mesmo assunto.

Na elaboração do questionário, foi priorizada a utilização de perguntas de múltipla escolha, pois são fáceis de serem preenchidas e tabuladas e por possibilitar uma boa coleta de informações. No questionário, também foram utilizadas questões que buscavam identificar a opinião dos respondentes em relação à utilização das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*.

Para tanto, foram utilizadas perguntas com escala tipo Lickert e conforme Marconi e Lakatos (1996), para a medição de atitudes e opiniões há inúmeros tipos de escalas, e através das técnicas escalares, pode-se transformar uma série de fatos qualitativos em uma série de fatos quantitativos ou variáveis, podendo-se aplicar processos de mensuração e de análise estatística.

De acordo com Marconi e Lakatos (1996), a escala Lickert é um método mais simples de construir escalas de atitude, que não requer especialistas e apresenta os seguintes passos:

- a) Elaboração de um grande número de proposições consideradas importantes em relação a atitudes ou opiniões, que tenha relação direta ou indireta com o objetivo a ser estudado.
- b) Estas proposições são apresentadas a certo número de pessoas que indicarão suas reações, anotando os valores 5, 4, 3, 2, 1, que corresponderão a: concordo totalmente, concordo parcialmente, neutro, discordo parcialmente, discordo totalmente.
- c) Cada pessoa recebe uma nota global, que é o resultado da soma dos pontos individuais obtidos. Analisam-se as respostas de modo que se determinem quais as proposições que alcançaram valores diferentes para as pessoas, com

soma total de pontos alta e baixa; os itens respondidos (classificados) de igual forma pelos indivíduos de alta e de baixa contagem são eliminados.

Dessa maneira obtém-se uma graduação quantificada das proposições, que são distribuídas entre os indivíduos a serem pesquisados, podendo ser calculada a nota de cada um deles.

### 3.2.10 Instrução de Preenchimento

De modo a facilitar o preenchimento e o entendimento do questionário, foi elaborada uma instrução de preenchimento que estava localizada no início do questionário, conforme tabela 3.1 e anexo 1.

Para cada questão tem uma nota explicativa, se necessário, e apresenta um símbolo que indica o tipo de questão.

TABELA 3.1. Instrução de preenchimento do questionário da pesquisa

Tipo de Questão	Instruções de preenchimento
✓	Selecione apenas uma das alternativas
✓ ✓	Pode ser assinalado mais de uma opção
①	Selecione uma opção para cada item relacionado na lista
	Escreva a sua resposta
	Selecione na escala de 1 a 5 para cada item relacionado na lista

### 3.2.11 Ordem das Questões

Segundo Voss *et al.*, o núcleo do protocolo de pesquisa é o grupo de questões que serão usadas nas entrevistas. Ele contorna os temas que serão cobertos durante as entrevistas,

declara os assuntos a serem questionados, e indica os dados específicos solicitados. Um formato de modelo comumente usado é o modelo do funil. Este modelo começa com amplas e perguntas abertas-fechadas primeiramente, e ao longo da entrevista as questões começam a se tornar mais específicas e as questões detalhadas ficam para o final.

Neste trabalho, o autor utilizou a regra do funil, iniciando o questionário com perguntas mais generalistas para então elaborar perguntas mais específicas sobre o trabalho a ser realizado. A seguir apresenta-se o estudo de caso.

## Capítulo 4 - Estudo de Caso

A empresa estudada é uma empresa de auto-peças de origem européia, na América Latina; possui 7 plantas e um total de aproximadamente 5500 funcionários que produzem itens para as indústrias automobilísticas, agrícola e marítima.

Porém no Brasil é onde se encontra a maior parte das atividades da empresa, está localizada no interior de São Paulo e conta mais de 50 anos de história no Brasil.

### 4.1 - Unidade de Análise

Dentre as várias plantas fabris desta empresa, foi escolhida a unidade automotiva, que está subdivida em duas grandes áreas de manufatura, a área para o mercado local onde os produtos que são manufaturados e montados são destinados ao mercado local e América do Sul. E a área para o mercado de exportação, onde são produzidos componentes, que são exportados para os EUA, Europa e Ásia, os quais são montados pelas subsidiárias da empresa nestas localidades.

A área de exportação é um departamento relativamente novo dentro da organização, pois possui apenas oito anos de existência, sendo fruto do desdobramento da estratégia mundial de produção da empresa; a planta brasileira seria um centro exportador de componentes para as várias unidades do grupo no mundo.

Durante os primeiros anos de criação desta área, vários produtos foram desenvolvidos e plantas produtivas dos EUA e Europa foram transferidas para o Brasil.

Nos primeiros anos, houve grandes investimentos em máquinas, processos e pessoas com o intuito de se criar processos estáveis e uma cultura para exportação, com a qualidade em primeiro lugar.

De modo a atender a estratégia da empresa, outras metas também foram definidas, como: produtividade, nível de atendimento de pedidos, taxa de acidentes, refugo, entre outros.

Em relação às ferramentas e metodologias utilizadas na empresa, pode-se dizer que a metodologia principal é a *Manufatura Enxuta* onde todas as ferramentas estão padronizadas e são aplicadas com frequência na área produtiva há mais de dez anos.

Há aproximadamente dois anos, a ferramenta *Seis Sigma* também vem sendo utilizada na organização para resolução de problemas nas áreas administrativas, bem como produtivas, gerando grandes ganhos financeiros para organização e melhoria da qualidade final do produto.

Para suportar a estratégia global de produção a empresa priorizou a aplicação de ambas as ferramentas na área de exportação, de modo que os indicadores propostos fossem atingidos e os problemas fossem rapidamente resolvidos. Isso gerou um grande número de casos onde foram aplicadas as ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* na resolução do mesmo problema, uma vez que uma das metodologias não atingiu os resultados esperados.

Por isso o caso estudado neste projeto de pesquisa serão extraídos do departamento de exportação, pois este é rico em exemplos da aplicação das metodologias *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*.

Neste trabalho será analisada uma situação onde serão comparados os resultados da aplicação das metodologias *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*.

A situação é voltada para a melhoria de qualidade, onde existem problemas de retrabalho e refugo.

## **4.2. - Resultados da Pesquisa**

O resultado da pesquisa pode ser dividido da seguinte maneira, a primeira parte traz os resultados e comentários sobre a aplicação do questionário na empresa estudada (estudo de caso) e em empresas do estado de São Paulo (*pesquisa quantitativa exploratória (survey)*).

A segunda parte demonstra a aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* na empresa estudada, bem como discute os resultados obtidos a partir da aplicação de cada uma (estudo de caso).

A terceira parte discute os resultados obtidos na pesquisa, propondo um método de integração das ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* (estudo de caso e *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*).

Tabela 4.0 – Resumo dos resultados da pesquisa.

ETAPA	MÉTODO	Comentários
1º	Survey	Aplicação do questionário nas empresas estudadas.
	Estudo de Caso	Aplicação do questionário na empresa estudada.
2º	Estudo de Caso	Análise e discussão da aplicação das ferramentas <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta em um caso prático na empresa estudada.
3º	Estudo de Caso e Survey	Proposta de um método de integração das ferramentas <i>Seis Sigma</i> e Manufatura Enxuta.

#### 4.2.1. – Estudo de Caso: Resultados do Questionário – Empresa Estudada:

A taxa de retorno na empresa estudada foi de 100% dos questionários distribuídos. Esta taxa de retorno pode ser justificada devido ao pesquisador ter facilidade de acesso aos respondentes, o que aumentou o grau de comprometimento dos pesquisados em responder ao questionário. Para se medir o grau de entendimento da aplicação das ferramentas Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* na empresa estudada, os questionários foram distribuídos para os vários níveis organizacionais da empresa, a saber:

- Nível gerencial: (2 questionários)
- Nível de supervisão: (4 questionários)
- Nível de coordenação: (6 questionários)
- Nível de *staff*: (4 questionários)

Como descrito na metodologia, as primeiras perguntas foram mais abertas, de modo a procurar identificar o entendimento dos pesquisados sobre a existência e utilização das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

Como apresentado no questionário (anexo 1), a primeira questão tinha o objetivo de identificar quais metodologias, na percepção dos pesquisados são utilizadas pela empresa pesquisada. Os resultados são apresentados na figura 4.1.

Com base nestes, dados pode-se afirmar que as ferramentas *Seis Sigma*, Manufatura Enxuta, TPM, TQM e BPM são percebidas pelos pesquisados como existentes na organização, pois a grande maioria apontava reconhecer a existência delas na organização.

Porém, em relação ao BPM, esta afirmação não é verdadeira, pois somente 14% dos pesquisados afirmaram a existência desta ferramenta. Logo identifica-se uma necessidade por parte da empresa estudada de uma melhor comunicação e desdobramento desta metodologia para todos os níveis organizacionais da empresa..

Em relação à existência e utilização das ferramentas Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* para 100% dos participantes afirmaram que esta ferramenta é utilizada na empresa estudada; a TPM foi assinalada como sendo utilizada por 86% dos pesquisados; a TQM foi indicado como utilizado na empresa estudada por 64% dos pesquisados e a BPM foi assinalado por apenas 14% dos pesquisados.

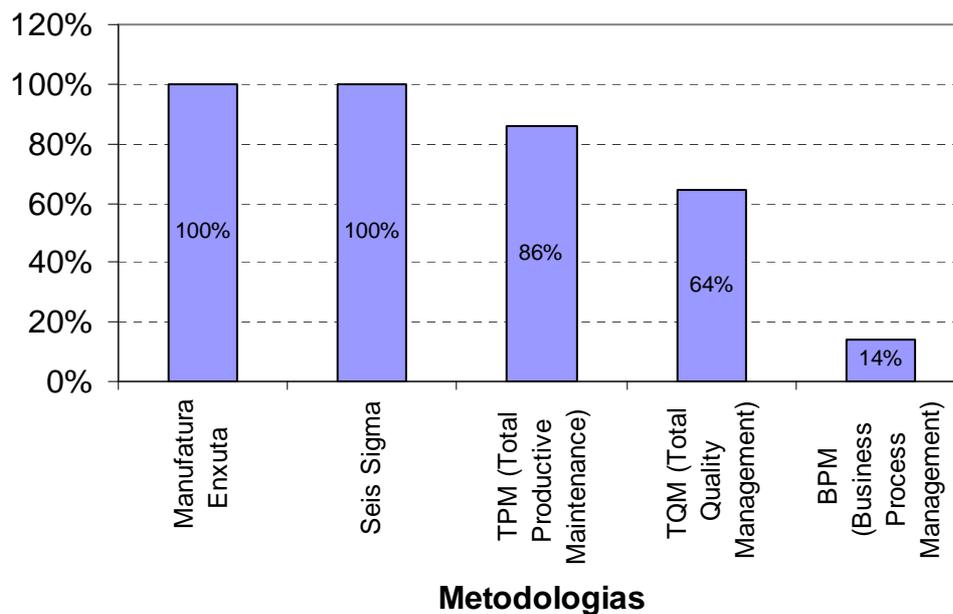


Figura 4.1. : Metodologias utilizadas na empresa estudada

#### **4.2.1.1 Avaliação e discussão das estratégias utilizadas pela empresa estudada na resolução de problemas operacionais**

##### **a) Resolução de problemas operacionais:**

Na segunda parte do questionário foram propostas quatro situações de problemas operacionais. Os respondentes deveriam indicar a principal estratégia (ferramenta) que eles adotariam na solução destes problemas. As situações propostas no questionário são resumidas abaixo:

- A1) Aumento da produtividade em uma linha de montagem;
- A2) Redução da taxa de refugo em um equipamento específico;
- A3) Melhoria do índice de entrega; e
- A4) Redução do nível de inventário.

E de modo a completar o questionário, para cada questão foram indicadas algumas ferramentas as quais os respondentes foram solicitados a indicar qual seria a principal ferramenta a ser adotada na resolução dos problemas propostos. As ferramentas indicadas no questionário foram as seguintes:

- *Seis Sigma*;
- *Kanban*;
- 5S's;
- *Poka-Yoke*;
- TPM;
- *Kaizen*;
- SMED;
- TQM;
- Mapeamento do fluxo de valor;
- Trabalho Padronizado; e
- 5W2H.

No entanto, para os respondentes outras duas alternativas (descritas abaixo) foram disponibilizadas para o caso das empresas não saberem qual ferramenta a ser aplicada nas situações propostas e para o caso de as empresas utilizarem outras ferramentas diferentes das que foram listadas pelo autor.

- Não sei; e
- Outros (especificar):

**A1) Aumento da produtividade em uma linha de montagem:** Na primeira situação proposta aos pesquisados, com o objetivo de identificar quais ferramentas a empresa pesquisada utilizariam para o aumento da produtividade em uma linha de montagem, de acordo com a figura 4.2, pode-se observar que para 29% dos respondentes indicaram que o *kaizen* seria a ferramenta mais apropriada; o trabalho padronizado seria a principal metodologia a ser empregada por 21% dos pesquisados; a *Seis Sigma* seria mais apropriado na opinião de 21% dos respondentes; 14% dos pesquisados afirmaram que a TQM seria a melhor alternativa; e finalmente 14% dos pesquisados afirmaram que a *Poka-Yoke* seria a melhor opção. Em resumo, observa-se um alinhamento entre as respostas apontadas pelos pesquisados e as ferramentas indicadas na literatura para resolução desse problema.

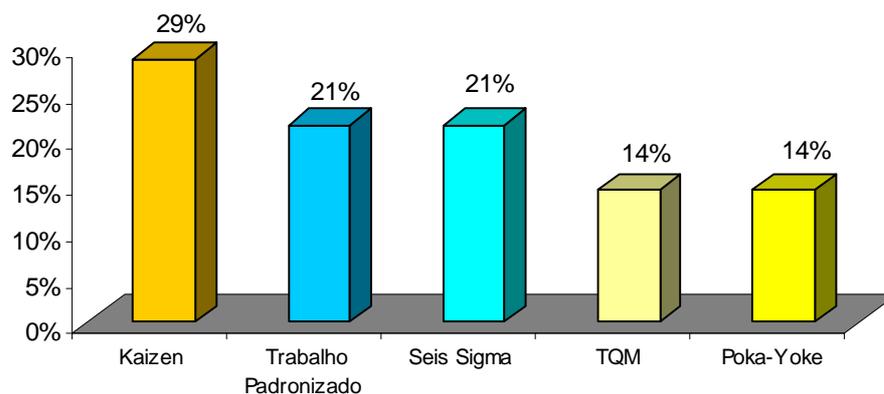


Figura 4.2: Principal ferramenta utilizada para o aumento de produtividade em uma linha de montagem – empresa estudada

**A2) Redução da taxa de refugo em um equipamento específico:** Em relação ao questionamento, sobre qual ferramenta seria mais apropriada para uma situação onde o objetivo seria a redução da taxa de refugo em um equipamento específico, pode-se observar conforme figura 4.3 que para 31% dos respondentes na empresa estudada, a *Poka-Yoke* seria a melhor ferramenta, enquanto que para 23% das empresas a *Seis Sigma* seria mais apropriado; e 15% apontaram o mapeamento do fluxo de valor como melhor opção; 8% dos pesquisados o *Kanban*; 8% indicaram o *Kaizen* como melhor alternativa, 8% a TQM; e 8% a TPM. Em relação ao resultado apresentado na figura 4.3 foi indicado pelos pesquisados que a ferramenta mais apropriada seria a *Poka-Yoke*, vale lembrar que em muitos projetos de melhoria são iniciados utilizando as ferramentas *Seis Sigma* e Mapeamento do fluxo de valor e no final algumas vezes a *Poka-Yoke* é utilizado como uma das soluções para diminuição da taxa de refugo, uma vez que a sua finalidade é a prevenção de erros.

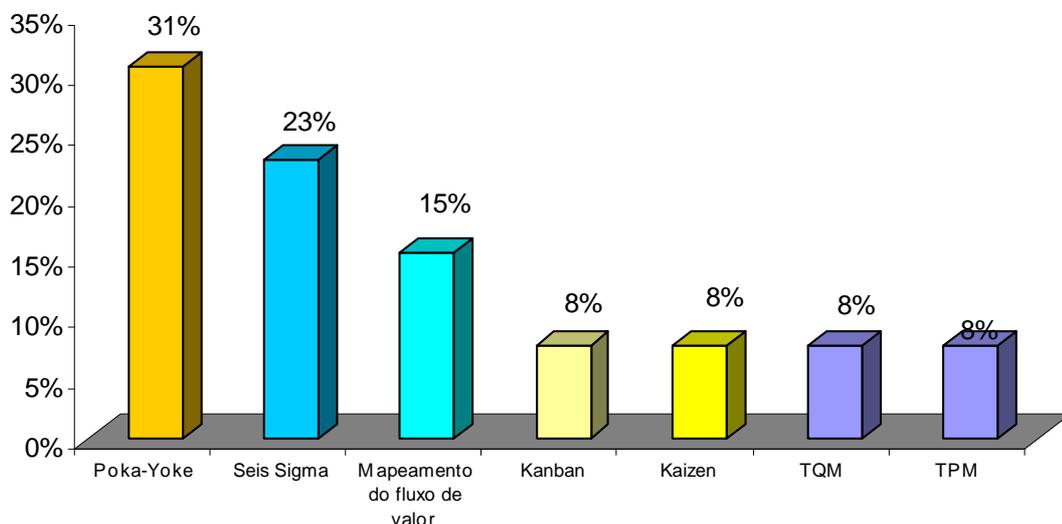


Figura 4.3: Principal ferramenta utilizada para a redução da taxa de refugo em um equipamento específico – empresa estudada

**A3) Melhoria do índice de entrega:** Na questão sobre a melhoria do índice de entrega, pode-se observar que 36% dos pesquisados na empresas estudada indicaram o 5W2H como melhor ferramenta a ser utilizada, enquanto 14% dos pesquisados apontaram a TQM,

para 14% dos pesquisados a melhor opção seria o trabalho padronizado, 7% a *Poka-Yoke*, 7% o Kaizen, 7% a *Seis Sigma*, 7% a *TPM* e 7% o mapeamento do fluxo de valor, conforme demonstrado na figura 4.4.

Pode-se observar que de acordo com o resultado dessa questão existe uma certa confusão na escolha da melhor metodologia a ser utilizada na melhoria do índice de entrega uma vez que o 5W2H e a TOM não seriam as ferramentas mais apropriadas nesse caso.

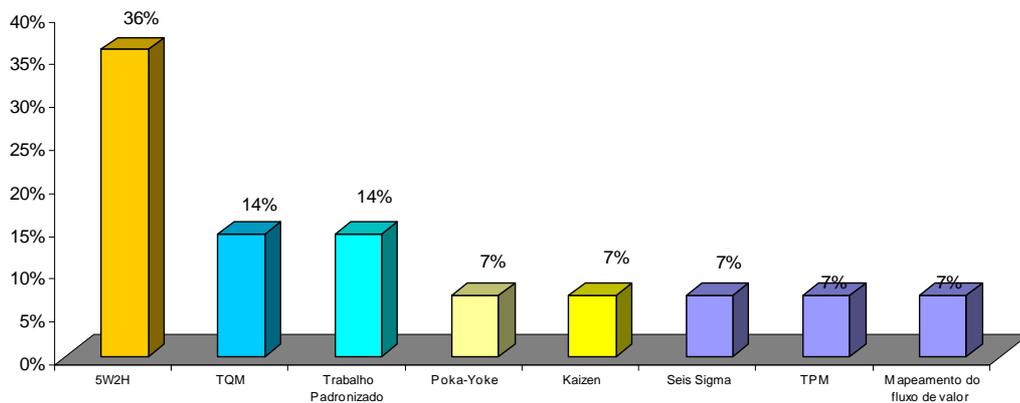


Figura 4.4: Principal ferramenta utilizada para melhoria do índice de entrega – empresa estudada

**A4) Redução do nível de inventário:** Verifica-se na figura 4.5 a resposta dos pesquisados na empresa estudada quando questionados sobre qual seria a melhor ferramenta a ser utilizada na redução do nível de inventário, para 36% dos respondentes a ferramenta mais apropriada seria o Kanban; 21% dos pesquisados apontaram o 5W2H como melhor alternativa; para 21% a TPM seria mais apropriada, 6% dos respondentes indicaram o mapeamento do fluxo de valor e para 7% dos pesquisados seria a *Seis Sigma*. Observa-se nesse caso um grande grau de alinhamento entre as respostas dos pesquisados e as ferramentas indicadas na literatura para resolução desses problema operacional.

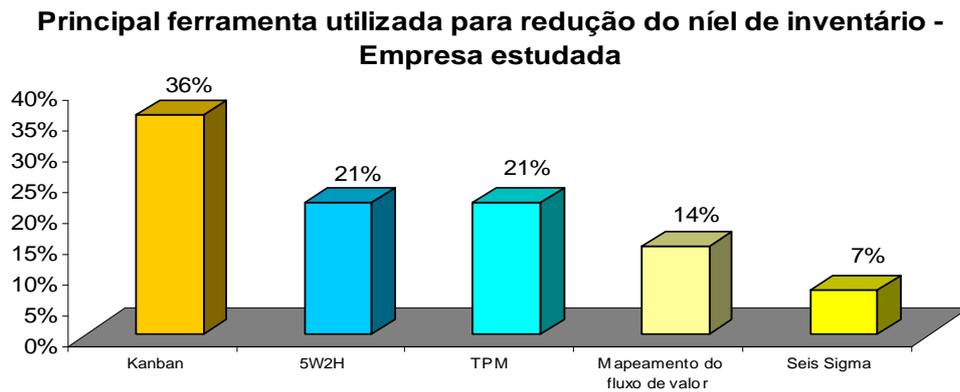


Figura 4.5: Principal ferramenta utilizada para redução do nível de inventário – empresa estudada

De modo a entender o grau de concordância dos pesquisados na empresa estudada sobre a escolha das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta na solução de problemas ou melhoria de indicadores, os pesquisados foram solicitados a indicar em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco) qual ferramenta seria mais apropriada a ser utilizada sob o ponto de vista da melhoria do resultado final para a organização. Para cada situação elas deveriam escolher entre as alternativas abaixo descritas. Os resultados são apresentados na tabela 4.1.

- 1 equivale a “discordo totalmente”;
- 2 equivale a “discordo parcialmente”;
- 3 equivale a “ neutro”;
- 4 equivale a “concordo parcialmente”;
- 5 equivale a “concordo totalmente”

Melhoria da Qualidade de forma generalizada – Ferramenta Utilizada: *Seis Sigma*: 14% dos pesquisados discordaram totalmente da alternativa; nenhum pesquisado afirmou discordar parcialmente da alternativa; 14% se escolheram a opção de neutralidade; a grande maioria, 64% dos pesquisados afirmaram concordar parcialmente com a afirmação; e 7% afirmaram concordar totalmente com a afirmação.

Quando se observa o resultado em relação a melhoria específica da qualidade, utilizando-se a ferramenta Manufatura Enxuta, há uma divisão de opinião a respeito de que a Manufatura Enxuta seria a melhor opção a ser adotada, pois, muitos artigos na literatura

indicam que para situações de melhoria específica de qualidade, o *Seis Sigma* seria mais apropriado. Como será demonstrado num caso prático na empresa estudada.

Melhoria específica da qualidade – Ferramenta Utilizada: Manufatura Enxuta: Para a maioria dos pesquisados 36% afirmaram discordar totalmente da alternativa proposta; 14% apontaram a opção, discordando parcialmente com a afirmação; 14% escolheram a opção de neutralidade; 14% concordaram parcialmente; e 21% concordaram totalmente com a opção.

Determinação da melhor sequência de produção – Ferramenta utilizada: *Seis Sigma*: Conforme pode-se observar, 50% dos pesquisados afirmaram discordar totalmente da afirmação; 29% afirmaram discordar parcialmente; 7% escolheram a opção neutro; 14% indicaram concordar parcialmente; e nenhum participante afirmou concordar plenamente com a opção.

Variação na produtividade – Ferramenta utilizada: *Seis Sigma*: 7% dos pesquisados afirmaram discordar totalmente da afirmação; 7% discordaram parcialmente; 7% escolheram a posição de neutralidade; 43% afirmaram concordar parcialmente com a afirmação; e 36% apontaram concordar totalmente com a opção.

Tabela 4.1: Resumo dos resultados da pesquisa na empresa estudada

Situação	Ferramenta sugerida	1 equivale a "discordo totalmente"	2 equivale a "discordo parcialmente"	3 equivale a "neutro"	4 equivale a "concordo parcialmente"	5 equivale a "concordo totalmente"
Melhoria da Qualidade de forma generalizada	Seis Sigma	14%	0%	14%	64%	7%
Melhoria da Qualidade - Específico	Manufatura Enxuta	36%	14%	14%	14%	21%
Determinar a melhor sequência de produção	Seis Sigma	50%	29%	7%	14%	0%
Variação na produtividade	Seis Sigma	7%	7%	7%	43%	36%
Desenho do fluxo de valor	Manufatura Enxuta	7%	0%	7%	14%	71%
Redução de Set-Up	Seis Sigma	43%	21%	7%	21%	7%
Redução do inventário	Kanban	0%	7%	0%	36%	57%
Redução dos custos de fabricação	Manufatura Enxuta	0%	7%	0%	36%	57%
Resolução dos problemas de manutenção	TPM	0%	7%	0%	43%	50%

Desenho do fluxo de valor – Ferramenta utilizada: Manufatura Enxuta: 7% dos pesquisados afirmaram discordar totalmente da a opção; 0% dos pesquisados afirmaram discordar parcialmente; 7% escolheram a opção de neutralidade; 14% afirmaram concordar parcialmente; e a grande maioria 71% afirmaram concordar totalmente com a opção.

Redução de *Set-Up* – Ferramenta Utilizada: *Seis Sigma*: A grande maioria dos pesquisados, 43%, afirmaram discordar totalmente da opção; 21% apontaram discordar parcialmente da opção; 7% escolheram a opção de neutralidade; 21% afirmaram concordar parcialmente com a opção; e 7% afirmaram concordar plenamente com a opção.

Redução do Inventário – Ferramenta utilizada: *Kanban*: 0% dos pesquisados discordou totalmente desta opção; 7% afirmaram discordar parcialmente; nenhum pesquisado escolheu a opção de neutralidade; 36% dos pesquisados afirmaram concordar parcialmente com a opção; e a grande maioria, 57%, afirmou concordar totalmente com a opção.

Em relação aos resultados apresentados na tabela 4.1 pode-se afirmar que existe uma confusão em relação a melhor ferramenta para redução do tempo de *set-up*, pois 28% dos pesquisados afirmaram concordar com a opção que o *Seis Sigma* seria a melhor opção. Porém, na opinião do autor, este tipo de confusão pode estar sendo gerada a partir de projetos de redução de *set-up* que são gerenciados por meio da metodologia DMAIC, com o intuito de garantir que cada etapa do projeto seja seguida bem como os prazos estipulados. Porém, na maioria dos casos a metodologia empregada para diminuição do tempo de *set-up* é o SMED, que é na verdade uma ferramenta da Manufatura Enxuta.

Redução dos custos de fabricação – Ferramenta utilizada: Manufatura Enxuta: nenhum dos pesquisados afirmou discordar totalmente da opção; 7% dos participantes apontaram discordar parcialmente; nenhum participante (0%) escolheu a opção de neutralidade; 36% dos participantes afirmaram concordar parcialmente da opção; e a grande maioria 57% afirmaram concordar totalmente com a opção.

Resolução dos problemas de manutenção – Ferramenta utilizada: TPM: 0% dos participantes afirmaram discordar totalmente da opção; 7% dos pesquisados apontaram discordar parcialmente da opção, nenhum pesquisado (0%) escolheu a opção de neutro; 43% afirmaram concordar parcialmente com a afirmação; e 50% dos pesquisados afirmaram concordar totalmente com a opção.

De acordo com os resultados demonstrados na tabela 4.1 pode-se concluir que para as situações: melhoria da qualidade de forma generalizada; determinação da melhor seqüência de produção; variação na produtividade; desenho do fluxo de valor; redução do inventário; redução dos custos de fabricação; e resolução dos problemas de manutenção as escolhas apontadas pela maioria dos pesquisados na empresa estudada são suportadas pela literatura. Essa afirmação é sustentada pelo trabalho dos autores: Andrietta; Miguel (2007), Takahashi; Nakamura (1997), Patel; Shaw; Dale (2001), Ahuja et. al. (2008) e Liker (2004).

Outro aspecto importante da pesquisa, considerado neste trabalho, foi o fato de os pesquisados serem questionados sobre o grau de importância que eles dariam para vários aspectos a serem considerados na implementação do *Seis Sigma* e da Manufatura Enxuta.

De acordo com figura 4.6, pode-se observar que a maioria dos pesquisados aponta que a prioridade número 1 seria “ter o apoio da alta gerência” (14%); e em segundo lugar, “proporcionar treinamento adequado a equipe” (12%) e em terceiro lugar, “ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa” (12%). Para 10% dos pesquisados, o mais importante

seria “tornar a implantação destas ferramentas com prioridade número um da organização”; 10% “envolver todos os níveis da empresa”; para 10%, o mais importante seria “padronizar todas as ferramentas”; 9% dos pesquisados responderam que o mais importante “seria divulgar os resultados obtidos”; 9% seria a “escolha dos membros dos times do *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*”; para 7%, seria ter um guia de aplicação das ferramentas em função do problema a ser solucionado; e para 6% seria “evitar conflitos dentro da equipe”.

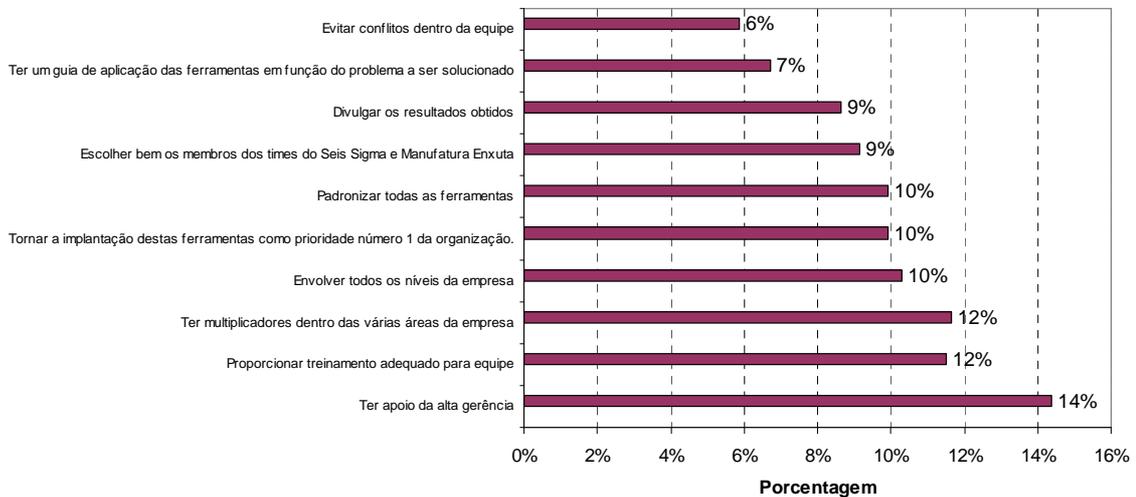


Figura 4.6: Fatores prioritários na implantação da *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* na empresa estudada

Em relação ao questionamento realizado aos pesquisados sobre como a empresa estudada estava organizada estruturalmente em relação ao *Seis Sigma* e à *Manufatura Enxuta*, pode-se observar, de acordo com a figura 4.7, que para a maioria dos participantes as estruturas do *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta* são compartilhadas, e para 14% as estruturas não são compartilhadas.

Conforme os resultados apresentados na figura 4.7, pode-se afirmar que existe um bom nível de entendimento em todos os níveis organizacionais da empresa sobre como é a estrutura organizacional da empresa estudada em relação às ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*, pois a estrutura organizacional da empresa estudada é compartilhada.

Outro aspecto e questionamento importante realizado com os pesquisados foi mensurar a percepção deles em relação ao suporte obtido dos multiplicadores das metodologias Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* na empresa estudada.

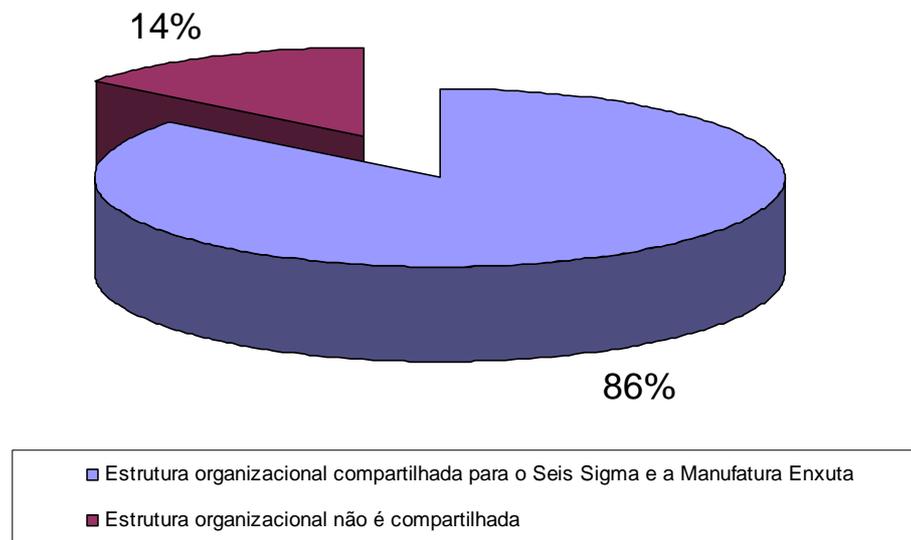


Figura 4.7: Estrutura organizacional para o *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta na empresa estudada

De acordo com as figuras 4.8 e 4.9, pode-se verificar que em relação ao suporte pelos multiplicadores das metodologias Manufatura Enxuta: 50% dos pesquisados avaliaram o suporte em 60%; 36% avaliaram em 40%; 7% indicaram que o suporte é de 100%; para 7%, o suporte é de 20%. Nenhum dos pesquisados indicou o nível de suporte 80% e 0%.

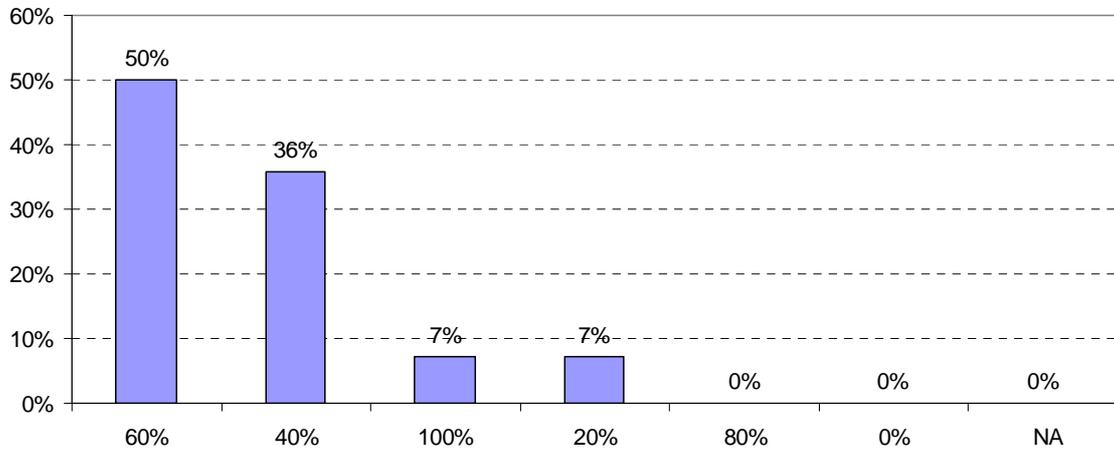


Figura 4.8: Nível de suporte no chão de fábrica pelo multiplicadores da metodologia Manufatura Enxuta

Em relação à metodologia *Seis Sigma* pode-se afirmar que para 43% dos pesquisados, o suporte é de 40%; para 29% dos respondentes é de 60%; para 21%, o suporte é de 20%; para 7%, o suporte é de 80%. As opções de suporte 100% e 0% não foram indicadas pelos pesquisados.

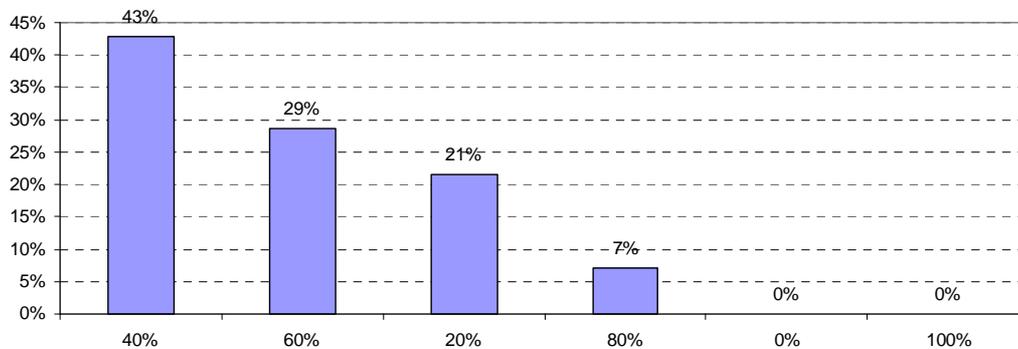


Figura 4.9 Nível de suporte ao chão-de-fábrica pelos multiplicadores da metodologia *Seis Sigma*

#### **4.2.2. – Pesquisa quantitativa exploratória (survey): Resultados da pesquisa – Empresas de São Paulo**

Conforme descrito no referencial teórico a metodologia adotada nesta pesquisa foi a triangulação de dados, pois conforme Jick (1979), este método permite aos pesquisadores terem mais confiança no resultado final da pesquisa. Dentre as metodologias adotadas foram escolhidas as metodologias *Pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e estudo de caso único.

O objetivo deste capítulo é o de apresentar e discutir o resultado da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*.

No que se refere ao questionário, todas as sugestões foram adaptadas de modo que o processo de coleta de dados fosse realizado da melhor forma e de modo que os objetivos da pesquisa fossem atingidos. Primeiramente foi realizado o que se considerou a “primeira onda” de contatos. Nela foram enviados ao longo de dois dias, oitenta *e-mails* (80 *e-mails*).

Nesta mensagem, constava o nome do potencial colaborador, o convite para participar da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e os objetivos gerais da pesquisa. Após o recebimento do questionário respondido, foi enviado o agradecimento à colaboração.

A primeira onda de contatos coletou questionários durante 15 dias, totalizando onze (11) respondentes, equivalente a uma taxa de retorno de 13,75%.

Na segunda onda, realizada durante dez (10) dias, seguindo os mesmos padrões de individualização e personificação da mensagem, foram enviados 69 *e-mails*, obtendo um retorno de cinco (5) participantes, totalizando uma taxa de retorno de 10,14%.

Após o envio da “primeira onda” e “segunda onda”, o pesquisador recebeu mensagens de erro, indicando que o convite à pesquisa não foi devidamente entregue ao respondente. Recebeu o total de 7 mensagens, totalizando 8,75% dos *e-mails* enviados. De modo a esclarecer a origem e possível causa deste erro, um profissional da área de informática foi consultado para identificar as possíveis causas.

De acordo com a opinião do especialista da área de informática, os *e-mails* foram inutilizados ou o domínio da empresa havia sido alterado.

Previamente e durante a realização da “primeira onda” e “segunda onda” foram realizados contatos telefônicos de modo a convidar os participantes a fazer parte da pesquisa bem como esclarecer possíveis dúvidas.

Em resumo, foram realizadas duas “ondas de contato” junto a 80 empresas, obtendo um retorno de 16 empresas participantes totalizando uma taxa de retorno de 20,00 %.

#### 4.2.2.1 Informações sobre as empresas

De modo a facilitar o gerenciamento e análise dos dados, os questionários respondidos foram identificados numericamente e as informações sobre as empresas respondentes são apresentadas nas figuras de 4.10 até 4.22.

Na figura 4.10, pode-se observar o tipo de cliente das empresas respondentes e na pesquisa destacam-se com 56% as empresas cujo cliente é caracterizado por ser tanto o cliente final quanto o cliente intermediário. E 44% das empresas têm como cliente outra empresa (cliente intermediário).

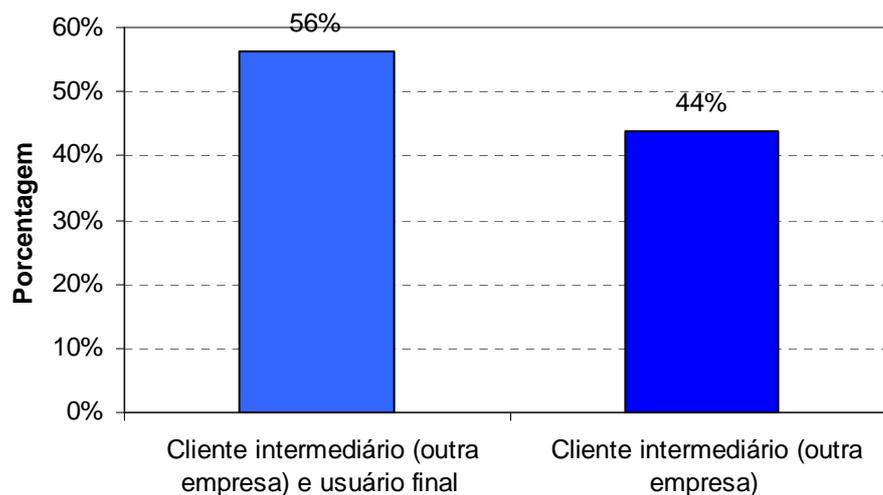


Figura 4.10.: Tipo de cliente das empresas pesquisadas

Numa análise sobre o setor de atuação das empresas pesquisadas, pode-se observar conforme figura 4.11, que 69% dessas empresas são do ramo automobilístico; 13% consultoria; 6% químico; 6% máquinas e equipamentos e 6% borracha e plástico.

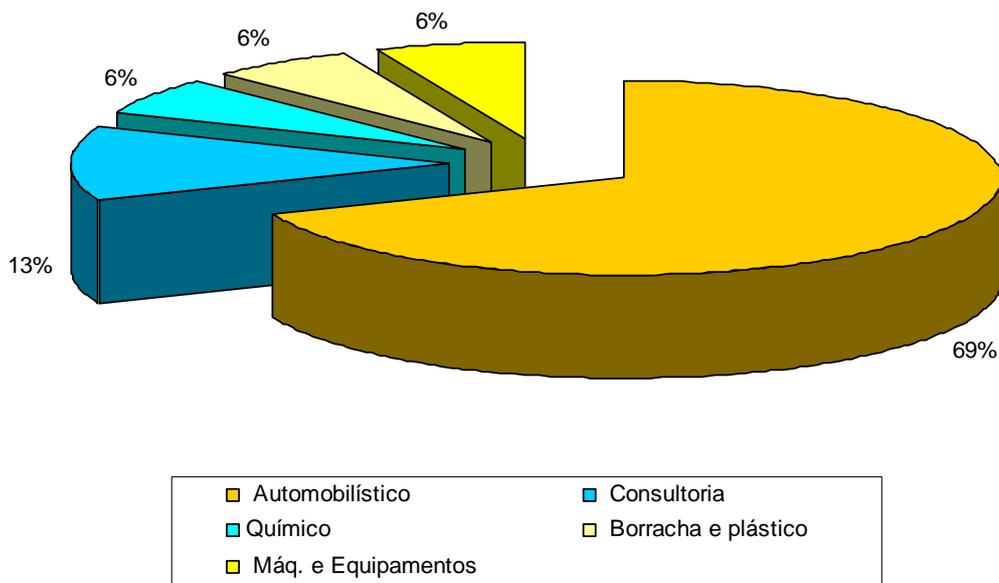


Figura 4.11.: Principal setor de atuação das empresas estudadas

Os dados sobre o número de funcionários das empresas pesquisadas foram analisados desconsiderando as empresas eliminadas da amostra por pertencerem a um ramo de atividades fora do foco da pesquisa. Para as demais empresas, estas foram classificadas conforme critérios utilizados pelo SEBRAE (2007), que utiliza o número de funcionários para classificação das empresas:

- Micro-empresa: até 19 funcionários;
- Pequena empresa: De 20 a 99 funcionários;
- Média empresa: De 100 a 499 funcionários;
- Grande empresa: Mais de 500 funcionários.

Em relação ao tamanho das empresas pesquisadas oito (8) são classificadas como de grande porte; seis (6) de médio porte; uma (1) de pequeno porte e nenhuma empresa foi considerada de micro porte, como demonstrado na figura 4.12.

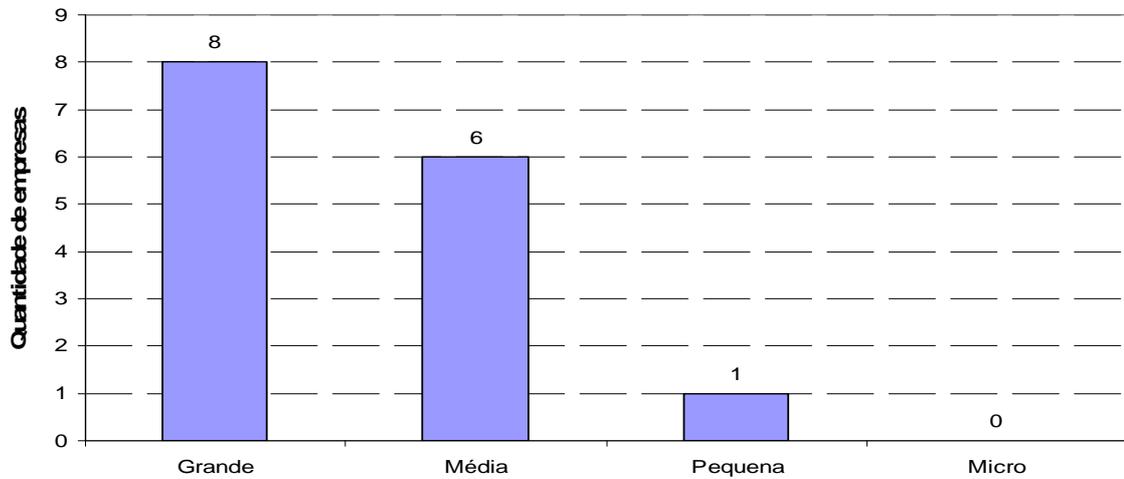


Figura 4.12.: Classificação das empresas pesquisadas pelo porte

Em relação ao tempo de trabalho dos respondentes nas empresas pesquisadas verificou-se que os respondentes trabalham em média há sete (7) anos e quatro (4) meses em suas empresas.

Outro aspecto observado na pesquisa é o faturamento das empresas pesquisadas, como demonstrado na figura 4.13: varia entre 2 milhões e 1.5 bilhão de reais.

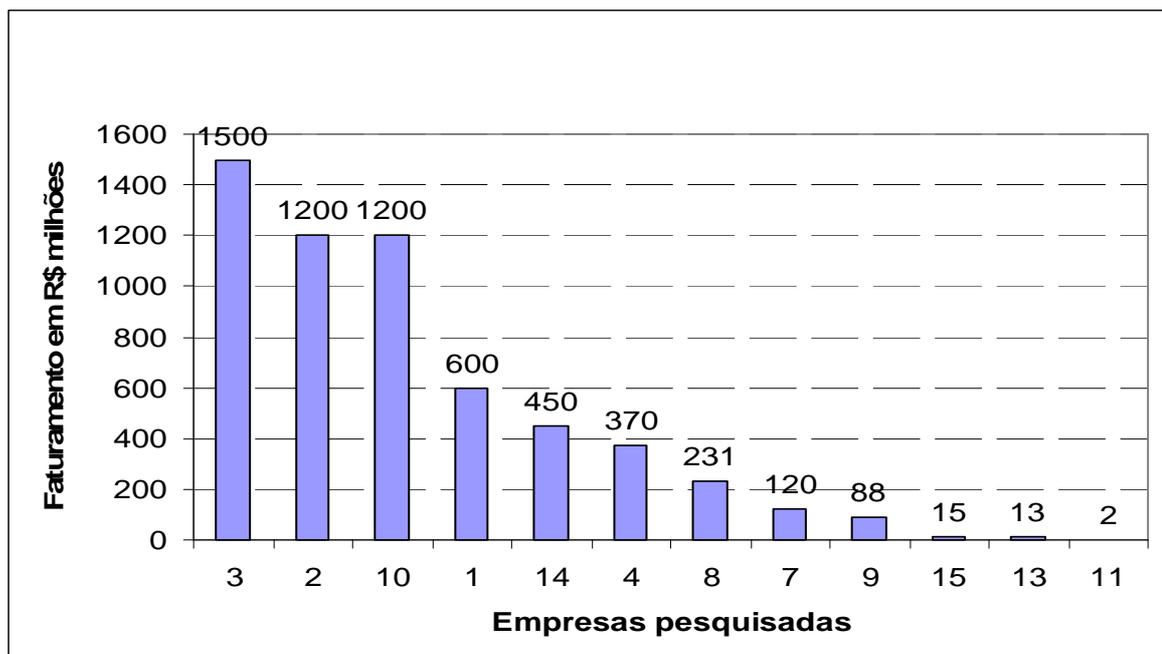


Figura 4.13.: Faturamento das empresas pesquisadas

Na figura 4.14., são apresentadas as principais metodologias utilizadas pelas empresas estudadas. Verifica-se que a grande maioria das empresas, 75%, não utilizam somente uma única metodologia, e sim mais de uma ao mesmo tempo, como pode ser observado na figura 4.14. No entanto, observa-se que 13% das empresas utilizavam unicamente a Manufatura Enxuta, 6% a metodologia *Seis Sigma* e 6% a metodologia BPM (*business process management*). Em relação à utilização das metodologias combinadas, pode-se verificar que 25% das empresas utilizam a Manufatura Enxuta, *Seis Sigma* e TPM em conjunto, enquanto 19%, a Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*; 13% das empresas utilizavam as metodologias Manufatura Enxuta, *Seis Sigma*, TPM e TQM; 6%, a Manufatura Enxuta, *Seis Sigma*; 6%, Manufatura Enxuta, TQM e TPM e finalmente 6%, a Manufatura Enxuta e TQM.

Para 13% das empresas que afirmaram não utilizar a Manufatura Enxuta, os principais motivos apontados para a não utilização foram que a empresa não conhece a metodologia e a metodologia não é de interesse da empresa neste momento.

No caso das empresas que afirmaram não utilizar a *Seis Sigma*, os principais motivos apontados foram: 13%, a empresa desenvolveu uma maneira própria de atender as necessidades dos clientes; 13%, a empresa não conhece a metodologia; 6%, a metodologia não é adequada para a cultura da empresa; 6%, a metodologia não é de interesse da empresa e 6%, os custos de implementação são altos.

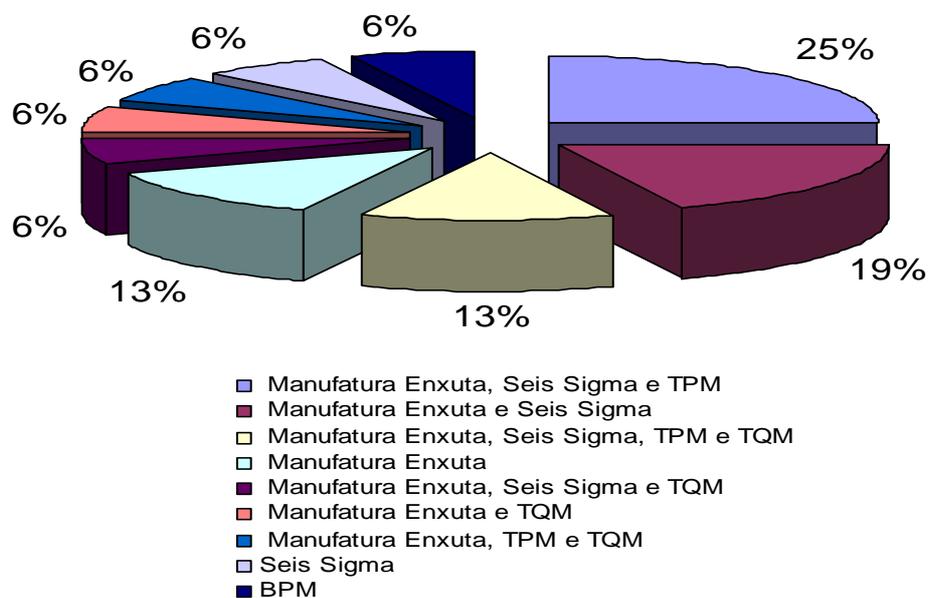


Figura 4.14.: Metodologias de gestão utilizadas pelas empresas pesquisadas

#### **4.2.2.2 Estratégias utilizadas pelas empresas na resolução de problemas operacionais**

##### **b) Resolução de problemas operacionais:**

Na segunda parte do questionário, foram propostas quatro (4) situações de problemas operacionais, às quais as empresas respondentes deveriam indicar a principal estratégia (ferramenta) que elas adotariam na solução destes problemas. As situações propostas no questionário são descritas abaixo:

- A1) Aumento da produtividade em uma linha de montagem;
- A2) Redução da taxa de refugo em um equipamento específico;
- A3) Melhoria do índice de entrega; e
- A4) Redução do nível de inventário.

E as ferramentas propostas no questionário foram as seguintes:

- *Seis Sigma*;
- *Kanban*;
- 5S's;
- *Poka-Yoke*;
- TPM;
- *Kaizen*;
- *SMED*;
- TQM;
- Mapeamento do fluxo de valor;
- Trabalho Padronizado; e
- 5W2H.

No entanto, para as empresas pesquisadas outras duas alternativas (descritas abaixo) foram disponibilizadas para o caso de as empresas não saberem qual a ferramenta a ser aplicada nas situações propostas e / ou para o caso de as empresas utilizarem outras alternativas que não foram listadas pelo autor.

- Não sei; e
- Outros (especificar).

**A1) Aumento da produtividade em uma linha de montagem:** Na primeira situação proposta, nas empresas pesquisadas, o objetivo era identificar quais ferramentas as empresas utilizariam para o aumento da produtividade em uma linha de montagem. E conforme figura 4.15. pode-se observar que 38% das empresas pesquisadas indicaram utilizar o *kaizen*, a ferramenta *Seis Sigma* seria a principal metodologia a ser empregada por 19% das empresas pesquisadas; o trabalho padronizado também seria utilizado por 19% das empresas pesquisadas; 13% das empresas afirmaram não saber qual a ferramenta seria mais apropriada para a solução deste problema; 6% indicaram que a melhor opção seria o mapeamento do fluxo de valor e finalmente, 6% indicaram o *SMED* como melhor alternativa.

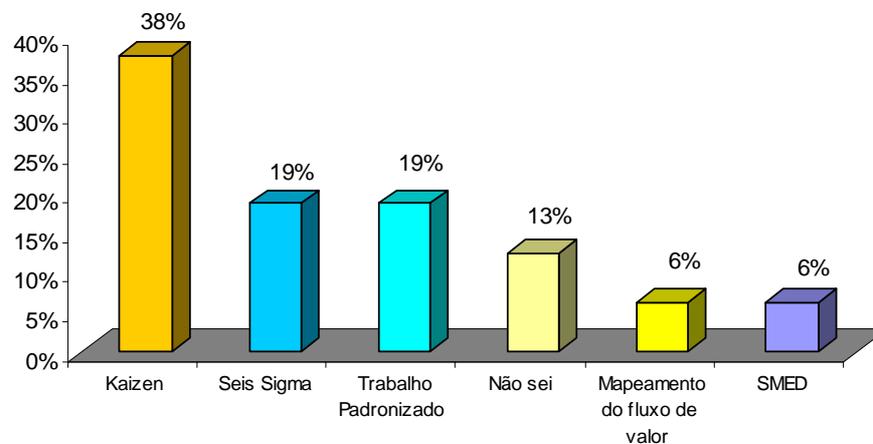


Figura 4.15.: Principal ferramenta utilizada para o aumento de produtividade em uma linha de montagem

**A2) Redução da taxa de refugo em um equipamento específico:** No segundo questionamento, sobre qual ferramenta seria mais apropriada para a situação onde o objetivo seria a redução da taxa de refugo em um equipamento específico, pode-se observar conforme figura 4.16 que para 44% das empresas pesquisadas, o *Seis Sigma* seria a melhor ferramenta, enquanto que para 19% das empresas, o 5W2H seria mais apropriado; para 19% o trabalho

padronizado; 13% das empresas o *Kaizen*, 6% das empresas indicaram o 5S's como melhor alternativa e 6% das empresas indicaram não saber qual a melhor metodologia a ser utilizada.

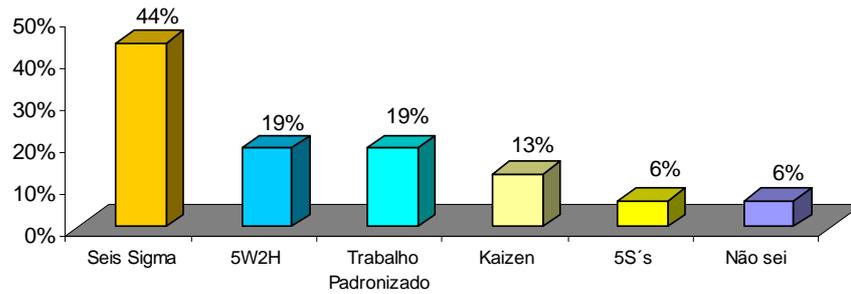


Figura 4.16.: Principal ferramenta utilizada na redução da taxa de refugo em um equipamento específico

**A3) Melhoria do índice de entrega:** Na questão em relação à melhoria do índice de entrega, observa-se que 50% das empresas indicaram a ferramenta *Kanban* como melhor alternativa, enquanto 19% das empresas apontaram o mapeamento do fluxo de valor, 13% das empresas indicaram a *Poka-Yoke*, 13% a *Kaizen*, 6% a *Seis Sigma* e 6% a *SMED*, conforme demonstrado na figura 4.16.

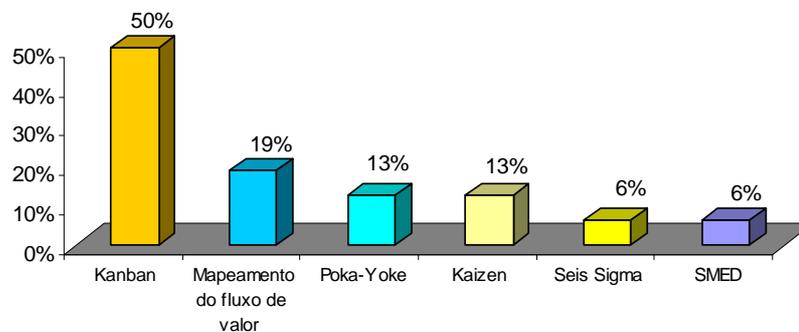


Figura 4.16.: Principal ferramenta utilizada na redução da taxa de refugo em um equipamento específico

**A4) Redução do nível de inventário:** Verifica-se na figura 4.17 a resposta das empresas quando perguntadas sobre qual seria a melhor ferramenta a ser utilizada na redução do nível de inventário. Para 44% das empresas, a ferramenta mais apropriada seria o *Kanban*; 25% das empresas apontaram o mapeamento do fluxo de valor como melhor alternativa; para 13% das empresas, o trabalho padronizado é mais apropriado; para 6% seria a ferramenta *Seis Sigma*; e 12% das empresas afirmaram não saber qual seria a melhor metodologia a ser utilizada para redução do nível de inventário.

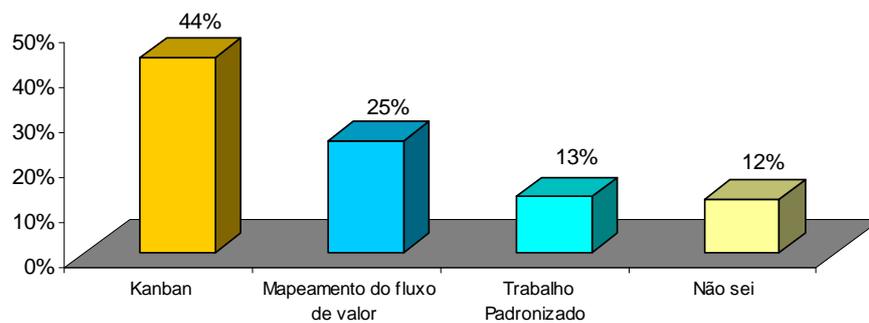


Figura 4.17.: Principal ferramenta utilizada na redução do nível de inventário

De modo a identificar o grau de concordância das empresas pesquisadas em relação à aplicação das ferramentas *Manufatura Enxuta* e *Seis Sigma* na resolução de problemas operacionais foram propostas algumas situações e solicitado às empresas participantes que indicassem o seu grau de concordância em relação às afirmações. Para cada situação, elas deveriam escolher entre as alternativas:

- 1 equivale a “discordo totalmente”;
- 2 equivale a “discordo parcialmente”;
- 3 equivale a “ neutro”;
- 4 equivale a “concordo parcialmente”;
- 5 equivale a “concordo totalmente”

As situações propostas aos pesquisados encontram-se descritas abaixo:

- a) Uma determinada empresa vem apresentando uma alta taxa de refugo, 15% do que é produzido em seu processo produtivo. Para resolver esta situação e diminuir a taxa de refugo, o *Seis Sigma* é a melhor metodologia a ser aplicada.
- b) Para um determinado produto, o índice de rejeição na inspeção final antes do envio para o cliente é de 21,7%. A metodologia mais apropriada para identificar as causas raízes e tomada de ação para eliminação das mesmas seria a Manufatura Enxuta.
- c) Para determinar a melhor sequência de produção em que uma peça é produzida numa célula de manufatura a melhor ferramenta a ser utilizada é a *Seis Sigma*.
- d) Situações em que existam variações na produtividade dos equipamentos, a melhor metodologia a ser utilizada para eliminar esta variação seria a *Seis Sigma*.
- e) No desenho do fluxo de valor e identificação de atividades que não agregam valor, a metodologia a ser utilizada seria a Manufatura Enxuta.
- f) Após a identificação da necessidade de redução nos tempos de *set-up*, a metodologia mais apropriada a ser adotada seria a *Seis Sigma*.
- g) Uma vez identificada a necessidade de redução do nível de inventário (valor e quantidade) a melhor ferramenta a ser utilizada é a *Kanban*.
- h) Para uma empresa onde os seus custos de fabricação devam ser reduzidos, a metodologia mais apropriada a ser adotada é a Manufatura Enxuta.
- i) A TPM é a melhor escolha na resolução de problemas de manutenção.

De acordo com a tabela 4.2, pode-se verificar as nove situações propostas, de maneira resumida, bem como o resultado da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* realizada.

Tabela 4.2.: Resumo dos resultados da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*

Situação	Ferramenta sugerida	1 equivale a “discordo totalmente”	2 equivale a “discordo parcialmente”	3 equivale a “ neutro ”	4 equivale a “concordo parcialmente”	5 equivale a “concordo totalmente”
Melhoria da Qualidade de forma generalizada	Seis Sigma	20%	13%	7%	47%	13%
Melhoria da Qualidade - Específico	Manufatura Enxuta	13%	20%	27%	13%	27%
Determinar a melhor sequência de produção	Seis Sigma	60%	20%	0%	20%	0%
Variação na produtividade	Seis Sigma	20%	13%	7%	40%	20%
Desenho do fluxo de valor	Manufatura Enxuta	0%	7%	7%	13%	73%
Redução de Set-Up	Seis Sigma	40%	33%	7%	20%	0%
Redução do inventário	Kanban	7%	7%	7%	53%	27%
Redução dos custos de fabricação	Manufatura Enxuta	0%	20%	0%	33%	47%
Resolução dos problemas de manutenção	TPM	7%	7%	20%	40%	27%

Para a situação proposta de melhoria da qualidade, de forma generalizada, onde foi sugerida a utilização da ferramenta *Seis Sigma*, pode-se observar os seguintes resultados: 47% das empresas pesquisadas afirmam concordar parcialmente com a alternativa; 20% afirmam que discordam completamente; 13% discordam parcialmente; 7% escolheram a opção de neutralidade; e 13% afirmaram concordar totalmente com as afirmação.

No caso da situação proposta de melhoria específica da qualidade, utilizando a Manufatura Enxuta como ferramenta: 13% das empresas afirmaram discordar totalmente da afirmação; 20% discordaram parcialmente; 27% escolheram a opção de neutralidade; 13% afirmaram concordar parcialmente; e 27% afirmaram concordar plenamente com a opção.

No caso para o qual a *Seis Sigma* foi indicado como ferramenta para determinar a melhor sequência de produção, pode-se observar que 60% das empresas afirmaram discordar totalmente da opção; 20% discordam parcialmente; e 20% concordam parcialmente com a opção.

Para a situação de variação na produtividade, foi sugerida a utilização da ferramenta *Seis Sigma*: 20% das empresas pesquisadas afirmaram discordar totalmente da opção; 13%

afirmaram discordar parcialmente; 7% apontaram a opção de neutralidade; 40% afirmaram concordar parcialmente; e 20% concordam plenamente com esta opção.

Na situação proposta em que a metodologia Manufatura Enxuta seria a mais indicada no desenho do fluxo de valor e identificação de atividades que não agregam valor: 7% das empresas afirmaram discordar parcialmente da afirmação; 7% indicaram a posição de neutralidade; 13% indicaram que concordavam parcialmente e 73% afirmaram que concordavam totalmente com a afirmação.

No caso da necessidade de redução nos tempos de set-up, a metodologia sugerida foi a *Seis Sigma* e 40% das empresas pesquisadas afirmaram discordar totalmente da afirmação; 33% discordaram parcialmente; 7% escolheram a opção de neutralidade e 20% concordaram parcialmente.

O Kanban foi sugerido como ferramenta a ser utilizada na redução do nível de inventário (valor e quantidade) e 7% das empresas pesquisadas afirmaram discordar totalmente da opção; 7% discordaram parcialmente; 7% escolheram a opção de neutralidade; 53% afirmaram concordar parcialmente e 27% afirmaram concordar totalmente com a opção.

Na situação onde os custos de fabricação de uma empresa deveriam ser reduzidos, a metodologia sugerida a ser adotada foi a Manufatura Enxuta, e nenhuma empresa indicou discordar totalmente desta alternativa; 20% afirmaram discordar parcialmente; 0% escolheu a opção de neutralidade; 33% afirmaram concordar parcialmente da opção, e 47% afirmaram concordar totalmente com a opção.

Na última situação proposta, foi sugerido que a TPM seria a melhor escolha na resolução de problemas de manutenção e para tal sugestão, 7% das empresas afirmaram discordar totalmente desta alternativa; 7% discordaram parcialmente; 20% escolheram a opção de neutralidade; 40% afirmaram concordar parcialmente com a opção e 27% afirmaram concordar plenamente com a afirmação.

Em relação à estrutura organizacional que suporta as metodologias *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, conforme demonstrado na figura 4.18, vemos que 79% das empresas pesquisadas afirmaram que as estruturas organizacionais são compartilhadas e para 21% das empresas pesquisadas as estruturas não são compartilhadas.

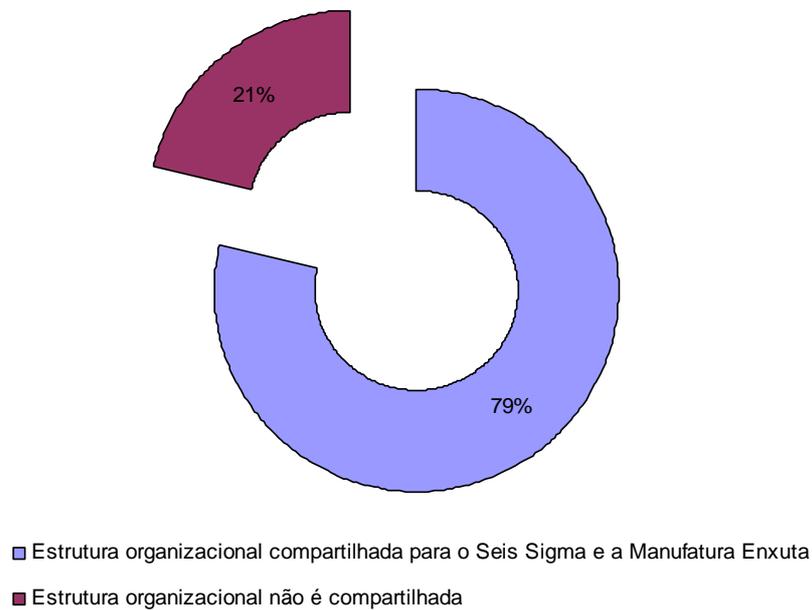


Figura 4.18.: Estrutura organizacional para o *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta

Outro aspecto importante pesquisado é a percepção dos pesquisados em relação ao suporte dos multiplicadores internos para as ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta ao chão-de-fábrica. Em relação à Manufatura Enxuta, conforme demonstrado na figura 4.19, pode-se observar que 46% das empresas pesquisadas afirmaram que o suporte ao chão-de-fábrica é de 100%; para 23% das empresas o suporte é de 80%; para 15% dos pesquisados o suporte é de 60%; para 8% o suporte é de 40%; para 8% o suporte é de 20%; e nenhuma empresa pesquisada afirmou que não havia suporte por parte dos multiplicadores do conceitos da Manufatura Enxuta.

No caso da metodologia *Seis Sigma*, pode-se observar os resultados na figura 4.20: 50% das empresas pesquisadas afirmaram que o suporte ao chão-de-fábrica é de 40%; para 17% das empresas o suporte é de 80%; 17% dos pesquisados afirmaram que suporte é de 60%; para 8%, o suporte é de 100%; para 8%, o suporte é de 20%; e nenhuma empresa pesquisada afirmou que não havia suporte por parte dos multiplicadores da ferramenta *Seis Sigma*.

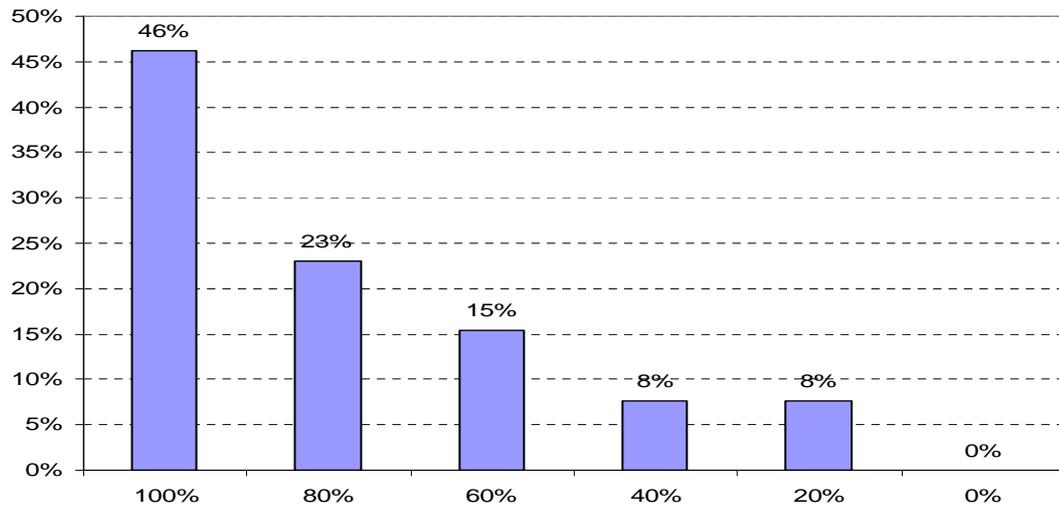


Figura 4.19.: Suporte ao chão-de-fábrica pelos multiplicadores da metodologia Manufatura Enxuta

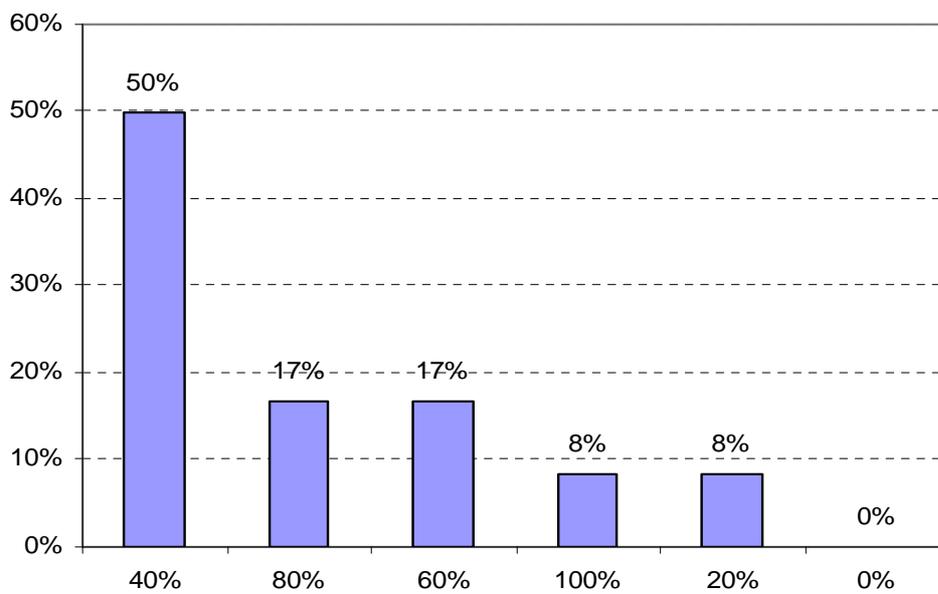


Figura 4.20.: Suporte ao chão-de-fábrica pelos multiplicadores da ferramenta *Seis Sigma*

Outro aspecto investigado nessa *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* diz respeito ao grau de importância atribuída pelas empresas pesquisadas a vários critérios que deveriam ser levados em consideração na implantação das ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*. Como demonstrado na figura 4.21, pode-se verificar que para a maioria das empresas pesquisadas, 22%, o fator mais importante é ter apoio da alta gerência; para 11%, proporcionar treinamento adequado para equipe, envolver todos os níveis da empresa e ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa seria o mais importante; 10% das empresas pesquisadas apontaram a escolha dos membros dos times do *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*; para 9% das empresas o importante seria divulgar os resultados obtidos; para 8%, tornar a implantação destas ferramentas com prioridade número um da organização; para 7%, o mais importante seria padronizar todas as ferramentas; para 5% dos pesquisados, seria ter um guia de aplicação das ferramentas em função do problema a ser solucionado; e finalmente para 4% das empresas pesquisadas, seria evitar conflitos dentro da equipe.

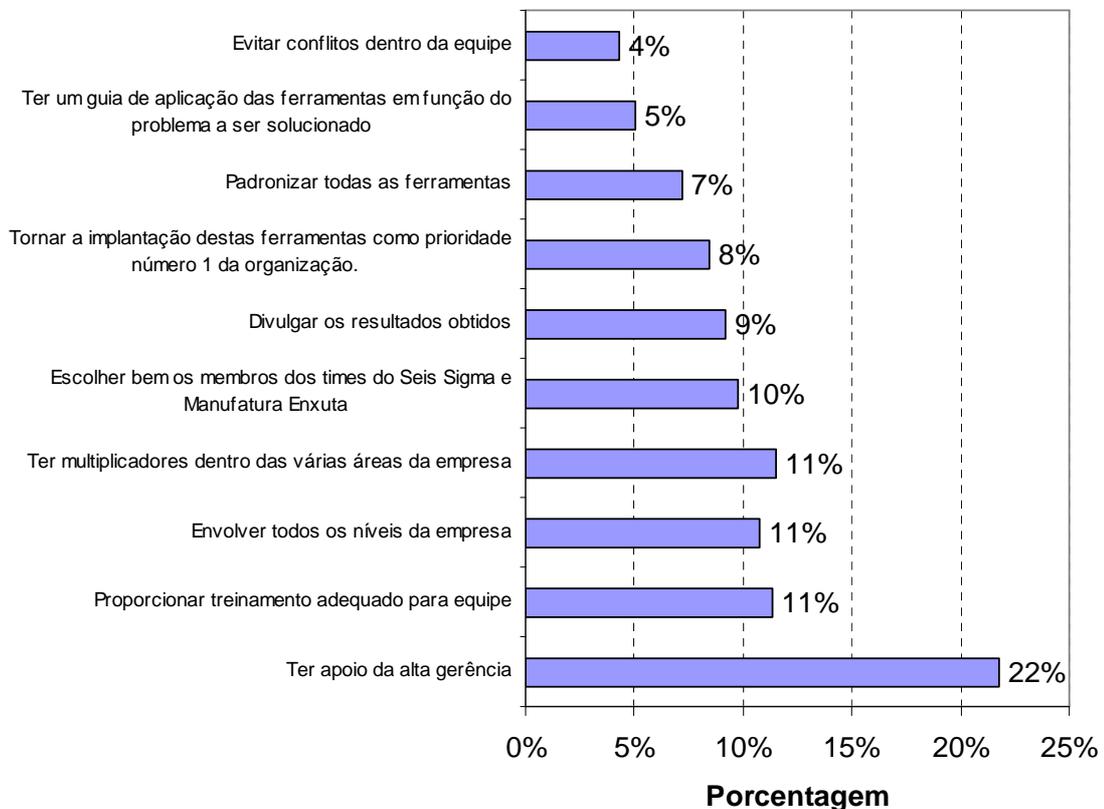


Figura 4.21.: Fatores críticos na implantação da *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*

### 4.3 – Caso Prático

De modo a verificar como as ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta estão sendo utilizadas na prática, neste capítulo será analisada a aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta num caso prático na empresa estudada.

Como um dos objetivos deste projeto de pesquisa é a realização de uma análise comparativa dos resultados da aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, de modo a complementar este trabalho, será utilizado um exemplo onde foram aplicadas ambas as ferramentas, pois desse modo, a eficácia das ferramentas será analisada com base no resultado obtido, indicando qual ferramenta seria mais apropriada para solução do problema estudado.

Como descrito anteriormente, será analisado um (1) caso prático, onde a situação foca a redução do índice de rejeição para um determinado produto, conforme descrito na metodologia de pesquisa (pág. 54), é importante salientar que as conclusões obtidas a partir da observação desse estudo de caso não são aplicáveis a todos os contextos e é válido somente para indústria de auto-peças.

O componente que será analisado é uma engrenagem, que é um componente de um elemento mecânico, a caixa de câmbio. Esta engrenagem segue a norma DIN3960, DIN 3961, DIN 3962, DIN 3963, DIN 868, DIN 3190.

#### 4.3.1 – Melhoria da Qualidade – Redução do índice de rejeição

Como mencionado anteriormente na resolução do problema de alto índice de rejeição no componente A, será analisado o resultado da aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

Para tal, faz-se necessário: a definição do problema em questão, descrição do processo produtivo e objetivo a ser atingido.

- Definição do problema: Deformação da hélice e evolvente em peças rasqueteadas, ocasionando um índice de rejeição de 20,7%;
- Descrição do processo produtivo:
  - Recebimento Físico: Recebe e confere o material fisicamente;

- Fresamento: É o processo inicial na usinagem de uma engrenagem e é responsável pela abertura dos dentes da engrenagem. Este processo é de suma importância, pois caso haja alguma imperfeição neste processo ele afetará todas as operações posteriores de acabamento.
  - Rasqueteamento: É responsável pelo acabamento final do produto, portanto de suma importância para a qualidade final do componente;
  - Tratamento Térmico: É responsável por adicionar as características metalúrgicas à engrenagem;
  - Retífica Interna: É responsável pelo acabamento final do diâmetro interno da engrenagem; e
  - Expedição: É responsável pela embalagem final do produto.
- Objetivo do Trabalho: Reduzir o índice de retrabalho de 20,7% para 5%.

#### **4.3.1.1. Redução do índice de rejeição - Metodologia Manufatura Enxuta**

A ferramenta adotada para resolução deste problema foi o *kaizen*. Por duas semanas, um grupo formado por operadores de máquinas, coordenadores de equipe, engenheiros de processo, técnico de ferramenta e supervisor de produção se dedicaram a identificar as causas raízes e implementar ações para eliminá-las. Os principais passos desta abordagem foram:

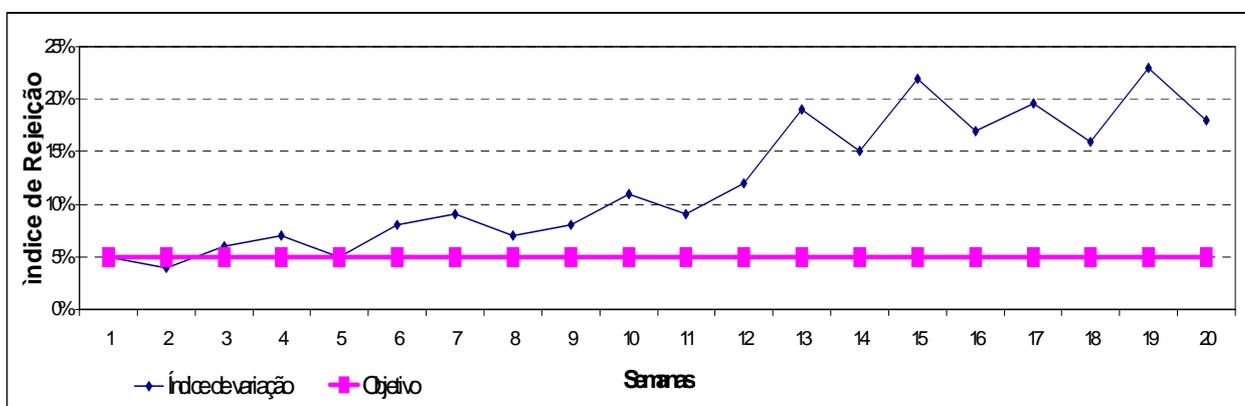
- Identificar as causas do alto índice de retrabalho por meio da técnica de espinha de peixe; as principais causas foram: falta de uma ficha de acompanhamento da ferramenta de corte; falta de informação na ficha técnica do produto; e utilização de dados de corte incorretos na operação anterior, gerando instabilidade no processo em questão.
- Implementação das Ações: De modo a eliminar as causas raízes descritas anteriormente, foram implementadas as seguintes ações:
  - Melhoria do sistema de medição;
  - Padronização das informações; e
  - Treinamento dos operadores.

Mensuração dos resultados: De modo a verificar se as ações implementadas resolveriam o problema de rejeição, foram produzidos dois lotes de fabricação de 20 peças

cada, os quais foram medidos 100% para análise e checagem da eficácia das ações implementadas. Para estes lotes o índice de rejeição foi de 4,7 % abaixo da meta estipulada, porém, de modo a haver um monitoramento do processo ao longo do tempo, foi estabelecido um ponto de controle para o acompanhamento da variação do processo e consequentemente o índice de rejeição.

Como se pode observar no gráfico abaixo (gráfico 4.22.), vemos que o processo não se estabilizou, apresentando uma grande variação ao longo do tempo, mesmo com todas as melhorias propostas implementadas.

Figura 4.22.: Acompanhamento do índice de reprova no ponto de controle



FONTE: Empresa estudada

Com base nos dados acima, pode-se afirmar que:

- As causas identificadas não eram as causas raízes que ocasionavam a variação no processo; e / ou
- As medidas corretivas e os procedimentos criados não estão mais sendo usados; e / ou
- Existem outras fontes de variação que não foram identificadas, utilizando a metodologia da *Manufatura Enxuta*.

#### 4.3.1.2. – Redução do índice de rejeição - Metodologia *Seis Sigma*

Devido à falta de estabilidade no processo de fabricação do componente e ao fato de o processo de melhoria, utilizando as ferramentas da *Manufatura Enxuta*, não ter sido capaz de proporcionar uma estabilidade para o processo de fabricação e a empresa estar novamente

enfrentando problemas de rejeição do seu produto final, foi decidido que seria adotada a metodologia Seis Sigma na resolução do problema. Para tanto, foi montado um projeto *Seis Sigma* para tratar deste problema e as principais fases estão descritas abaixo:

**Fase Definir:** Conforme descrito no referencial teórico do presente trabalho (página 27), a fase definir tem como objetivo adquirir um melhor entendimento do problema. Para tanto, os seguintes aspectos foram observados:

- **Consequências do Problema (incômodo):** Neste tópico foram listadas as consequências do problema para a organização e para o cliente. Para a organização, haveria o aumento no custo do produto devido ao retrabalho, excessivo frete aéreo e reclamações devido aos atrasos de entrega. E para o cliente, haveria parada de linha de montagem e possibilidade de rejeição em banco de teste;
- **Principal processo envolvido no projeto:** Rasqueteamento;
- **Início:** Matéria-prima;
- **Fim:** Inspeção de recebimento após tratamento térmico;
- **Ganhos Esperados (financeiros):** 3500 unidades monetárias, UM\$ ( UM\$ 1620 Retrabalho + UM\$ 1880 Frete aéreo );
- **Previsão de Investimentos:** R\$ 0;
- **Métrica do Projeto:** Para este projeto, foram definidas duas métricas: o valor do frete aéreo e o valor gasto com o Retrabalho.
- **Desempenho Atual:** Para esta fase foram levantados todos os gastos que a empresa estava tendo em função dos problemas de qualidade. Em relação ao frete aéreo, foram gastos \$UM 6766,89 e com o retrabalho, UM\$ 1620,0;
- **Metas financeiras:** A metas estipuladas para este projeto foram a redução total dos gastos com frete aéreo e um valor máximo de UM\$ 113,40 para os gastos com retrabalho.
- **Formação do time de projeto e aprovação:** Complementando todas as etapas anteriores, foram definidos o patrocinador, líder do projeto, equipe de trabalho e o cronograma preliminar. Todas as etapas anteriores foram aprovadas pelo Champiom e pelo black-belt do projeto bem como pela controladoria da empresa.

**Fase Medir:** Com base nas informações levantadas na fase definir, vários dados do produto foram coletados, como por exemplo: parâmetros de corte, forma de manuseio do produto, equipamentos utilizados, forma de medição, entre outros.

De modo a facilitar o manuseio e análise dos dados coletados, foi utilizado um programa estatístico – minitab, onde foram coletados dados sobre a estrutura química do material, tamanho do grão e Jominy do material da peça estudada. De acordo com a figura 4,23 pode-se observar a análise dos elementos químicos e estrutura do material. Nesta análise foram utilizadas as ferramentas Boxplot, que conforme descrito no referencial teórico tem o objetivo de representar graficamente a variabilidade e a simetria dos dados analisados.

Outra ferramenta utilizada foi a ferramenta estatística para análise da capacidade do processo em atender a especificação do produto.

Assim, primeiramente foi analisado a variação da composição química do material para cada elemento químico de modo a entender se a variação no dentreado da engrenagem é oriundo de uma variação da composição química do material.

De forma semelhante analisou-se a variação e a simetria da curva Jominy e do tamanho do grão entre os dois fornecedores de aço para esse componente de modo a identificar se a variação do processo é proveniente da diferença entre os materiais, uma vez que internamente na empresa estudada não há nenhuma alteração nos parâmetros de processo em função do fornecedor.

Isto se mostrou necessário uma vez que estamos analisando deformações inerentes às transformações químicas nos materiais (figura 4.23).

Outro ponto importante quando se analisam deformações resultantes de cementação e têmpera do produto estudado é a forma e a posição que as mesmas são acondicionadas nas cargas.

E devido a isto, na fase de medir, foram coletados dados sobre a deformação no denteamento para cada posição de carregamento das engrenagens (superior e inferior), ver figura 4.24.

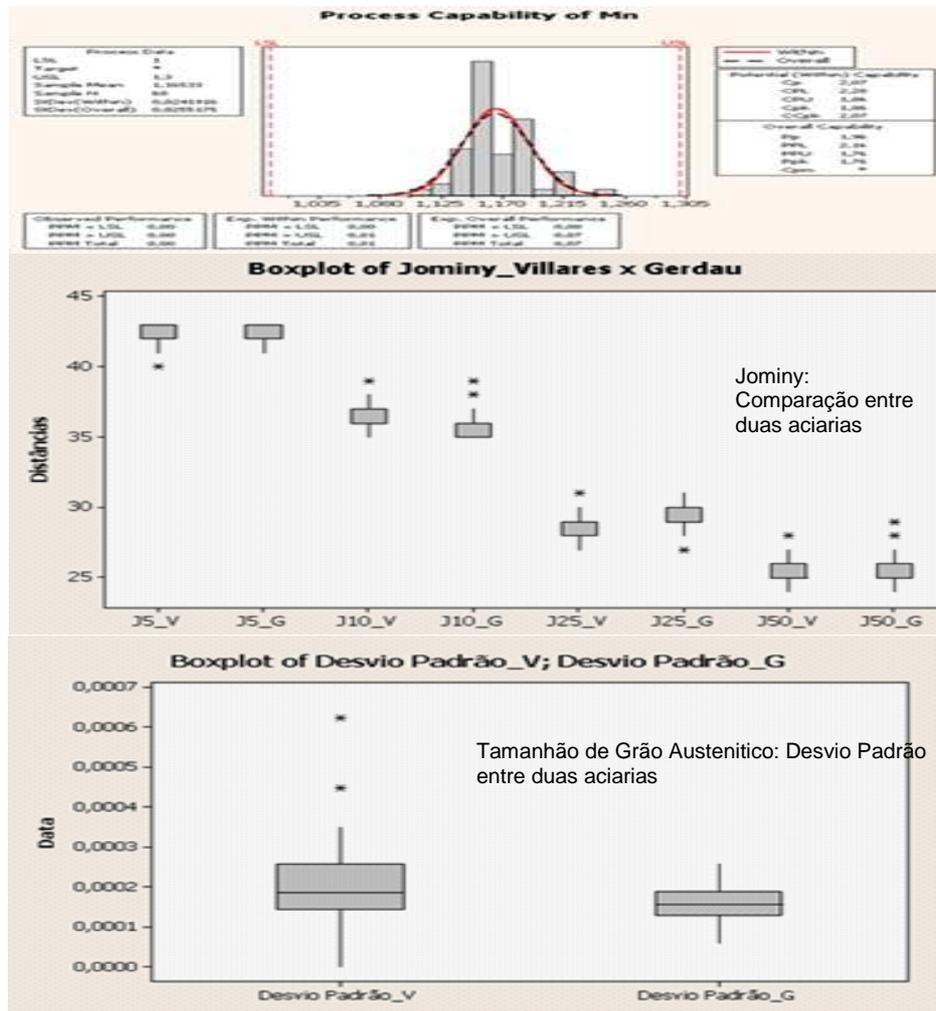
Como pode-se observar na figura 4.24 todas as engrenagens foram identificadas com uma numeração, de modo que após a realização do tratamento térmico seja realizado a medição de cada engrenagem e a partir do resultado desta medição se verifique a deformação de cada engrenagem em função da posição em que a peça se encontra na grelha do tratamento térmico.

**Fase Analisar:** Com base nos dados coletados na fase medir, foram estabelecidas as causas principais em função do problema em análise. Para tanto, foi utilizado o modelo teórico de análise, onde:

- As causas foram organizadas focando o problema.
- As análises das causas foram realizadas via ferramentas estatísticas.
- Foram estabelecidas as causas raízes principais.

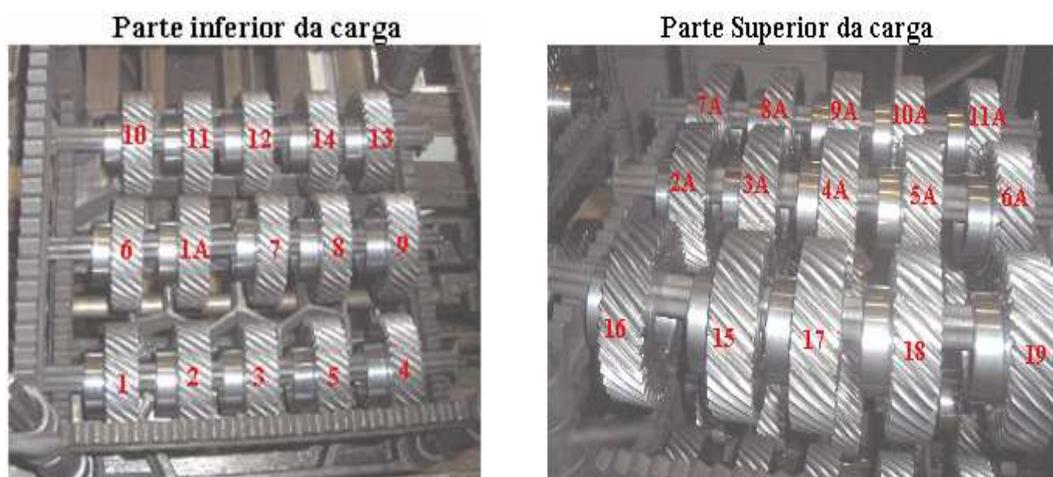
Na figura 4.25, pode-se verificar as causas principais correlacionadas com os principais problemas de qualidade da engrenagem, delineando para quais processos e situações deveriam ser tomadas ações corretivas, onde OK significa que não foi encontrada correlação entre estas possíveis causas e o problema analisado.

FIGURA 4.23.: Dados estatísticos da análise dos elementos químicos.



Fonte: Empresa estudada

FIGURA 4.24.: Fotos de carregamento de engrenagens



Fonte: Empresa estudada

FIGURA 4.25.: Correlação entre as principais causas.

	Material	Forjamento	Usinagem	Controle Dimensional	T.T
Variação do Ângulo de Hélice	OK	OK	- Excêntrica no processo de shaving	OK	- Temperatura de têmpera
			- Falta de abaulado no processo de fresagem.	OK	
Rugosidade	OK	OK	OK	OK	- Profundidade da camada de H.T.T.P.
				OK	- Temperatura de têmpera
Material Positivo	OK	OK	- Falta de abaulado no processo de fresagem.	OK	- Temperatura de têmpera

**Fase Melhoria:** Como descrito no referencial teórico, para o *Seis Sigma* não basta propor o que se acredita ser recomendações práticas, geralmente é requerido que as soluções propostas sejam testadas.

E é nesta fase onde todas as ações de melhoria para correção das principais causas identificadas na fase analisar são implementadas.

E de modo a garantir que a causa raiz identificada e as ações planejadas sejam eficazes na solução do problema, são realizados testes com lotes pilotos, que comprovem através de resultados práticos, o sucesso das contramedidas implementadas no processo em questão.

Como descrito na fase analisar, foram identificados quatro possíveis causas que estariam ocasionando o problema de qualidade. Abaixo são descritas as ações para cada um dos quatro problemas.

**a) Variação no Ângulo de Hélice:**

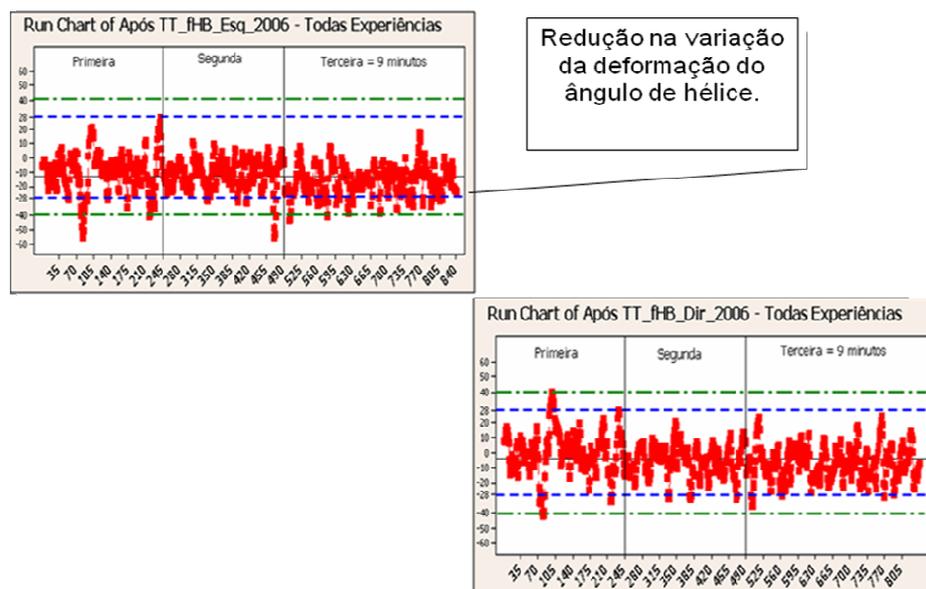
- Diminuição do sobremetal oriundo do processo anterior: Foi comprovado através de testes que a diminuição do sobremetal para acabamento na operação de rasquetamento diminui o esforço de corte e, conseqüentemente, a tensão residual de usinagem. O que diminuiu a variação do ângulo de hélice e a formação de material positivo no denteado.

- Rolamento dos mancais da máquina do processo de Shaving: Foi observado que mesmo havendo um planejamento de manutenção preventiva, a periodicidade de checagem dos rolamentos era muito grande, ocasionando que, nas épocas de verificação, os rolamentos já estavam desgastados, gerando uma variação no processo de raqueteamento. Para eliminar este problema, foi diminuída a periodicidade de checagem dos rolamentos e foi incluso no *check-list* do operador de máquina uma verificação diária do batimento destes rolamentos e caso este encontrasse alguma anomalia, este deveria comunicá-la à manutenção.
- Diminuição da deformação no produto estudado: Com o objetivo de diminuir a variação do ângulo de hélice e tendo em mente que no processo de têmpera quanto maior a diferença entre a temperatura do óleo de resfriamento e a temperatura da peça, maior será a deformação da engrenagem. Troca do óleo de resfriamento da peça: Com isto foi possível aumentar a temperatura do óleo em 15 °C. Também foi diminuída a temperatura da peça em 10 graus celsius, totalizando uma diminuição total de 25 °C. Com estas ações, foi diminuída a temperatura em 25 °C, o que diminui o choque térmico que é responsável por grande parte das deformações nos processos de tratamento térmico, bem como no caso desta engrenagem. Os resultados destas ações podem ser vistos na figura 4.8.

#### **b) Rugosidade Excessiva**

De modo a diminuir a rugosidade superficial do componente estudado, foi evidenciado que quanto maior a camada H.T.T.P (*heat treatment transformation products*) termo em inglês que significa: produtos da transformação do processo de tratamento térmico, maior será a rugosidade superficial do componente, pois esta camada apresenta uma dureza superficial inferior ao restante da peça. O que será de fácil deformação pelas operações seguintes.

FIGURA 4.26.: Comparação entre várias experiências



FONTE: Empresa estudada

Logo quanto menor a camada H.T.T.P., melhor será a rugosidade superficial do componente estudado, e para isso foi diminuída a cadência do forno, fazendo com que as peças ficassem menos tempo no forno e resultando em uma camada menor.

### c) Material Positivo

O que estamos chamando de material positivo nada mais é que a conjunção dos efeitos da rugosidade e a variação do ângulo de hélice, portanto as ações listadas nos pontos anteriores tiveram um efeito positivo na diminuição deste problema. As ações que mais tiveram impacto foram:

- Alteração da cadência do forno.
- Diminuição do sobremetal de usinagem do processo anterior ao do rasqueteamento.

d) **Fase Controlar:** Nesta fase foram tomadas ações que garantissem que as melhorias introduzidas na fase anterior fossem mantidas e que as variações do processo se comportassem conforme padrões e dentro dos limites pré-estabelecidos.

Para tanto foram introduzidas ao longo do processo produtivo deste produto limites de controle no processo de shaving, nos pontos relevantes de manutenção e tratamento térmico. Os líderes, os operadores de máquina bem como todos os envolvidos neste processo foram treinados nos novos procedimentos criados.

- e) **Resultados:** Como pode ser observado abaixo, vemos os resultados da abordagem *Seis Sigma* na resolução deste problema.
- Redução de 18,64% no índice de rejeição, de 20,7% para 2,6%.
  - Também foi obtido um ganho de 20% na produtividade no processo de tratamento térmico.

Conforme tabela 4.3 pode-se observar um resumo dos resultados obtidos com a utilização de ambas as ferramentas. Em relação à Manufatura Enxuta, observa-se que houve uma melhoria de 3% no índice de rejeição e não foram identificadas nenhuma melhoria adicional.

No caso do *Seis Sigma* houve uma melhoria de 18,1% no índice de rejeição, atingindo 2,6%, muito abaixo da meta estipulada. E pode-se observar também um ganho no processo de tratamento térmico, onde a produtividade aumentou em 20%.

Ferramenta Aplicada	Índice de rejeição inicial	Índice de rejeição após melhorias implementadas	Melhorias adicionais
Manufatura Enxuta	20,70%	17,70%	
<i>Seis Sigma</i>		2,60%	Aumento de 20% na produtividade do processo de tratamento térmico

Tabela 4.3.: Comparação entre os resultados das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta

## 5 Resultados e suas análises

### 5.1 Comentários sobre os resultados do questionário da pesquisa de campo – empresas do estado de São Paulo

Neste capítulo, serão discutidas e analisadas as ferramentas utilizadas pela empresa estudada e as empresas pesquisadas na pesquisa quantitativa exploratória (survey) na resolução dos problemas operacionais. Será apresentada uma análise de correlação entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas, bem como uma análise de correlação entre os vários níveis hierárquicos da empresa estudada. E finalmente, com base no resultado da pesquisa, será apresentada uma priorização dos fatores críticos para implementação da Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*.

Comparando-se as ferramentas de gestão utilizadas pelas empresas pesquisadas na *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e a empresa estudada, pode-se constatar que todas as ferramentas utilizadas pela empresa estudada estão presentes nas empresas pesquisadas.

Esta constatação é importante para a pesquisa, pois com base nela, poderão ser realizadas comparações entre as ferramentas utilizadas pela empresa estudada e as empresas pesquisadas, uma vez que as empresas têm à sua disposição as mesmas ferramentas.

Dessa forma ao se analisarem as questões relacionadas com a identificação da principal metodologia que as empresas utilizariam na solução de quatro (4) problemas operacionais mencionados no questionário, pode-se chegar às seguintes constatações:

A primeira situação proposta tinha o objetivo de identificar qual metodologia seria utilizada para o aumento da produtividade em uma linha de montagem e conforme figura 5.10, observa-se que as três (3) metodologias mais utilizadas para resolução deste problema foram as mesmas apontadas tanto na empresa estudada quanto nas empresas que responderam o questionário de pesquisa.

Conforme figura 5.1, observa-se que a principal metodologia apontada foi o *kaizen*, seguida do trabalho padronizado, e *Seis Sigma*. Para as demais metodologias, não houve pontos em comum ou concordância.

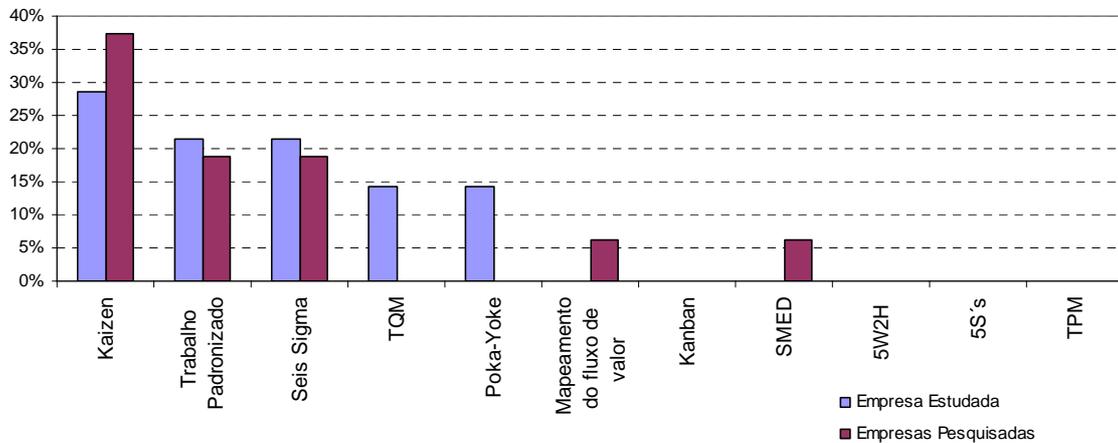


Figura 5.1.: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Aumento de produtividade

Para a situação de redução da taxa de refugo em um equipamento específico, observa-se de acordo com a figura 5.2, uma concordância entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas na utilização de duas ferramentas a *Seis Sigma* e o *kaizen*.

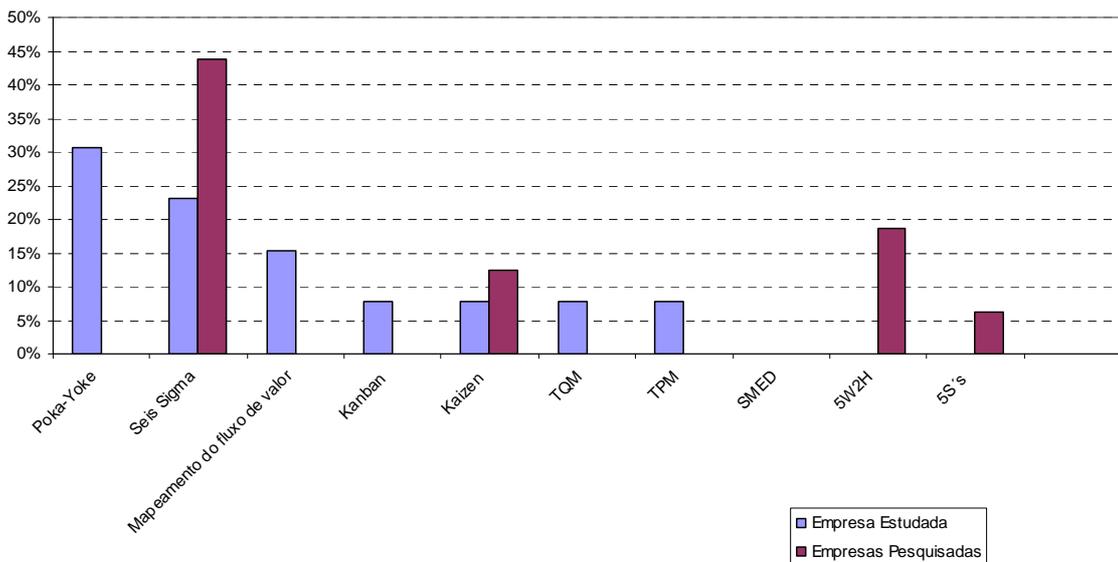


Figura 5.2.: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução da taxa de refugo num equipamento específico

Interessantemente a situação proposta em que o objetivo era a melhoria do índice de entrega não houve concordância em relação a ferramenta a ser utilizada, como pode ser observado na figura 5.3, pois as ferramentas apontadas como prioritárias para resolução deste problema tanto na empresa estudada quanto nas empresas pesquisadas não foram as mesmas.

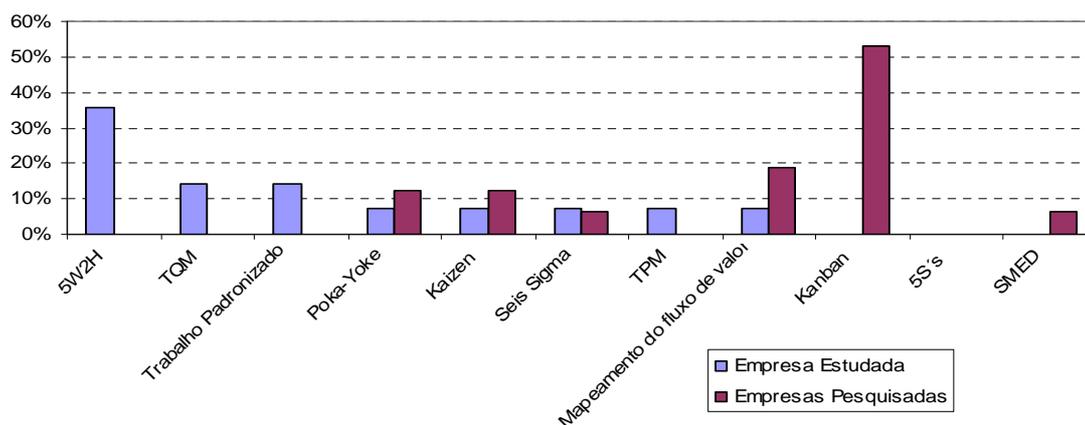


Figura 5.3.: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução da taxa de refugo num equipamento específico

Para a questão relacionada com a redução do nível de inventário, pode-se observar conforme a figura 5.4, que houve concordância entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas em relação à utilização da ferramenta *kanban*. O mapeamento do fluxo de valor seria, conforme dados da pesquisa, a segunda ferramenta a ser utilizada na redução do nível de inventário.

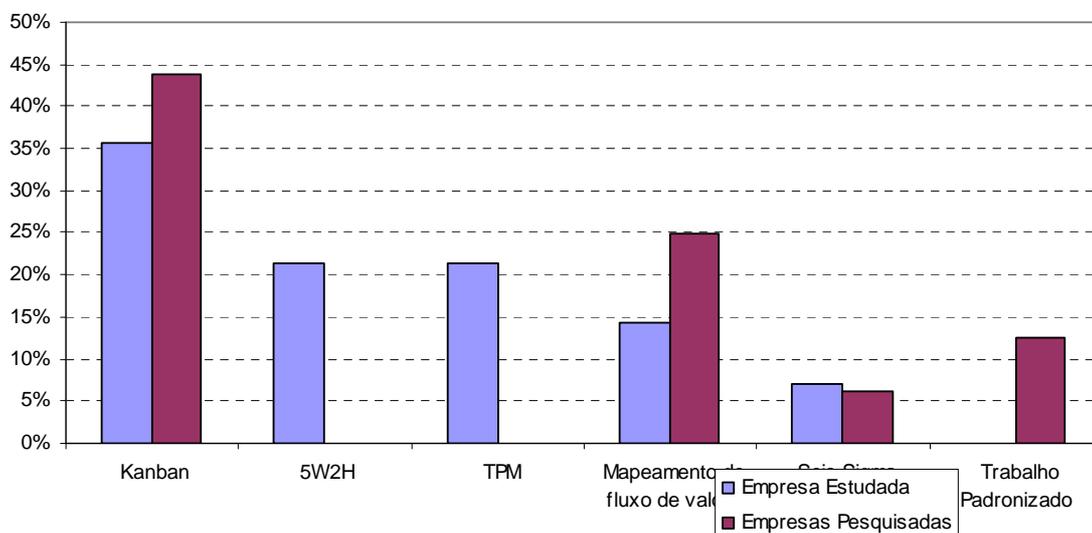


Figura 5.4.: Comparação do resultado da pesquisa – Empresa estudada x pesquisa de campo – Redução do nível de inventário

Para verificar a existência de correlação entre os dados obtidos na empresa avaliada neste estudo realizou-se um teste de correlação. Para isso, se utilizou de uma técnica paramétrica usual para analisar dados de duas amostras independentes. De acordo com Siegel e Castellan (1998), o teste não paramétrico de Fisher, é uma técnica extremamente útil para analisar dados discretos, quando se dispõe de duas amostras independentes pequenas. Nesse cálculo foi utilizado o software livre para análises estatísticas R; versão 2.10.1.

O teste exato de Fischer necessita da definição das hipóteses nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ). Como o objetivo do estudo é verificar se existe correlação entre os dados obtidos na empresa estudada com aos dados obtidos na *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, as hipóteses foram definidas da seguinte forma:

$H_0$  = Existe correlação entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas;

$H_1$  = Não existe correlação entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas.

O nível de confiança adotado no teste é de 97,5%; logo, o critério para aceitar a hipótese  $H_0$  como verdadeira, é que o valor  $P$  deverá ser menor ou igual a 0,025.

Como pode-se observar na tabela 5.1, observa-se a existência de correlação positiva entre a empresa avaliada e três empresas pesquisadas, empresas 3, 10 e 11. Neste caso a hipótese nula foi aceita.

Tabela 5.1: Coeficiente de correlação dos dados das empresas pesquisadas x empresas estudada

<b>Empresas</b>	<b>p-valor</b>	<b>Correlação positiva</b>
Empresa 1 x Empresa Estudada	0.02778	Não
Empresa 2 x Empresa Estudada	0.3	Não
Empresa 3 x Empresa Estudada	0.02381	<b>Sim</b>
Empresa 4 x Empresa Estudada	1	Não
Empresa 5 x Empresa Estudada	0.4048	Não
Empresa 6 x Empresa Estudada	0.4	Não
Empresa 7 x Empresa Estudada	0.08571	Não
Empresa 8 x Empresa Estudada	0.2698	Não
Empresa 9 x Empresa Estudada	0.9143	Não
Empresa 10 x Empresa Estudada	0.0007937	<b>Sim</b>
Empresa 11 x Empresa Estudada	0.01190	<b>Sim</b>
Empresa 12 x Empresa Estudada	0.9429	Não
Empresa 13 x Empresa Estudada	0.3492	Não
Empresa 14 x Empresa Estudada	0.7857	Não
Empresa 15 x Empresa Estudada	0.7429	Não

Conforme descrito no referencial teórico, um dos objetivos da pesquisa há verificar o grau de entendimento sobre a utilização das ferramentas Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* entre os vários níveis organizacionais na empresa estudada. Para isso, o mesmo teste exato de Fisher foi usado para verificar a existência ou não de correlação das respostas entre os diferentes níveis hierárquicos da empresa estudada. Neste caso, as hipóteses H0 e H1 foram definidas da seguinte forma:

H0 = Existe correlação entre os vários níveis hierárquicos na empresa estudada; e

H1 = Não existe correlação entre os vários níveis hierárquicos na empresa estudada.

Para a realização do teste, os seguintes níveis hierárquicos foram avaliados: coordenação x supervisão; coordenação x gerência; coordenação x *staff*; supervisão x gerência; supervisão x *staff*; e gerência x *staff*. O nível de significância adotado foi de 0,025, o mesmo usado no teste para avaliar a correlação entre a empresa estudada e as empresas da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*.

Como se observa na tabela 5.2, que existe uma correlação somente entre os níveis de gerência x *staff*, onde o valor p foi igual a 0,01190.

Desta forma, observa-se que não existe correlação entre os demais níveis organizacionais na empresa estudada, pois o valor p do teste de Fisher é maior que 0,025, como verificado na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Correlação dos dados dos vários níveis organizacionais na empresa estudada

<b>Empresas</b>	<b>p-valor</b>	<b>Correlação positiva</b>
Coordenação x Supervisão	0.7857	Não
Coordenação x Gerência	0.08333	Não
Coordenação x Staff	0.1071	Não
Supervisão x Gerência	1	Não
Supervisão x Staff	1	Não
Gerência x Staff	0.01190	<b>Sim</b>

Com relação aos aspectos sobre os fatores prioritários na implementação da Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*, observa-se uma concordância em relação aos quatro primeiros fatores críticos elencados como prioritários tanto pelas empresas pesquisadas quanto pela empresa estudada.

O primeiro critério é “ter apoio da alta gerência” 14% dos pesquisados na empresa estudada afirmaram ser o critério mais importante e nas empresas pesquisadas este critério teve o peso de 22%.

O segundo critério é “proporcionar treinamento adequado para equipe”, foi apontado como fator prioritário por 12% dos pesquisados na empresa estudada e 11% das empresas pesquisadas no estudo de campo.

O terceiro critério seria “ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa”: 12% dos pesquisados na empresa estudada afirmaram ser a opção mais importante e 11% nas empresas pesquisadas.

O quarto critério apontado foi “envolver todos os níveis da empresa” 10% dos pesquisados na empresa estudada e 11% das empresas pesquisadas afirmaram ser este o critério mais importante.

Para os demais fatores prioritários na implementação do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, a pontuação dada pela empresa estudada e empresas pesquisadas pode ser observada na figura 5.7.

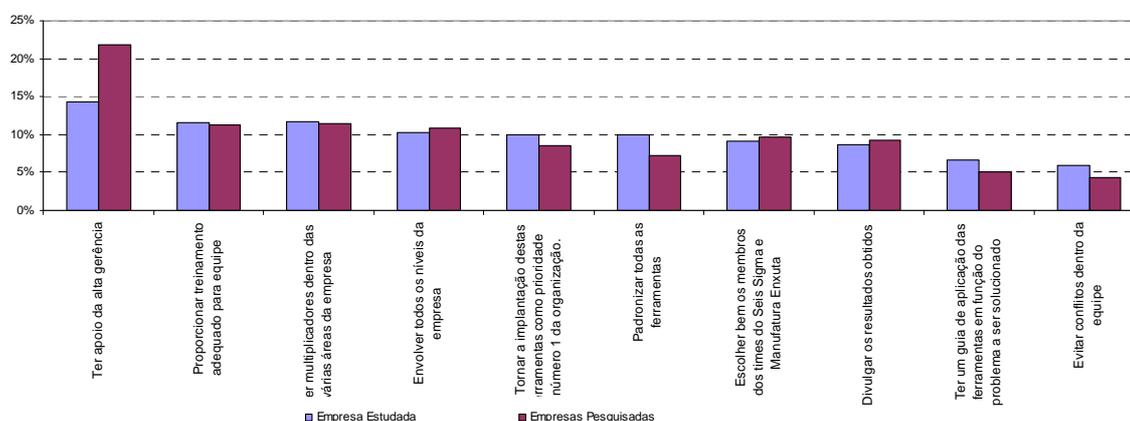


Figura 5.7.: Comparação entre os fatores prioritários na implantação da *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta

De forma a indicar quais fatores deveriam ser tratados como prioritários na implementação dos programas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, o resultado obtido na empresa estudada foi inserido na mesma base de dados da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, gerando uma lista única para os fatores críticos a serem considerados na implementação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

Como se pode observar na figura 5.8, os fatores críticos ficaram priorizados da seguinte maneira: 21% o fator mais importante é ter apoio da alta gerência; para 11% proporcionar treinamento adequado para equipe, envolver todos os níveis da empresa e ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa seria o mais importante; 10% das empresas pesquisadas apontaram a escolha dos membros dos times do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta; para 9% das empresas o importante seria divulgar os resultados obtidos;

para 9% tornar a implantação destas ferramentas com prioridade número um da organização; para 7% o mais importante seria padronizar todas as ferramentas; para 5% dos pesquisados seria ter um guia de aplicação das ferramentas em função do problema a ser solucionado; e finalmente para 4% das empresas pesquisadas seria evitar conflitos dentro da equipe.

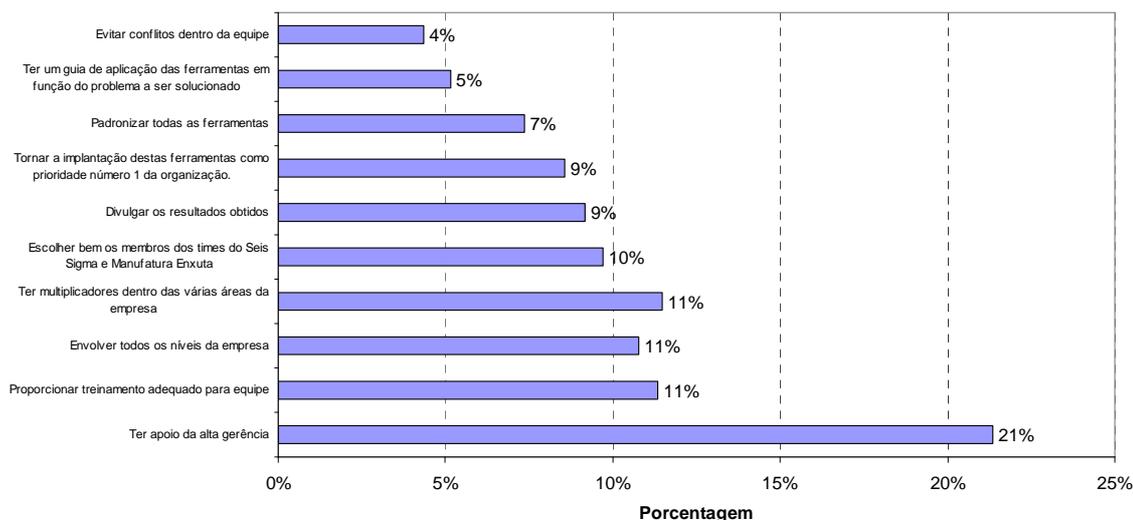


Figura 5.8.: Comparação entre os fatores prioritários na implantação da *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta – Empresas estudada e Empresas pesquisadas

## 5.2 Comentários sobre os resultados da pesquisa

Como descrito anteriormente, foi estudada uma situação prática onde foram aplicadas as ferramentas do *Seis Sigma* e da Manufatura Enxuta.

O caso prático escolhido é uma situação de melhoria de qualidade em que primeiramente foi aplicada a ferramenta da Manufatura Enxuta que conforme foi demonstrado não alcançou os resultados esperados, em termos de redução do índice de rejeição, pois não identificou as causas raízes e nem estabilizou o processo produtivo.

Em função disto, foi iniciado um projeto *Seis Sigma* para identificar as causas raízes e eliminar as fontes de variações do processo, reduzindo os custos.

A evidência gerada pela não utilização inicial da ferramenta Seis Sigma e posterior demora em sua adoção demonstra um comportamento de acerto versus erro quanto à escolha das ferramentas a serem adotadas na solução dos problemas operacionais pela empresa estudada.

Nesse contexto, a ferramenta da Manufatura Enxuta não foi a mais apropriada, pois em função da grande interação entre as possíveis causas raízes e do grande número de variantes a serem analisadas, houve a necessidade de utilização de uma metodologia mais robusta de identificação de causa raiz que tivesse com base ferramentas estatísticas, ou seja, o *Seis Sigma*. E como foi demonstrado no exemplo, com a utilização da metodologia *Seis Sigma* foi relativamente fácil a identificação e solução das causas da variação do processo em questão.

De acordo com os resultados da pesquisa na empresa estudada e na pesquisa realizada nas empresas do estado de São Paulo, pode-se verificar que existe uma diferença de entendimento sobre a escolha das ferramentas para melhoria das entregas onde na empresa estudada observa-se uma certa confusão na escolha da ferramenta mais apropriada para melhoria das entregas. Como descrito anteriormente os respondentes na empresa estudada apontaram como principal estratégia o 5W2H, quando a ferramenta mais apropriada para solução deste problema seria o *kanban*, esta afirmação é sustentada por Takahashi; Nakamura (1997). Porém esta confusão não foi identificada no resultado da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, pois o *kanban* foi apontado como a ferramenta mais apropriada por 53% das empresas pesquisadas.

No entanto, quando se observa as outras situações propostas no questionário, verifica-se um maior grau de concordância na escolha das ferramentas para solução dos problemas operacionais propostos no questionário, mesmo levando em consideração que somente três empresas apresentaram uma correlação positiva com a empresa estudada.

Portanto, como evidenciado no resultado dos questionários e no exemplo prático observamos uma confusão na escolha da melhor ferramenta a ser utilizada na solução dos problemas operacionais na empresa estudada, ocasionando que os melhores resultados possíveis não sejam alcançados ou no pior caso, perda de eficiência e aumento dos custos produtivos.

De acordo com a opinião do autor, muitas vezes erros como este são cometidos devido à falta de questionamento sobre a verdadeira origem ou tipo de problema a ser solucionado.

Para tanto, algumas perguntas deveriam ou poderiam ser realizadas previamente à definição de qual metodologia a ser adotada de modo que o problema fosse bem definido.

Com este processo de checagem ou pré-definição das possíveis causas raízes do problema, seria possível uma melhor identificação do que se quer resolver, explicitando melhor os objetivos da atividade de melhoria. Assim, possibilitaria uma melhor definição da ferramenta e metodologia a ser utilizada no processo de melhoria contínua.

Outro aspecto importante identificado na pesquisa foi a falta de correlação entre os vários níveis hierárquicos na empresa estudada, o que demonstra a necessidade de haver uma maior comunicação e entendimento sobre o uso das ferramentas no dia-a-dia da organização, pois esta falta de alinhamento e entendimento sobre a melhor ferramenta a ser utilizada na solução dos problemas operacionais, pode ocasionar erros na escolha das ferramentas e consequente não solução do problema, perda de tempo e recursos como demonstrado no caso prático.

Um dos resultados obtidos a partir do resultado dos questionários, foi a mensuração dos fatores críticos para implementação do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, pois em vários artigos na literatura como dos autores Bhasin; Burcher (2005) e Coronado; Antony (2002) os fatores críticos para implementação são mencionados e discutidos, porém sem indicar qual o peso de cada fator durante a implementação. E nesta pesquisa por meio da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e do estudo de caso foi possível mensurar a importância de cada um dos fatores críticos para implementação da *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, gerando assim uma contribuição positiva para a literatura.

### **5.3 Proposta de um modo de Integração das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta**

Com base no que foi descrito no referencial teórico, evidenciado no resultado do estudo de caso, da pesquisa de campo e dos casos práticos, pode-se afirmar que há a necessidade de um modo de integração das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, diminuindo os erros na escolha das ferramentas a serem utilizadas na solução dos problemas operacionais do dia-a-dia.

Em função do resultado da pesquisa e de modo a sintetizar os resultados, as respostas foram divididas em três grandes grupos: *Seis Sigma*, Manufatura Enxuta e uma área comum onde a utilização de qualquer uma das ferramentas traria o mesmo resultado. Dessa maneira, conforme o resultado da pesquisa, pode-se, indicar para cada situação qual metodologia seria mais apropriada.

Na metodologia *Seis Sigma*, destaca-se a redução da taxa de refugo num equipamento específico e redução da variação na produtividade.

Na metodologia Manufatura Enxuta, apresenta-se aumento de produtividade, melhoria de entrega, redução do nível de inventário, desenho do fluxo de valor, redução do tempo de *set-up* e resolução dos problemas de manutenção.

Na área comum, destaca-se a melhoria de qualidade e redução dos custos de fabricação.

Por isso, o autor propõe um modo que busque no âmbito da aplicação, a integração das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, sugerindo as situações onde cada ferramenta traria os melhores resultados.

A figura 5.9 ilustra este pensamento e apresenta um modo de integração das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta. Ambas as ferramentas estão bem fundamentadas e estabelecidas na literatura e a compatibilidade e a integração delas vem sendo discutidas há bastante tempo. Essa discussão conforme Bendell (2006), é limitada e, além disto, desapontante quando examinada para um modelo comum.

O modo de integração proposto procura sugerir um modo comum para a aplicação das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, identificando as situações para aplicação destas ferramentas, sem haver a necessidade de uma ferramenta ou conceito ser incorporado pela outra metodologia.

De modo a aumentar a eficiência desse modo de integração, faz-se necessário um processo de checagem ou pré-definição das possíveis causas raízes do problema; seria possível uma melhor identificação do que se quer resolver, explicitando melhor os objetivos da atividade de melhoria. Assim, possibilitaria uma melhor definição da ferramenta e metodologia a ser utilizada no processo de melhoria contínua, pois muitas vezes, erros como esses são cometidos devido à falta de questionamento sobre a verdadeira origem ou tipo de

problema a ser solucionado. Para tanto, algumas perguntas deveriam ou poderiam ser feitas previamente à definição de qual metodologia adotar, para que o problema fosse bem definido.

### **Discussão sobre o modo de integração das ferramentas:**

O modelo apresentado na figura 5.9. é composto por uma importante fase de pré-definição ou de identificação do tipo de problema a ser resolvido. O objetivo desta etapa é o de analisar o problema a ser solucionado, verificando se este é oriundo de problemas crônicos de desempenho, se é na verdade um problema de variação dos resultados de desempenho de um processo ou equipamento ou se é restrito a uma área da empresa ou a toda a organização.

O modelo apresentado na figura 5.9. é constituído basicamente por três grandes áreas. A primeira é formada pela intersecção dos programas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*, chamada de área comum; indica que ambas as ferramentas alcançariam resultados semelhantes caso aplicadas de forma sistemática.

Uma segunda área contendo a *Manufatura Enxuta* indica as situações onde a aplicação das ferramentas desta metodologia alcançaria o melhor resultado.

E por fim, uma terceira área contendo o *Seis Sigma* indica as situações onde a aplicação desta ferramenta alcançaria o melhor resultado.

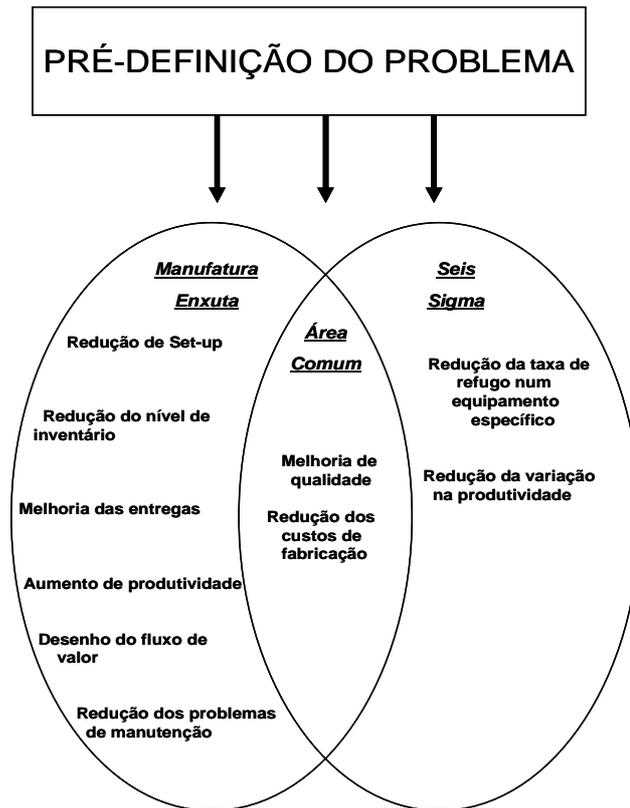


Figura 5.9.: Proposta de um modo integração das ferramentas *Seis Sigma* e *Manufatura Enxuta*

## 6. Conclusões

Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões do uso da metodologia de pesquisa e as conclusões sobre o projeto de pesquisa.

### 6.1 Conclusões sobre a metodologia de pesquisa

O uso da triangulação de dados por meio da integração entre a condução de uma pesquisa quantitativa exploratória (survey) e do estudo de caso se mostrou adequada para atingir os objetivos da pesquisa que foi a realização de uma análise comparativa do uso das ferramentas de gestão Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* e a proposta de um modo de integração entre elas.

O método de triangulação de dados permite aos pesquisadores terem mais confiança nos resultados de suas pesquisas. Sob esse aspecto, a utilização da triangulação de dados, mais especificamente a utilização de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)*, precedendo ao estudo de caso, permitiu identificar quais ferramentas são utilizadas na resolução dos problemas operacionais propostos, servir como base de comparação com os dados da empresa pesquisada e de fonte de dados para a elaboração do modo de integração para as ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

A decisão da utilização de uma *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* no estágio inicial da pesquisa ajudou a obter uma compreensão sobre um assunto e proveu as bases para uma pesquisa mais aprofundada e subsequentemente ajudando a descobrir e prover evidências preliminares de associação entre conceitos.

E a utilização do estudo de caso único possibilitou a análise de vários contextos dentro do mesmo caso, e conseqüentemente proveu uma maior oportunidade para uma observação mais profunda do assunto.

Outro aspecto importante a ser mencionado foi a realização de um pré-teste com o questionário, pois ajudou a melhorar a formulação das questões e com isto o entendimento das mesmas.

## 6.2 Conclusões sobre o projeto da pesquisa

Com os resultados da pesquisa pode-se observar que após a realização de duas “ondas de contato” junto a 80 empresas, obteve-se uma taxa de retorno de 20%, totalizando 16 empresas.

Entre as empresas pesquisadas observa-se que 56% tem como cliente outra empresa e / ou o cliente final e 44% tem como principal cliente outra empresa (cliente intermediário). Dentre as empresas pesquisadas oito (8) empresas são classificadas como de grande porte, seis (6) de médio porte e uma (1) de pequeno porte.

Em relação a metodologia utilizada pelas empresas pesquisadas verifica-se que a grande maioria das empresas, 75% não utilizam somente uma única metodologia, mas sim, mais de uma metodologia ao mesmo tempo. Vinte e cinco por cento (25%) das empresas utilizavam a Manufatura Enxuta, *Seis Sigma* e TPM em conjunto. 19% das empresas utilizavam a Manufatura Enxuta e *Seis Sigma*, 13% das empresas utilizavam as metodologias Manufatura Enxuta, *Seis Sigma*, TPM e TQM; 6%, a Manufatura Enxuta, *Seis Sigma*; 6% Manufatura Enxuta, TQM e TPM e finalmente 6%, a Manufatura Enxuta e TQM. No entanto, observa-se que 13% das empresas utilizavam unicamente a Manufatura Enxuta; 6% a metodologia *Seis Sigma* e 6% a metodologia BPM (*business process management*).

Por meio da *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e do estudo de caso foram identificadas as ferramentas utilizadas pelas empresas pesquisadas na resolução dos problemas operacionais. Para a situação de aumento da produtividade em uma linha de montagem a principal metodologia apontada foi o *Kaizen*. Para a situação de redução da taxa de refugo em um equipamento específico a metodologia seria o *Seis Sigma*. No caso da melhoria do índice de entrega não houve concordância entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas sobre a ferramenta a ser adotada. Para o caso de redução do nível de inventário a ferramenta a ser adotada seria o *Kanban*.

Em relação ao grau de entendimento entre os vários níveis hierárquicos na empresa estudada foi realizado um estudo de correlação e conforme essa análise constatou-se que na empresa estudada somente entre os níveis de gerência e staff foi identificado uma correlação positiva em relação a aplicação e utilização das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

A análise para os níveis de coordenação versus supervisão; coordenação versus gerência; coordenação versus *staff*; supervisão versus gerência; supervisão versus *staff* não foi identificado correlação positiva.

A mesma análise foi realizada entre a empresa estudada e as empresas pesquisadas na *pesquisa quantitativa exploratória (survey)* e para três (3) empresas foi identificado correlação positiva e para as demais doze (12) empresas não houve correlação. O que pode significar que para as questões propostas existe uma interpretação diferente do uso das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta.

Por meio do questionário de pesquisa outro aspecto pode ser identificado como resultado da pesquisa que foi a definição de uma lista com a priorização dos fatores críticos a serem considerados na implementação da *Seis Sigma* e da Manufatura Enxuta. Nessa lista o principal fator a ser observado na implementação de acordo com 21% das empresas pesquisadas seria ter apoio da alta gerência; para 11% proporcionar treinamento adequado para equipe, envolver todos os níveis da empresa e ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa seria o mais importante; 10% das empresas pesquisadas apontaram a escolha dos membros dos times do *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta; para 9% das empresas o importante seria divulgar os resultados obtidos; para 9% tornar a implantação destas ferramentas com prioridade número um da organização; para 7% o mais importante seria padronizar todas as ferramentas; para 5% dos pesquisados seria ter um guia de aplicação das ferramentas em função do problema a ser solucionado; e finalmente para 4% das empresas pesquisadas seria evitar conflitos dentro da equipe.

Outro resultado importante foi à análise crítica das ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta em empresas de auto-peças e a partir dessa análise a proposta de um modo independente de aplicação em que os resultados foram sintetizados em três grandes grupos: *Seis Sigma*, Manufatura Enxuta e uma área comum onde a utilização de qualquer ferramenta traria o mesmo resultado. Na metodologia *Seis Sigma*, destaca-se a redução da taxa de refugo num equipamento específico e redução da variação na produtividade. Na metodologia Manufatura Enxuta, apresenta-se aumento de produtividade, melhoria de entrega, redução do nível de inventário, desenho do fluxo de valor, redução do tempo de *set-up* e resolução dos problemas de manutenção. E na área comum, destaca-se a melhoria de qualidade e redução dos custos de fabricação.

## 7. Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento deste trabalho, algumas sugestões podem ser feitas para continuidade deste projeto.

A realização de um estudo de campo mais abrangente de modo a verificar se as conclusões realizadas nesta pesquisa são abrangentes para empresas de outras regiões do Brasil.

Identificar outras situações onde as ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta são aplicadas com sucesso e adicioná-las ao conceito proposto.

E, finalmente, aplicar o conceito proposto em organizações que utilizam as ferramentas *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, verificando assim a sua aplicabilidade e funcionalidade de tal sorte a desenvolver um MODELO de integração.

## Referência Bibliográfica

ABRAHAMSON, E. **Management fashion**, Academy of Management Review, 1996, Vol. 21, pp. 254-86.

AHLSTROM, P. **Sequences in the implementation of lean production**. European management journal, v.16, n.3, 1998. p. 327-334.

AHMED S.; HASSAN M.H.; TAHA, Z. **TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2005, Vol. 11 No. 1, pp. 19-42.

AHUJA I.P.S; KHAMBA J.S. **Total productive maintenance: literature review and directions**. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 25 No. 7, 2008 pp. 709-756.

AL-MISHARI S. T.; SULIMAN S. **Integrating Six-Sigma with other reliability improvement methods in equipment reliability and maintenance applications**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, V. 14, n. 1, 2008, p. 59-70.

ANDREW LEE-MORTIMER. **Six Sigma: a vital improvement approach when applied to the right problems, in the right environment**. Assembly Automation, V. 26, n. 1, 2006, p. 10-17.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P.A.C. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras**. Gestão e Produção, v.14, n.2, maio-ago.2007. p. 203-219.

ANTONY J.; BANUELAS R. **Key Ingredients for the Effective Implementation of Six Sigma**. *Measuring Business Excellence* 6,4 2002 pp. 20-27.

ARNHEITER E. D.; MALEYEFF J. **The integration of lean management and Six Sigma**. The TQM Magazine, Vol. 17 No. 1, 2005, pp. 5-18.

BENDELL T. **A review and comparison of six sigma and the lean organizations**. The TQM Magazine, Vol. 18 No. 3, 2006, pp. 255-262.

BONAVIA T.; MARIN J. A. **An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26 No. 5, 2006, pp. 505-531.

BRAH S.A.; CHONG W.K. **Relationship between total productive maintenance and Performance**. International Journal of Production Research, 2004, Vol. 42 No. 12, pp. 2383-401.

CAMPOS, A. C. **Transição da certificação ISSO 9000 para a QS 9000 estudo de caso em uma empresa do segmento eletro-eletrônico**. 1998. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.

CARNEVALLI, J. A. **Estudo Exploratório sobre o uso do QFD nas 500 maiores empresas no Brasil**. 2002. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.

COTRIM M. **TPM – Uma metodologia voltada à maximização do rendimento operacional global**. II FÓRUM DATASTREAM DE MANUTENÇÃO. São Paulo, 2002, **Anais**.

DIMAGGIO, P.; POWELL, W. **The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields**, American Sociological Review, 1983, Vol. 35, pp. 147-60.

**Directions**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2006, Vol. 12 No. 3, pp. 205-38.

EMILIANI M.L. **Continuous Personal Improvement**. Journal of Workplace Learning, V. 10, n. 1, 1998, p. 29-38.

EMILIANI M.L. **Standardized work for executive leadership**. Leadership & Organization Development Journal Vol. 29 No. 1, 2008 pp. 24-46.

FILHO, M. G.; FERNANDES, F. C. F. **Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras**. Gestão e Produção, v.11, n.1, jan.-abr. 2004. p. 1-19.

FORMÁGGIO, I. A. **Múltiplos estudos de caso sobre a inserção do QFD no processo de desenvolvimento de produtos**. 2003. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.

FORZA, C. **Surevey reserach in operations management: a process-based perspective**. International Journal of Operations & Production Management, Vol.22 No.2, 2002, pp. 152-194.

GAPP R.; FISHER R.; KOBAYASHI K. **Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system**. Management Decision, Vol. 46 No. 4, 2008. pp. 565-579.

GUPTA S. M.; AL-TURKI Y. A.Y.; PERRY R. F. **Flexible kanban system**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 No. 10, 1999, pp. 1065-1093.

HENDERSON K.; EVANS J. R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company** Benchmarking: An International Journal, Vol. 7 No. 4, 2000, pp. 260-281.

HOLWEG M. **The genealogy of lean production**. Journal of Operations Management 25 (2007) 420–437.

INGLE, S.; ROE, W. **Six sigma black belt implementation**. The TQM Magazine, v. 13, n. 4, p. 273-280, 2001.

IRELAND, F.; DALE, B.G. **A study of total productive maintenance implementation**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2001, Vol. 7, No. 3, pp. 183-91.

Jabbour. C.J.C. **Contribuições da gestão de recursos humanos para a evolução da gestão ambiental: survey e estudos de múltiplos casos.** 2007. 198f. Tese (Doutorado em engenharia de produção) – Universidade de São Paulo, 2007.

Jick, T.D. **Mixing Qualitative and Quantitative methods: triangulation in action.** Administrative Science Quarterly, 1979, Vol. 24, pp. 602-611.

KUTUCUOGLU K.Y.; HAMALI J.; IRANI Z.; SHARP J.M. **A framework for managing maintenance using performance measurement systems.** International Journal of Operations & Production Management, 2001, Vol. 21, pp. 173-94.

KWAK Y. H., ANBARI F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach **Technovation**, v.26, p. 708–715, 2006.

LIKER, J. K. **The Toyota way.** USA: McGraw-Hill, 2004. 330p.

LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MATTAR, F.N. **Pesquisa de marketing: edição compacta.** São Paulo: Atlas, 1996.

McADAM, R.; LAFFERTY, B. **A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change?.** International Journal of operations & production management, v.24, n.5, 2004. p. 530-549.

MCINTOSH R. CULLEY S.; GEST G.; MILEHAM T.; OWEN G.; **An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 No. 9, 1996, pp. 5-22.

MORETTIN. P.A.; BUSSAB W. O. **Estatística Básica.** 5º Ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MOTWANI J. **A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study.** Industrial Management & Data Systems; emeraldinsight; 2003.

NASLUND D. **Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods?** Business Process Management Journal, v.14, n.3, 2008. p. 268-287.

NAVE, D. **How to compare six sigma, lean and the theory of constraints.** Quality Progress, Março 2002. p.73-78.

OLIVER N.; SCHAB L.; HOLWEG M. Lean principles and premium brands: conflict or complement?. International Journal of production research, Vol. 45, n.16, 2007. p. 3723-3739.

OLIVEIRA. M.R. **Estudo e adaptação dos conceitos da TPM – manutenção produtiva total – como metodologia para integrar manutenção e produção.** 2003. 83f. Tese (Mestrado em engenharia de produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, 2003.

PARK, S. H. **Six Sigma for quality and productivity promotion**. Japan: Asian Productivity Organization, 2003. 206p.

PATEL S.; SHAW P.; DALE B.G. **Set-up time reduction and mistake proofing methods A study of application in a small company**. Business Process Management Journal, Vol. 7 No. 1, 2001, pp. 65-75.

ROTONDARO R.G.; RAMOS A. W.; RIBEIRO C. O.; MIYAKE D. I.; NAKANO D.; LAURINDO F.J.B.; HO L.L.; CARVALHO M.M.; BRAZ M.A.; BALESTRASSI P.P. **Seis Sigma – Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2008. p.150-151.

SANCHEZ, M. A.; PEREZ, M. P. **Lean indicators and manufacturing strategies**. International journal of operations & production management, v.21, n.11, 2001. p. 1433-1451.

SANGAMESHWARAN, P. e JAGANNATHAN, R. (2002). **HLL's manufacturing renaissance**. Indian Management, November, pp. 30-5.

SCHROEDER R.G.; LINDERMAN K.; LIEDTKE C.; CHOO A.S. **Six Sigma: Definition and underlying theory**. Journal of Operations Management 26 (2008) 536–554.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (2009) – Critérios de classificação de empresas – ME – EPP. Acesso em 20 / Outubro / 2009. Disponível em [WWW.sebrae.com.br](http://WWW.sebrae.com.br)

SENAPATI, S. R. **Six Sigma: myths and realities**. International Journal of Quality & Reliability Management, 2004, v. 21, n. 6, p. 683-690.

SHARMA R.K., KUMAR D.; KUMAR P. **FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2005, Vol. 11 No. 4, pp. 359-74.

SHINGO, S. **Sistema de produção com zero estoque**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996

SHIROSE, K. **TPM for workshop leaders**. English Edition, Translated by Bruce Talbot, Oregond: Productivity Press – Portland, 1992, 13-22 p.

SIEGEL, S.; CASTELLAN N.J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. New York: McGraw-Hill, 1998, pp. 126-135.

TAKAHASHI K.; NAKAMURA N. **Concurrent ordering in JIT production systems**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17 No. 3, 1997, pp. 267-290.

VANTI N. **Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração**. Ci. Inf., Brasília, v. 28, n. 3, p. 333-339, set./dez. 1999.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. **Case research in operations management.** International journal of operations & production management, v.22, n.2, 2002. p. 195-219.

WARD P.T, SHAH R. **Defining and developing measures of lean production.** Journal of Operations Management 25 (2007) 785–805.

WILTON DE O. BUSSAB; MORETTIN P. A. **Estatística Básica.** São Paulo: Editora Saraiva,2003. p.48-49.

WOMACK J.P., DANIEL T.J., DANIEL R., CARPENTER D.S., **The machine that changed the world.** New York: Rawson associates publisher,1992. p.315.

YAN H. **The optimal number of *kanbans* in a manufacturing system with general machine breakdowns and stochastic demands.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15 No. 9 1995, pp. 89-103.

## Sobre o Autor:

### FORMAÇÃO ACADÊMICA

---

**Mestre em Engenharia de Produção**, Agosto de 2007 – 2009

Universidade de Metodista de Piracicaba (Unimep)

**Especialista em Administração Industrial**, Setembro de 1999 – Setembro de 2001

Universidade de São Paulo (USP) – Fundação Carlos Alberto Vanzolini

**Formado em Tecnologia Mecânica - Modalidade Processos de Produção**, 1994 a 1997

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, (FATEC).

### ATUALIZAÇÃO PROFISSIONAL

---

Diversos cursos de aperfeiçoamento efetuados nas áreas de expertise, com destaque para:

- ✓ **JuMP - Junior Management Program:** Programa desenvolvido com o objetivo de formar jovens talentos para assumir posições gerenciais em outros países. Treinamento realizado na Alemanha, USA e China. Duração 45 dias.
- ✓ **Six Sigma** – Black Belt, ZF do Brasil - OPT Consultoria.
- ✓ **Software:** Microsoft Word, Excel, Ms-Project, Access e Auto Cad
- ✓ **Inglês:** Nível Avançado - Inglês de Negócios, 216 horas aula (dois meses), Western Town College - Toronto, Canadá. Cel-Lep Nível 12
- ✓ Torneiro Mecânico, 2610 horas - aula, SENAI Mariano Ferraz "Escolar" / Fresador Mecânico, 760 horas- aula, SENAI Mariano Ferraz "Escolar" / Fresador Ferramenteiro, 760 horas - aula, SENAI Roberto Simonsen "Escolar" / Desenhista Mecânico, 18 meses, Escola Pro-Tec / Projetista de Ferramentas de Estampagem, 12 meses, Escola Pro-Tec.

### EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

---

Experiência de 12 anos na liderança de equipes no chão de fábrica em empresas do setor automotivo.

### CONTATOS

---

Telefones:

(15) 8129-8438 - celular

(11) 4612-6549 – residencial

e-mail: [marciocabeca@yahoo.com](mailto:marciocabeca@yahoo.com)

## ANEXO 1



Prezado Sr.(a),

Estamos realizando uma pesquisa de mestrado sobre o “Uso das metodologias de Gestão *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta” realizada na Universidade metodista de Piracicaba.

Embora muitos trabalhos e livros tenham sido escritos sobre as metodologias *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta, pouco se tem dito e demonstrado a respeito de como as empresas estão aplicando essas ferramentas no seu dia a dia e na resolução dos problemas operacionais.

Nesse sentido vimos solicitar sua valiosa colaboração para o preenchimento de algumas questões, que demandará, em média 5 minutos de sua atenção.

Queremos ressaltar que se trata de uma pesquisa acadêmica, cujos resultados serão de uso restrito e confidencial. Além disso, será mantido o anonimato dos participantes e da identidade da empresa, uma vez que os dados serão tratados de forma consolidada. Também é importante salientar que os participantes terão acesso ao resultado do trabalho.

Márcio Gonçalves Cabeça  
Mestrando em Engenharia de Produção - UNIMEP

# **Pesquisa sobre o uso das Metodologias de Gestão *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta**

## **Instrumento de Coleta de Dados (Questionário)**

### **Objetivos:**

- 1) Coletar informações quantitativas e qualitativas para o desenvolvimento do projeto de pesquisa “ Análise comparativa do uso das metodologias de Gestão *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta”**
- 2) Identificar como as empresas estão utilizando as metodologias de gestão *Seis Sigma* e Manufatura Enxuta**

Para responder às perguntas do questionário deve-se considerar as seguintes instruções: (cuja simbologia é indicada no início de cada questão)

Tipo de Questão	Instruções de preenchimento
✓	Selecione apenas uma das alternativas
✓ ✓	Pode ser assinalado mais de uma opção
	Escreva a sua resposta

## 1 – Informação sobre a empresa

 - Escreva a sua resposta

### 1.1. Nome da empresa:

Responsável pelo preenchimento deste questionário:

Cargo:

Tempo na empresa: (anos)

Departamento:

Tel.: ( )

E-mail:

✓✓ - Pode ser assinalado mais de uma opção

### 1.2. Identifique o tipo de cliente da empresa .

Usuário final (pessoa física ou jurídica)

Cliente intermediário (outra empresa)

Ambos

✓✓ - Pode ser assinalada mais de uma opção.

### 1.3. Enquadrar a empresa conforme principal setor de atuação:

- Automobilístico       Borracha e plástico       Celulose, Papel e Papelão  
 Computadores       Eletrodomésticos       Eletrônico e telecomunicações  
 Indústria Extrativa       Informática e Correlatas       Máq. e Equipamentos  
 Metalúrgica Básica       Produtos Alimentícios, bebida, fumo  
 Produtos Farmacêuticos       Produtos Siderúrgicos       Consultoria  
 Outros (especificar) :

 - Escreva a sua resposta

### 1.4. Número de funcionários: aproximadamente

1.5. Faturamento anual aproximado ( US\$ ou  R\$):      Base: Ano

## 2 – Ferramentas de Gestão

✓✓ - Pode ser assinalada mais de uma opção.

### 2.1. Quais metodologias de gestão são utilizadas em sua empresa para melhoria dos processos organizacionais bem como os seus indicadores?

- Manufatura Enxuta  
 *Seis Sigma*  
 TPM (Total Productive Maintenance)  
 TQM (Total Quality Management)  
 BPM (Business Process Management)  
 Outros (especificar):  
 Nenhuma das alternativas

✓✓ - Pode ser assinalada mais de uma opção.

**2.2. Caso você não tenha assinalado a utilização da Manufatura Enxuta como metodologia utilizada em sua empresa, favor indicar os motivos da não utilização. Caso a sua empresa já utilize esta metodologia, desconsiderar esta questão e ir para questão 2.3.**

- A empresa não conhece a metodologia.
- A metodologia não é adequada para a cultura da empresa.
- A metodologia não é de interesse da empresa no momento.
- A metodologia demanda muito tempo para aplicação.
- Os custos de implementação são altos.
- O tempo de retorno das vantagens da aplicação é muito longo.
- A empresa desenvolveu uma maneira própria para atender as necessidades dos clientes.
- A empresa não utiliza a metodologia atualmente, porém existem planos para implantá-la no futuro próximo (1 ano).
- Outros motivos:

**✓✓ - Pode ser assinalada mais de uma opção.**

**2.3. Caso você não tenha assinalado a utilização da *Seis Sigma* como metodologia utilizada em sua empresa, favor indicar os motivos da não utilização. Caso a sua empresa já utilize esta metodologia, desconsiderar esta questão e ir para questão 2.4.**

- A empresa não conhece a metodologia.
- A metodologia não é adequada para a cultura da empresa.
- A metodologia não é de interesse da empresa no momento.
- A metodologia demanda muito tempo para aplicação.
- Os custos de implementação são altos.
- O tempo de retorno das vantagens da aplicação é muito longo.
- A empresa desenvolveu uma maneira própria para atender as necessidades dos clientes.
- A empresa não utiliza a metodologia atualmente, porém existem planos para implantá-la no futuro próximo (1 ano).
- Outros motivos:

✓ - Selecione apenas uma das alternativas

**2.4. Favor indicar a principal estratégia utilizada em sua empresa na resolução dos seguintes problemas operacionais:**

**a) Aumento da produtividade em uma linha de montagem**

- Seis Sigma*       *Kanban*       *5S's*       *Poka-Yoke*  
 *TPM*       *Kaizen*       *SMED*       *TQM*  
 Mapeamento do fluxo de valor       Trabalho Padronizado  
 *5W2H*       Não sei       Outros (especificar):

**b) Redução da taxa de refugo em um equipamento específico:**

- Seis Sigma*       *Kanban*       *5S's*       *Poka-Yoke*  
 *TPM*       *Kaizen*       *SMED*       *TQM*  
 Mapeamento do fluxo de valor       Trabalho Padronizado  
 *5W2H*       Não sei       Outros (especificar):

**c) Melhoria do índice de entrega:**

- Seis Sigma*       *Kanban*       *5S's*       *Poka-Yoke*  
 *TPM*       *Kaizen*       *SMED*       *TQM*  
 Mapeamento do fluxo de valor       Trabalho Padronizado  
 *5W2H*       Não sei       Outros (especificar):

**d) Redução do nível de inventário:**

- Seis Sigma*       *Kanban*       *5S's*       *Poka-Yoke*

- TPM*                       *Kaizen*                       *SMED*                       *TQM*  
 Mapeamento do fluxo de valor                       Trabalho Padronizado  
 *5W2H*                       Não sei                       Outros (especificar):

✓ - **Selecione apenas uma das alternativas**

**2.5. Favor assinalar o grau de concordância para cada afirmação proposta a seguir onde:**

- **1 equivale a “discordo totalmente”**
- **2 equivale a “discordo parcialmente”**
- **3 equivale a “ neutro”**
- **4 equivale a “concordo parcialmente”**
- **5 equivale a “concordo totalmente”**

Questões	Opções de Escolha
Uma determinada empresa vêm apresentando uma alta taxa de refugo, 15% do que é produzido em seu processo produtivo. Para resolver esta situação e diminuir a taxa de refugo o Seis Sigma é a melhor metodologia a ser aplicada.	Escolha a sua resposta
Para um determinado produto o índice de rejeição na inspeção final antes do envio para o cliente é de 21,7%. A metodologia mais apropriada para identificar as causas raízes e tomada de ação para eliminação das mesmas seria a Manufatura Enxuta.	Escolha a sua resposta
Para determinar a melhor sequência de produção em que uma peça é produzida numa célula de manufatura a melhor ferramenta a ser utilizada é o <i>Seis Sigma</i> .	Escolha a sua resposta
Situações onde exista variações na produtividade dos equipamentos, a melhor metodologia a ser utilizada para eliminar esta variação seria o <i>Seis Sigma</i> .	Escolha a sua resposta
No desenho do fluxo de valor e identificação de atividades que não agregam valor, a metodologia a ser utilizada seria a Manufatura Enxuta.	Escolha a sua resposta
Após a identificação da necessidade de redução nos tempos de set-up, a metodologia mais apropriada a ser adotada seria o <i>Seis Sigma</i> .	Escolha a sua resposta
Uma vez identificada a necessidade de redução do nível de inventário (valor e quantidade) a melhor ferramenta a ser utilizada é o Kanban.	Escolha a sua resposta

Para uma empresa onde os seus custos de fabricação devam ser reduzidos, a metodologia mais apropriada a ser adotada é a Manufatura Enxuta.	Escolha a sua resposta
O TPM é a melhor escolha na resolução de problemas de manutenção.	Escolha a sua resposta

### 3 - Estrutura

✓ - Selecione apenas uma das alternativas

**3.1. Caso a empresa utilize uma das metodologias ou ambas (*Manufatura Enxuta* e *Seis Sigma*) favor assinalar a melhor alternativa que se aplica a sua empresa.**

A estrutura organizacional para a Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* são compartilhadas para ambas as metodologias.

A estrutura organizacional para a Manufatura Enxuta e *Seis Sigma* não são compartilhadas.

✓ - Selecione apenas uma das alternativas

**3.2. Em sua opinião qual é o nível de integração (suporte) dos multiplicadores dos conceitos de Manufatura Enxuta para o chão de fábrica?**

**Caso a empresa não utilize a metodologia, favos assinalar NA.**

100%     80%     60%     40%     20%     0%

NA

**3.3. Em sua opinião qual é o nível de integração (suporte) dos multiplicadores dos conceitos do *Seis Sigma* para o chão de fábrica?**

**Caso a empresa não utilize a metodologia, favos assinalar NA.**

100%     80%     60%     40%     20%     0%

NA

## 4 – Avaliação Pessoal

### - Escreva a sua resposta

4.1. Se você tivesse que distribuir 100 pontos percentuais para os itens abaixo conforme o grau de importância na implantação das ferramentas de gestão Seis Sigma e Manufatura Enxuta, como você os distribuiria?  
(lembre-se que a somatória tem que dar 100 pontos)

Ter apoio da alta gerência

Escolher bem os membros dos times do Seis Sigma e Manufatura Enxuta

Proporcionar treinamento adequado para equipe

Envolver todos os níveis da empresa

Divulgar os resultados obtidos

Evitar conflitos dentro da equipe

Tornar a implantação destas ferramentas como prioridade número 1 da organização.

Padronizar todas as ferramentas

Ter um guia de aplicação das ferramentas em função do problema a ser solucionado

Ter multiplicadores dentro das várias áreas da empresa

100 Somatória do total dos pontos dos itens acima

### - Escreva a sua resposta

**4.2. Comentários Finais (livre – Favor usar o espaço abaixo e se necessário o verso da folha):**