

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA  
EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

FRANCISCO OLIVEIRA BRITO

MANAUS  
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FRANCISCO OLIVEIRA BRITO

A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA  
EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Dacol

MANAUS  
2008

Ficha catalográfica preparada pelo bibliotecário Flaviano Lima de Queiroz  
CRB 255/11<sup>a</sup>

B862m Brito, Francisco Oliveira  
A manufatura enxuta e a metodologia seis sigma em uma indústria de alimento / Francisco Oliveira Brito.- Manaus : UFAM / Faculdade de Tecnologia, 2008.  
186 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Silvana Dacol

Dissertação (Mestrado) – UFAM / Faculdade de Tecnologia / PPGEP, 2008.

1. Manufatura 2. Administração da produção 3. Produtividade  
4. Eficiência operacional I. Dacol, Silvana  
II. Título

CDU 658.5(043.3)  
CDD 658

FRANCISCO OLIVEIRA BRITO

A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA  
EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira- Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

---

Profa. Dr<sup>a</sup>. Ocicleide da Silva Custódio  
Universidade Estadual do Amazonas

---

Prof. Dr. Antônio Marcos de Oliveira Siqueira  
Universidade Federal do Amazonas

MANAUS  
2008

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente a Deus, pela oportunidade a mim dada de ouvir, enxergar, sentir, amar, pensar, enfim, viver o livre arbítrio.*

*A minha mãe, pela grande herança a mim deixada: minha educação e caráter.*

*A minha amiga Stefania Silva que foi fundamental na gênese desse trabalho, me apoiando e auxiliando com informações e materiais para a realização deste trabalho.*

*A Professora Silvana Dacol, pela visão e apoio na concretização deste sonho. Sua paciência e experiência na condução deste trabalho foram fundamentais para sua conclusão.*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, pelo profissionalismo dispensado dando a oportunidade de troca de experiências com professores gabaritados.*

## EPÍGRAFE

*“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado”.*

Albert Einstein

## RESUMO

Com o processo de globalização em curso, o mercado mundial para as indústrias de alimentos, em especial as de bebidas não alcoólicas se tornou ainda mais competitivo, exigindo a redução de custos e melhores níveis de produtividade e qualidade. Com o foco na competitividade uma empresa do setor de bebidas do Pólo Industrial de Manaus - PIM vem desenvolvendo ferramentas de gestão que integram a manufatura com a qualidade dos processos. Neste sentido, este estudo analisa a implementação da filosofia da Manufatura Enxuta com a metodologia Seis Sigma em uma empresa de grande porte do setor de bebidas não alcoólicas, visando o aumento da eficiência operacional de seus processos produtivos. Através de levantamento bibliográfico dos conceitos, métodos, procedimentos das ferramentas da qualidade, Manufatura Enxuta, Seis Sigma e avaliação de indicadores do processo antes e após a implementação numa empresa do setor de alimento é proposto um roteiro de aplicação da integração das mesmas. As metodologias utilizadas do Seis Sigma foram *DMAIC* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), e da Manufatura Enxuta *SMED* (*Single Minute Exchange Die*), *VSM* (Mapeamento do Fluxo de Valor), *Kaizen*, *Just-in-Time* e *Kanban*. Após a implementação das etapas da filosofia da Manufatura Enxuta e da metodologia Seis Sigma os resultados mostram uma redução de 73% do setup da máquina enchedora de partes sólidas para empresa em estudo, passando de um OEE 40% para 64%. Finalmente, a pesquisa revela que a aplicação da filosofia enxuta aliada a metodologia Seis Sigma reduzem desperdícios e defeitos de processo, refletindo em melhorias e aumentando a produtividade e conseqüentemente o ganhos financeiros.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Seis Sigma, eficiência operacional.

## **ABSTRACT**

The globalization process is demanding the food industry, especially non-alcoholic beverages, to become more competitive requiring reduction in cost and higher levels of productivity and quality. With the focus on competitiveness, an industry in Polo Industrial de Manaus - PIM has been developing management tools that integrate manufacturing and quality processes. This study examines the implementation of lean manufacturing philosophy and Six Sigma methodology in a non-alcoholic beverage company, aiming to increase the operational efficiency of its production processes. Based on bibliographical survey of the concepts, methods, procedures, quality tools, lean manufacturing, six sigma and assessment of process indicators (such as OEE – Overall Equipment Efficiency) before and after implementation, is a proposed a roadmap for implementing the integration of the mentioned methodologies. The tools used in this study are: Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control); Lean SMED (Single Minute Exchange Die); VSM (Value Stream Map); Kaizen; Just-in-Time and Kanban. After implementation all the steps of lean manufacturing philosophy and Six Sigma methodology, the results have showed a reduction of 73% in setup time for filler machine improving from 40 % to 64 % OEE. Finally, the poll shows that the application of Lean Philosophy with Six Sigma Methodology reduces waste and defects in the process, reflecting in productivity increase and financial profit.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Six Sigma, Operational efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de Histograma .....	25
Figura 2 - Diagrama de Ishikawa para consumo elevado de energia. ....	26
Figura 3 -Gráfico de Pareto para não conformidades.....	28
Figura 4 - Gráficos estratificados de Venda Realizada versus Venda não Realizadas.....	28
Figura 5 - Modelo de um gráfico de controle.....	29
Figura 6 - Exemplos de gráficos de correlação .....	30
Figura 7 - Gráfico de Tendência.....	32
Figura 8 - Representação Esquemática de um Diagrama de Afinidades.....	33
Figura 9 - Modelo de um diagrama de inter-relacionamento .....	33
Figura 10 - Modelo de diagrama de árvore .....	34
Figura 11 - Representação esquemática de um diagrama de Rede de Atividades. ....	35
Figura 12 - Modelo de uma matriz de priorização .....	36
Figura 13 - Modelo de um gráfico de Gantt .....	37
Figura 14 - Modelo de Diagrama de Serpentes e Escadas .....	37
Figura 15 - Curva em forma de sino segmentada.....	40
Figura 16 - Diagrama de Kano .....	48
Figura 17 - Modelo esquemático de um fluxograma de processo.....	48
Figura 18 - Diagrama SIPOC .....	50
Figura 19 - DMAIC .....	51
Figura 20 - Etapas de atividades na fase definir.....	51
Figura 21 - Sistema empurrado .....	68
Figura 22 - Sistema Puxado.....	69
Figura 23 - Distribuição gráfica do lead time x tempo de agregação de valor.....	73
Figura 24 - Fluxo do mapeamento de valor.....	74
Figura 25 - Etapas do mapeamento de valor .....	76
Figura 26 - Ícones do mapeamento do fluxo de valor.....	77
Figura 27 – Modelo do Mapa do Fluxo de Valor.....	78
Figura 28 - Exemplo de Jidoka na linha de montagem .....	83
Figura 29 - Etapas do sistema SMED.....	89
Figura 30 - Inovação e Kaizen.....	91
Figura 31 - Ciclo do PDCA .....	91
Figura 32 - Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processo .....	92
Figura 33 - Exemplo de <i>takt time</i> e seu cálculo.....	98
Figura 34 - Modelos de gerenciamento visual .....	99
Figura 35 - Produção desnivelada .....	102
Figura 36 - Produção Nivelada.....	102
Figura 37 - Evolução da manutenção no Japão .....	104
Figura 38 - Integração do Lean com Seis Sigma.....	109
Figura 39 - Utilização do Seis Sigma versus <i>Lean</i> .....	111
Figura 40 - Radar da situação da empresa em relação a Manufatura Enxuta.....	125
Figura 41 - Árvore decisória.....	126
Figura 42 - Eficiência Global da Klockner.....	127
Figura 43 - Diagrama de serpente para desdobramento de enchimento de partes sólidas .....	128
Figura 44 -Taxa de defeito em serviços da Klockner.....	128
Figura 45 - Horas-extras de janeiro a outubro de 2005 na sala de enchimento Klockner.....	129
Figura 46 - Paradas de linha de janeiro a outubro de 2005 na sala de enchimento.....	129
Figura 47 - Planejamento do projeto de aumento da eficiência da Klockner.....	130
Figura 48 - Fluxograma do processo com indicação dos pontos de coletas de dados.....	131

Figura 49 – Estratificação das paradas de linhas da Klockner de jan a out de 2005 .....	133
Figura 50 - Gráfico das causas de Paradas da Klockner .....	134
Figura 51 - Tempo de ciclo por atividade e Setup.....	134
Figura 52 - Diagrama de espaguete da sala de produção de partes sólidas .....	136
Figura 53 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na enchedora .....	137
Figura 54 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na esteira .....	140
Figura 55 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na montadora de caixas .....	141
Figura 56 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na seladora de sacos.....	143
Figura 57 - Conjunto do Regusetter .....	144
Figura 58 - SMED para os processos da Klockner na segunda-feira .....	146
Figura 59 - Avaliação do setup nas segundas-feiras na Klockner .....	147
Figura 60 - Melhorias e indicadores Lean da Klocner .....	147
Figura 61- Matriz de seleção de soluções para parada nas enchedoras.....	148
Figura 62 - Matriz de seleção de soluções para parada das esteiras.....	149
Figura 63 - Matriz de seleção de soluções para parada na seladora de sacos.....	150
Figura 64 - Modelo dos cartões de kanban na empresa Gama S.A .....	151
Figura 65 - Detalhe de um VSM da Gama S.A .....	153
Figura 66 - OEE da Sala de Parte Sólida.....	154
Figura 67 - OEE da Klockner .....	155
Figura 68 - Quebras da máquina Klockner 2005/2006 .....	155
Figura 69 - Paradas de linhas e Setups Klocker 2005/2006 .....	156
Figura 70 - Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) .....	156
Figura 71 - Tempo Médio Para Reparo (MTTR) .....	157
Figura 72 – Radar da situação da Gama S.A. em relação a Manufatura Enxuta em 2007.....	158
Figura 73 - Novas Instruções de trabalho .....	159
Figura 74 - PMCS da Klockner .....	160
Figura 75 - Status da Implementação da Excelência Operacional na Gama S.A.....	161
Figura 76 - Estrutura da Equipe Seis Sigma.....	162

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição da Qualidade .....	20
Quadro 2 - Exemplo de uma folha de verificação .....	26
Quadro 3 - Exemplo de um diagrama de matriz.....	35
Quadro 4 - Símbolos comumente usados em fluxogramas .....	49
Quadro 5 - Produção em massa x produção enxuta.....	65
Quadro 6 - Funções do Kanban x Regras para utilização .....	97
Quadro 7 - Eficiência global do Equipamento .....	107
Quadro 8 - Principais indicadores da Gama S.A .....	121
Quadro 9 - Função do grupo da Manufatura Enxuta .....	122
Quadro 10 - Indicadores da sala de parte sólida para Klockner .....	132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Três indicadores usados no Seis Sigma.....	41
Tabela 2 - Conversão de capacidade do processo e sigma .....	62
Tabela 3 - Treinamentos nas ferramentas e quantidade de pessoas treinadas .....	124
Tabela 6 - Cálculo MTBF e MTTR.....	135
Tabela 7 - Proposta de melhoria do MTBF e MTTR .....	135
Tabela 8 - Validação das causas-raiz para enchedora .....	139
Tabela 9 - Validação das causas-raiz para enchedora .....	141
Tabela 10 - Validação das causas-raiz para parada de linha na montadora de caixa .....	142
Tabela 11 - Validação das causas-raiz para parada na seladora de sacos.....	144
Tabela 12 - Cálculo do tempo takt para a família de guaraná .....	145
Tabela 13 - Eventos Kaizen na Gama S.A .....	152
Tabela 14 - Resultado das ações implementadas.....	157

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Controle Estatístico de Processo
CpK	Índice de capacidade comparado a uma constante k.
CQT	Controle da Qualidade total
DFSS	Design for Six Sigma
DMADV	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades
DPO	Defeitos por oportunidade
DPU	Defeitos por unidade
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
GQT	Gestão de Qualidade Total
h	Horas
JIT	Just-in-time
LIE	Limite Inferior Especificado
LSE	Limite Superior Especificado
MO	Mão de Obra
MP	Matéria Prima
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Repair
OEE	Overall efficiency equipment
PAE	Projeto e Análise de Experimento
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PDR	Taxa de Defeito de Produto
PIM	Pólo Industrial de Manaus
PMCS	Sistema de Controle e Gerenciamento de Processo
S	Desvio padrão da amostra
SDR	Taxa de Defeito de Serviço
SGI	Sistema de Gestão Integrada
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
SMED	Single Minute Exchange Die
STP	Sistema Toyota de Produção

TDS	Taxa de Defeito de Serviço
TQM	Total Quality Management
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
VOC	Voice Of Client
VSM	Mapeamento do Fluxo de Valor ( <i>Value Stream Mapping</i> )
WIP	Work In Process

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA .....	14
1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
2 MANUFATURA ENXUTA .....	17
2.1 Qualidade.....	18
2.2 Princípios da Qualidade.....	21
2.3 Sete “doenças” para não alcançar a Qualidade.....	23
2.4 Ferramentas da Qualidade .....	24
2.4.1 Histograma .....	24
2.4.2 Diagrama de causa-efeito .....	25
2.4.3 Folha de verificação.....	26
2.4.4 Diagrama de Pareto .....	27
2.4.5 Estratificação .....	28
2.4.6 Gráficos de Controle (ou Carta de Controle).....	29
2.4.7 Diagramas de dispersão (ou Diagrama de Correlação) .....	30
2.4.8 Brainstorming .....	31
2.4.9 Gráfico de Tendência.....	31
2.5 Ferramentas de Planejamento da Qualidade.....	32
2.5.1 Diagrama de afinidades .....	32
2.5.2 Diagrama de Inter-Relacionamento.....	33
2.5.3 Diagrama de Árvore .....	34
2.5.4 Diagrama de Matrizes.....	34
2.5.5 Diagrama de rede de atividades.....	35
2.5.6 Matriz de Prioridades.....	35
2.6 Introdução ao Seis Sigma .....	38
2.7 A Estratégia do Seis Sigma .....	42
2.8 Estrutura do Seis Sigma.....	43
2.8.1 O Patrocinador ou Campeão da Equipe.....	43
2.8.2 Consultor da Equipe (Master Black Belt ou Mestre Faixa preta).....	44
2.8.3 Líder da Equipe (Black Belt ou Faixa-Preta) .....	44
2.8.4 Green Belt ou Faixa-verde.....	44
2.8.5 Membros da Equipe.....	45
2.9 Principais Ferramentas utilizadas na Metodologia Seis Sigma .....	45
2.9.1 Projeto e Análise de Experimento (PAE).....	46
2.9.2 Análise de Variância.....	46
2.9.3 Voz do Cliente (VOC).....	47
2.9.4 Mapeamento do Processo ou Fluxograma do Processo .....	48
2.9.5 Diagrama de SIPOC .....	49
2.10 DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) .....	50
2.10.1 Definir.....	51
2.10.2 Medir .....	52
2.10.3 Analisar.....	54

2.10.4 Melhorar .....	54
2.10.5 Controlar.....	55
2.11 DMADV (Definir, Medir, Analisar, Projetar (Desing) e Validar) .....	56
2.11.1 Definir.....	56
2.11.2 Medir .....	57
2.11.3 Analisar.....	58
2.11.4 Projetar (Design) .....	58
2.11.5 Validar .....	59
2.12 Cálculo do Sigma .....	59
2.13 Mudanças no modo de produzir: Produção em Massa (empurrada) versus Produção Enxuta (puxada).....	63
2.13.1 Sistema Puxado com Supermercado.....	66
2.13.2 Sistema Puxado Seqüencial .....	67
2.13.3 Sistema Puxado Misto Seqüencial e com Supermercado .....	67
2.14 “Pensamento” Enxuto.....	69
2.15 O Conceito de Valor .....	71
2.15.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM).....	73
2.16 Os Desperdícios Clássicos dos Processos Produtivos .....	78
2.17 Jidoka.....	81
2.18 Poka-Yoke .....	83
2.19 Just-in-Time.....	85
2.20 Troca Rápida (SMED).....	88
2.21 <i>Kaizen</i> /Trabalho Padronizado .....	90
2.22 – 5S A base para a Qualidade Total .....	92
2.23 Kanban.....	94
2.24 Tempo Takt ( <i>Takt Time</i> ).....	97
2.25 Gerenciamento Visual / Andon .....	99
2.26 <i>Heijunka</i> (Nivelamento da produção) .....	100
2.26.1 Produção e programação nivelada:.....	100
2.27 Manutenção Produtiva Total (TPM) .....	103
2.28 Overall Equipment Efficiency (OEE).....	105
2.29 <i>Lean</i> - Seis Sigma.....	108
2.30 Teoria das Restrições (TOC – Theory of Constraints) .....	112
<b>3 A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA EM UMA</b>	
<b>INDÚSTRIA DE ALIMENTOS .....</b>	<b>114</b>
3.1 Perguntas da Pesquisa.....	114
3.2 Delineamento da Pesquisa e caracterização .....	115
3.3 Procedimentos de Coleta e Análise dos Dados .....	118
3.4 A Empresa .....	119
3.5 O Sistema de Manufatura Enxuta e a Metodologia Seis Sigma na Gama S.A.....	120
3.6 Formação da Equipe de implementação da Manufatura Enxuta .....	121
3.7 Avaliação preliminar da Gama S.A. ....	124
3.8 Implementação da Manufatura Enxuta e Seis Sigma na linha de produção de partes sólidas. ....	126
3.8.1 Etapa Definir.....	127
3.8.2 Etapa Medir .....	131
3.8.2.1 Cálculo da Eficiência Global do Equipamento (OEE) .....	133
3.8.2.2 Cálculo do MTBF e MTTR .....	135
3.8.2.3 Mapeamento do estado atual .....	135

3.8.3 Etapa Analisar.....	137
3.8.4 Etapa Melhorar .....	148
3.8.4.1 Avaliação dos Resultados .....	153
3.8.5 Etapa Controlar.....	158
3.9 Fechamento do Projeto .....	161
3.10 Roteiro para implementação da metodologia Seis Sigma e a Manufatura Enxuta....	162
4.0 CONCLUSÃO.....	166
REFERÊNCIAS .....	168
ANEXOS.....	175

## INTRODUÇÃO

O novo ambiente de competitividade do mundo moderno, promovido pela globalização, crescimento e evolução da economia, impõe que as empresas, em qualquer parte do mundo, busquem uma melhoria contínua e um aperfeiçoamento de seus produtos, processos e principalmente a eliminação dos desperdícios.

O aumento da complexidade nas cadeias de abastecimento faz com que as empresas industriais se vejam obrigadas a rever a forma como operacionalizam as estratégias no sentido de não comprometer a geração de valor para os seus acionistas.

As áreas prioritárias passam pela melhoria da eficiência dos processos associados à inovação, qualidade, flexibilidade de produção, logística e serviço a clientes.

Para Eckes (2001) as ineficiências não podem mais ser repassadas ao cliente, pois, agora ele possui opções de oferta, proporcionada pela queda da barreira alfandegária e a conseqüente abertura de mercados. Assim a implantação de novos e eficientes sistemas de gestão, tanto no segmento industrial como no de serviços, quer para pequenas, médias ou grandes organizações, é uma necessidade imposta pelo mercado. Enfim, o novo paradigma mercadológico é a revisão do conceito que sugeria: preço igual ao custo mais lucro, para lucro igual ao preço menos custos, sendo o preço um valor definido pelo cliente.

Segundo Deming (2003) os sistemas de planejamento e controle da produção e de materiais foram sempre áreas de aperfeiçoamento nas indústrias. As empresas esperam sempre ter melhores previsões, sistemas de planejamento, flexibilidade quanto às solicitações inesperadas dos clientes, respostas aos pedidos dos clientes, maior utilização da capacidade e uma série de outros aspectos que lhes promova melhorias competitivas e menores níveis de inventário e tempo de entrega.

Na década de 80 Deming alertava para uma nova era econômica inaugurada no Japão que ameaçava o sistema de administração americano, enfatizando a necessidade de rever as regulamentações do governo com objetivos protecionista, pois elas mais prejudicavam do que promoviam o bem estar social. Elas protegiam e às vezes até estimulavam a aceitação dos erros, defeitos, insumos inadequados, profissionais sem capacitação com medo de questionar, manuseios inadequados de material, métodos de treinamento inadequados e antiquados, supervisão ineficaz, administradores descomprometidos com a empresa, e tantos outros problemas vivenciados pela sociedade. Desde aproximadamente 1968 o poder da

concorrência externa não podia ser mais ignorado, e o Japão já despontava com grandes saltos de produtividade (DEMING, 2003).

O cenário econômico atual continua aderente à abordagem anterior, com a agravante da existência de uma maior quantidade de empresas e países envolvidos na concorrência global, para a melhoria da competitividade, Ballestero (2001) sugere que os sistemas de planejamento e controle da produção e materiais, pela sua magnitude em relação à quantidade de recursos envolvidos, tornam-se facilmente, sob a perspectiva de Pareto, uma prioridade justificada de melhoria contínua e redução máxima dos desperdícios.

Na busca de redução dos desperdícios, programas da qualidade, tais como o TQM (*Total Quality Management*), Seis Sigma e Manufatura Enxuta tornaram-se bastante conhecidos e utilizados pelas empresas para aumentar sua competitividade e se manterem no mercado.

Quando se trata de eliminação de desperdícios, pode-se lançar mão de uma filosofia bastante específica para este caso, que é o *Lean Thinking*, Mentalidade Enxuta, denominação cunhada no ocidente por James P. Womak, durante uma pesquisa mundial cujo objetivo principal era delinear o sistema de produção que surgira no Japão, na empresa automobilística *Toyota Motor Corporation*, e autodenominado Sistema Toyota de Produção, STP, que foi divulgado no ocidente também como JIT (*Just-in-time*). Spear (2004), citando a Toyota como a empresa de maior lucro e maior valor de mercado em seu segmento no ano de 2003, atesta a importância das ferramentas, táticas e princípios operacionais que a alçaram para esta posição.

O tema central deste estudo é apresentar o processo e a metodologia prática da implantação de um programa de Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*), unindo-o aos programas de qualidades existentes e Seis Sigmas, usado por uma fabricante de concentrados para bebidas não alcoólicas no Pólo Industrial de Manaus (PIM), com uma grande diversidade de produtos e de insumos. A opção estratégica da empresa pela metodologia enxuta, é motivada pela confiança creditada ao conjunto de ferramentas (*Lean Business System*) que a compõe, como forma de melhoria da competitividade.

Este trabalho também aborda os fundamentos desta técnica que, por várias décadas, vem sendo aplicada em empresas de todo o mundo, demonstrando seu relacionamento com a forma de gestão da produção em massa.

A empresa *Gama S.A* fabrica atualmente um *mix* de produtos com características diferentes, quanto a composição química e também a frequências nos pedidos, o que provoca uma relativa rotatividade de sistemas de produção em suas linhas.

Por estes fatores, a empresa **Gama S.A** trabalha, sob o sistema produzir por pedido e produzir para estocar. Estas formas de produção, sem a aplicação de uma técnica adequada de gestão e controle de produção, têm trazido incômodos e desperdícios de materiais, através de uma falta de otimização na utilização dos seus recursos, e de tempos de produção, causando longos tempos de preparação de equipamentos e máquinas (*set ups*).

Neste contexto surgiu a indagação: Qual a melhor solução para se reduzir os desperdícios de materiais e de tempos de produção e, com isso, atingir ganhos de produtividades, que tornaria a empresa ainda mais competitiva no mercado de fabricantes de bebidas não alcoólicas? Como se dá o processo de implementação da Manufatura Enxuta e metodologia Seis Sigma em uma empresa de produção baseada na reposição de estoque e que algumas vezes atua como produção sob encomenda de concentrado para bases de bebidas?

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar a implementação da filosofia da Manufatura Enxuta, Lean Six Sigma, em uma empresa de grande porte do setor de bebidas não alcoólica, visando o aumento da eficiência operacional de seus processos produtivos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar as principais ferramentas de gestão de produção, Seis Sigma e de qualidade utilizadas na filosofia *Lean Manufacturing*;
- Descrever a metodologia de implementação da filosofia Manufatura Enxuta através de estudo de caso na Gama S.A.
- Apresentar a situação da empresa antes da implementação e como se deu o processo de implementação;
- Analisar os resultados obtidos nos processos produtivos e suas contribuições para o aumento da eficiência operacional;
- Apresentar um roteiro de implementação (com indicadores de qualidade e produtividade) da filosofia lean six sigma focados nos objetivos estratégicos.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Desde 2001 têm sido realizadas melhorias nas linhas de produção da Gama S.A uma empresa do setor de bebidas não alcoólicas, obtendo-se assim uma redução substancial das paradas de linha em virtude de problemas de manutenção. Todavia, ainda há muita oportunidade de melhoria no que diz respeito ao aumento da eficiência das linhas de produção e a adoção da Filosofia Manufatura Enxuta poderá contribuir para que a empresa possa alcançar o nível de excelência operacional almejado eliminando os seus “gargalos”.

A Manufatura Enxuta tem levado a resultados surpreendentes, em termos de custo e qualidade, na indústria automobilística, como afirma Womack, *et al*, (1992) em pesquisa das indústrias japonesa.

O aumento da eficiência operacional a ser atingido através da implementação da filosofia Manufatura Enxuta junto com a metodologia Seis Sigma na Gama S.A visa a obtenção de aumento da produtividade, redução de paradas de linhas, redução do custo dos produtos manufaturados e a criação de um ambiente organizacional onde todos os recursos disponíveis sejam otimizados reduzindo-se assim os desperdícios e variações de processos.

Além disso, os fatores listados abaixo também reforçaram a necessidade da implementação da Manufatura Enxuta e da metodologia Seis Sigma na empresa:

- os clientes estão cada vez mais exigentes;
- maior concorrência atualmente no mercado;
- lançamento de muitos novos produtos;
- a necessidade de trabalhar alinhados com os parceiros;
- a necessidade de pró-atividade e velocidade;
- o Seis Sigma é uma metodologia comprovada que produz ótimos resultados;
- o gerenciamento através dos Seis Sigmas leva à “perfeita” execução da estratégia;
- a necessidade de eliminação dos desperdícios nos processos operacionais.

O estudo da utilização da filosofia Manufatura Enxuta junto com a metodologia Seis Sigma para aumento da eficiência operacional tem importância tanto do ponto de vista empresarial quanto pelo acadêmico.

Sob o enfoque acadêmico, o desenvolvimento de estudos relacionados à aplicação da Manufatura Enxuta junto com a metodologia Seis Sigma, tem de um modo geral grande influência sobre a produção científica não somente pelo conteúdo do campo teórico e prático, como também pelo interesse que o assunto tem suscitado. Também do ponto de vista

acadêmico este trabalho servirá de apoio para pesquisas em empresas do setor de alimento, por que segundo Godinho Filho;Fernandes (2004) os principais trabalhos sobre Manufatura Enxuta estão distribuídos nas indústrias automobilística, onde ela foi desenvolvida, nas aeroespaciais, elevadores e poucos trabalhos em outros ramos, incluindo indústria de alimentos.

Sob o aspecto empresarial, a implementação dessa filosofia poderá trazer benefícios de médio e longo prazo tornando as empresas mais competitivas no mercado em que atuam devido a melhoria da eficiência operacional alcançada.

Em busca da solução desse problema, a empresa vislumbrou na Filosofia da Manufatura Enxuta e nas ferramentas do Seis Sigma, *Lean-Six Sigma*, uma oportunidade de solucionar esse problema, e para isso implementou-as utilizando as ferramentas da Manufatura Enxuta e ferramentas DMAIC do Seis Sigma, cujos fundamentos são apresentados de forma detalhada no capítulo de fundamentação teórica.

### **1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

A importância de determinar o âmbito da pesquisa e estabelecer os contornos do estudo decorre do fato de que nunca será possível explorar todos os ângulos do fenômeno. A seleção de aspectos mais relevantes e a determinação do recorte são, pois cruciais para atingir os propósitos do estudo e chegar a uma compreensão mais completa sobre a situação estudada (MARTINS;LINTZ, 2000).

Assim, o presente trabalho limita-se ao estudo da aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta e da metodologia Seis Sigma para aumentar a eficiência e produtividade da empresa Gama S.A, que é uma empresa do setor de bebidas localizada no Pólo Industrial de Manaus.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O capítulo inicial, apresenta uma introdução, onde constam os objetivos do trabalho, sua importância sob diversos enfoques, suas delimitações e estrutura.

No capítulo 2 segue-se com uma revisão bibliográfica, com a qual busca-se resgatar os conceitos relativos à qualidade, Seis Sigma, filosofia da Manufatura Enxuta, o lean – Seis Sigma e a teoria das restrições. Descreve também as principais ferramentas da qualidade, Manufatura Enxuta e Seis Sigma como elementos sustentadores da aplicação dos princípios

do lean-Seis Sigma. Constitui-se, desta forma, o referencial teórico necessário para o desenvolvimento desta dissertação.

No capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para realização deste estudo e é apresentado o caso da implantação da Manufatura Enxuta e utilização da metodologia Seis Sigma, bem como Lean - Seis Sigma, em uma empresa do ramo de bebidas. São apresentados os resultados obtidos após a implantação do novo sistema, descrevendo os principais indicadores de desempenho adotados pela empresa.

Finalmente, no capítulo 4 é apresentada a conclusão do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 MANUFATURA ENXUTA

Neste capítulo é apresentada uma revisão literária das cinco principais teorias que sustentam este estudo, que são: Qualidade, Manufatura Enxuta, Seis Sigma, Lean Seis Sigma e Teoria das Restrições.

Just-in-time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo pode chegar ao estoque zero. Para produzir usando o Just-in-time de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem (OHNO, 1997).

O conceito de *Just-in-time* está relacionado com a identificação e eliminação dos desperdícios. Considerando-se que todo tipo de estoque, mesmo que necessário, acarreta algum tipo de desperdício, o aspecto de maior destaque na empresa, consiste na redução destes em volumes próximos do inexistente (OHNO, 1997).

Por este motivo, o *Just-in-time* em muitos casos passou a ser sinônimo de “estoque zero”, mas um conceito que precisa ficar claro é que o *Just-in-time* não tem como consequência o estoque zero, e sim a eliminação dos desperdícios, que só será possível com a implantação de um ambiente de Qualidade Total. Paladini (1997) comenta que já são muitos os relatos, que podem confirmar os benefícios obtidos pelas empresas que adotaram programas da qualidade total, mesmo naquelas em que se considera que o programa não obteve pleno êxito. Segundo Tolovi (1994) não existem mais dúvidas em relação se a qualidade é boa ou não para uma empresa, hoje qualidade é uma condição básica para uma empresa colocar seu produto no mercado e conquistar clientes, de forma que as empresas tem obrigação de trabalhar com qualidade em todos os seus processos de forma a oferecer um produto que satisfaça as necessidades do cliente.

A partir do pressuposto de que um ambiente de qualidade total é condição indispensável para a sobrevivência das empresas, e para a Mentalidade Enxuta, é urgente que estas passem a implementar programas rumo à qualidade total. Na empresa objeto deste estudo, O SGI – Sistema de Gestão Integrada contribuirá muito para a implementação da filosofia enxuta nas áreas de manufaturas, principalmente nas salas de produção de partes secas.

Comentando sobre as razões do fracasso de programas da qualidade, Tolovi (1994) aponta oito possíveis causas de insucesso, a saber: não envolvimento da alta direção,

ansiedade por resultados, desinteresse do nível gerencial, planejamento inadequado, treinamento precário, falta de apoio técnico, sistema de remuneração inconsistente e escolha inadequada dos multiplicadores.

Um programa *Lean* em qualquer empresa é tarefa longa e exaustiva cujo êxito depende de uma série de fatores. Estas oito causas para Tolovi (1994) estão de forma maior ou menor relacionadas com mudanças de cultura, sendo este um dos fatores mais difíceis de transpor, já que requer a quebra de paradigmas pelo uso de técnicas e conceitos inovadores, exigindo o envolvimento de todos os elementos da organização.

O Just-in-time como filosofia apresenta uma idéia nova em termos de concepção do processo produtivo. Simultaneamente, gera uma série de ferramentas específicas para viabilizar a implantação prática destas idéias. O kanban é uma delas – talvez a mais conhecida. Embora sobreviva com luz própria, o kanban serve para ilustrar a aplicação da filosofia, evidenciando sua utilidade, viabilidade e aplicabilidade (PALADINI, 1997).

## 2.1 Qualidade

A criação e introdução de metodologias capazes de maximizar resultados e minimizar desperdícios é uma necessidade cada vez mais obrigatória para as empresas no mercado competitivo. Indiferente ao tipo de empreendimento industrial e campo de atuação da empresa, a possibilidade da utilização de metodologias e ferramentas que levem a excelência operacional, tais como Qualidade Total, Seis Sigma e Manufatura Enxuta que poderão constituir no diferencial competitivo das empresas.

Definir Qualidade não é uma tarefa fácil, quando se deseja falar sobre qualidade temos que pensar em dos pontos importantes que são: o comportamento do produto e a ausência de defeitos (JURAN *et al*,1991).

Segundo Miguel (2001) o conceito de qualidade tem mudado ao longo do século XX, pois desde o início da era industrial a qualidade era praticada, mesmo que somente como forma de conferir o trabalho realizado pelos artesãos, já nas últimas décadas devido à concorrência e saturação do mercado, a qualidade passa a ser regida pelo cliente, ao invés daqueles que produzem, mudando assim o seu conceito e enfoque.

O termo qualidade é definido por diversos autores sob pontos de vista distintos caracterizados pela história, pela cultura, pelo desenvolvimento econômico e social e pelo enfoque abordado. Segundo Garvin (1992), qualidade é um conceito notavelmente subjetivo, de fácil visualização, mas exasperadamente difícil de se definir. Juran (1990) afirma que a

palavra qualidade tem múltiplos significados e seu uso é denominado por dois desses significados: A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto. A qualidade é a ausência de falhas.

Kessler (2004) define qualidade como uma dimensão estratégica que pode estar relacionada com a diferenciação do produto ou serviço sob a ótica do cliente ou do mercado em que está inserido, como adequação ao uso ou ao custo pretendido, como também está voltada para os fatores internos da organização, tais como, eficiência do processo de gestão, desenvolvimento ou manufatura.

Para Crosby (1990) qualidade significa conformidade aos requisitos.

A norma NBR ISO 9000: 2000 define qualidade como sendo o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos.

Deming (1982) define qualidade como sendo aperfeiçoamento contínuo e firmeza de propósitos, objetivando as necessidades, presentes e futuras, dos clientes.

Já para Ishikawa (1993) qualidade é fabricar produtos mais econômicos, mais úteis e sempre satisfatórios para o consumidor.

Campos (1992) produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades dos clientes. O verdadeiro critério da boa qualidade é a preferência do consumidor.

Ferreira, A., (1986) defini qualidade como sendo propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas capaz de distingui-las das outras e de lhes determinar a natureza.

Nos últimos anos vários autores têm definido o que significa qualidade,. Ao analisar esta inúmeras definições existentes Campos (1992) identifica algumas abordagens principais, desenvolvidas pelos principais autores de renome da área, ou seja, enfoques que autores como Crosby, Deming, Feigenbaum, Juran e outros oferecem. Pode-se ver esta principais definições e abordagens (enfoque) no Quadro 1 abaixo.

<b>Enfoque</b>	<b>Autor</b>	<b>Conceito da Qualidade</b>
Cliente	Juran	A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, dessa forma, proporcionam a satisfação em relação ao produto.
	Deming	A qualidade é a perseguição às necessidades dos clientes e homogeneidade dos resultados do processo. A qualidade deve visar às necessidades do usuário, presentes e futuras.
	Feigenbaum	Qualidade é a combinação das características de produtos e serviços referentes a <i>marketing</i> , engenharia, fabricação e manutenção, através das quais o produto ou serviço em uso, corresponderão às expectativas do cliente.
Conformidade	Crosby	Qualidade (quer dizer) conformidade com as exigências, ou seja, cumprimento dos requisitos.
Produto	Abbott	As diferenças de qualidade correspondem a diferenças na quantidade de atributos desejadas em um produto ou serviço.

Quadro 1 - Definição da Qualidade  
 FONTE: Miguel (2001)

Para Campos (1992) em função de sua abrangência, a Qualidade envolve e está presente em todas as funções e áreas de uma organização.

Campos (1992) afirma que uma empresa honesta só pode sobreviver dentro de uma sociedade se for para contribuir para a satisfação das necessidades dos clientes, dos seus empregados, acionistas, e dos vizinhos da empresa. Sendo o primeiro desses itens, o seu objetivo principal, o qual pode ser atingido pela prática do CQT.

Assim, o Controle da Qualidade Total atende aos objetivos da empresa, por ter as seguintes características básicas:

- é um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das pessoas e estabelece padrões para o atendimento das necessidades;
- é um sistema gerencial que visa manter os padrões que atendem às necessidades das pessoas;
- é um sistema gerencial que visa melhorar (continuamente) os padrões que atendem às necessidades das pessoas, a partir de uma visão estratégica e com abordagem humanista. (CAMPOS, 1992).

Segundo Paladini (2002) o controle da qualidade deve ser feito através de indicadores, que possam tanto informar como estão os processos produtivos da empresa como o desempenho em relação ao mercado. O objetivo de um indicador da qualidade é direcionar toda a ação da empresa para alcançar as metas estratégicas e medir a eficácia e eficiência da organização em relação a qualidade por ela pretendida.

## **2.2 Princípios da Qualidade**

Para Leach (1996) os princípios mais difundidos da qualidade são os 14 de W. Edwards Deming.

Segundo Deming (1982) os 14 princípios da qualidade são:

1) Criar constância de propósitos para melhoria de produtos e serviços. Isso significa que a organização deve fazer investimentos, buscar a melhora contínua, estabelecer seus valores, sua visão e sua missão para poder guiá-la a seus objetivos, isto é uma perspectiva de longo prazo.

2) Adotar a nova filosofia. Este ponto sugere uma nova forma de ver o cliente, tanto os internos quanto os externos, pois antes as empresas olhavam somente para sua produtividade. Os erros são inaceitáveis. Fornecedor não tem qualidade porque troca o material defeituoso. Tem qualidade quando seu material vai diretamente para a linha de produção. A qualidade deve ser a nova filosofia.

3) Suspender a dependência da inspeção em massa. Os trabalhadores devem ser responsáveis por seus problemas e não passá-los adiante para as outras linhas de produção. Os administradores devem focar-se para reduzir os defeitos e variações de processo. A qualidade não é fruto da inspeção, mas do aperfeiçoamento do processo.

4) Acabar com a prática de negociar apenas com base no preço. Os administradores e os departamentos de compras das empresas não podem comprar apenas com base no preço, pois o preço não tem sentido algum sem uma medida da qualidade do que está sendo comprado. Trabalhar com um só fornecedor no desenvolvimento de um item requer tanta capacidade e mão de obra que é inimaginável que se possa levar a cabo o desenvolvimento com dois. É importante desenvolver com os fornecedores uma relação de longo prazo baseada em lealdade e confiança.

5) Melhorar sempre e constantemente o sistema de produção e serviços. O aperfeiçoamento não se dá de uma só vez. A administração é obrigada a melhorar

continuamente. Qualidade deve ser introduzida até mesmo antes do projeto, durante a própria concepção. Começar depois implica em mudanças e essas provocam custos e atrasos.

6) Instituir o treinamento. O funcionário precisa conhecer exatamente qual é o seu trabalho e como obter qualidade na sua execução. É indispensável que todos conheçam os princípios e as ferramentas básicas da qualidade e sejam estimulados a adotá-los e utilizá-los no desempenho de suas tarefas.

7) Adotar e instituir a liderança. A função do administrador é liderar, ajudar as pessoas a trabalhar cada vez melhor. Cabe à administração descobrir e remover as barreiras que impedem os empregados de se orgulhar do que fazem.

8) Afastar o medo. As pessoas precisam se sentir seguras quanto ao emprego e suas funções. Devem ter consciência de que o interesse da empresa está no aperfeiçoamento dos processos e nunca na descoberta dos culpados. Perguntar e sugerir deve ser um ato natural, livre de constrangimentos. O medo inibe a participação e esconde problemas.

9) Derrubar as barreiras entre as áreas de apoio. Departamentos com objetivos diferentes ou conflitantes e com baixo nível de comunicação prejudicam as operações. É indispensável à constituição de equipes interdepartamentais e a administração é responsável por isso.

10) Eliminar slogans, exortações e metas entre os empregados. Slogans e exortações não geram competência ou qualidade. Ninguém se torna mais capaz como consequência da fixação de cartazes “empregado contente é empregado competente”. Metas numéricas são inúteis se não ficar claro como chegar lá. E se houver o método e os recursos não há porque fazer alarde.

11) Eliminar as cotas numéricas. Toda cota baseada na média provoca, imediatamente, que muitos empregados fiquem abaixo da cota. O importante é melhorar continuamente.

12) Remover as barreiras ao orgulho da execução. O indivíduo gosta de ser apreciado pelo que faz e gosta de fazer seu trabalho com perfeição. É importante, portanto, que tenha todas as informações e apoio necessário e que haja retorno da administração sobre o seu desempenho.

13) Instituir um sólido programa de treinamento e educação. O treinamento é essencial, mas é de alcance limitado. Os funcionários só crescem sozinhos quando têm educação formal suficiente para isso.

14) Agir no sentido de concretizar a transformação. A administração tem que se organizar como equipe para colocar em prática os outros 13 pontos. Uma sugestão é adotar o

ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). É a aplicação contínua e sistemática do ciclo de Shewhart que leva à melhoria constante dos métodos e procedimentos. Além da aplicação do PDCA, todos devem compreender que o fato essencial para a transformação é o direcionamento do trabalho de todos para os clientes internos e externos. É a satisfação dos clientes que irá garantir o sucesso.

### 2.3 Sete “doenças” para não alcançar a Qualidade

Para Deming (1982) existem sete enfermidades fatais para não se alcançar à qualidade :

- 1 Carência de constância nos propósitos;
- 2 Ênfases em utilidades em curto prazo;
- 3 Avaliação de desempenho, classificação de méritos ou revisões anuais do desempenho;
- 4 Mobilidade da administração
- 5 Operar uma empresa só com cifras visíveis;
- 6 Custos médicos excessivos para cuidar da saúde dos empregados, que aumentam os custos de bens e serviços;
- 7 Custos de garantias excessivos e alimentados por advogados que funcionam a base de honorários.

Para Juran (1990) deveria haver uma mudança cultural dentro das organizações, pois muitas das perdas é devido a falta de planejamento. Este mau planejamento gera:

1. Perda vendas;
2. Custo da má qualidade;
3. Ameaças à sociedade.

Toda via para planejar Juran (1992) define três pontos, também conhecidos como a trilogia de Juran, que auxiliam a realizar um planejamento melhor que são:

1. Planejamento da Qualidade;
2. Controle da Qualidade;
3. Melhoria da Qualidade.

Mais recente que a Garantia da Qualidade Total, o Seis Sigma é um rearranjo de ferramentas conhecidas, com objetivo específico de obter melhoria nos resultados de qualidade e produtividade, e com isto gerar aumento de ganhos financeiros (KESSLER, 2004).

Segundo Paladini (2002) hoje já não se gasta tempo discutindo o porquê de produzir qualidade, mas como fazê-lo. Ou seja, investe-se em questões práticas que deságuam em estratégias, ferramentas, métodos, mecanismos de gerenciamento da qualidade. Enfim, a meta é determinar formas simples, objetivas e adequadas (em termos de custos, por exemplo) de garantir a qualidade associada às ações e aos resultados do processo produtivo.

Para auxiliar as indústrias na melhoria de seus resultados e reduzir os desperdícios de seus processos a Manufatura Enxuta é a filosofia mais indicada (ORIEL, 2003).

## 2.4 Ferramentas da Qualidade

Segundo Ishikawa (1993) existem setes ferramentas tradicionais para controle da qualidade, que são: Histogramas, diagramas de causa e efeito, folha de verificação, diagramas de Pareto, estratificação, gráficos de controle e diagramas de dispersão.

Já para Miguel (2001) as ferramentas da qualidade podem ser classificadas em dois grupos:

- ferramentas tradicionais da qualidade: diagrama de causa-efeito, histograma, gráfico de pareto, diagrama de correlação, carta de controle, gráfico de tendência, folha de verificação e *brainstorming*;
- ferramentas de planejamento da qualidade: diagrama de afinidade, diagrama de inter-relacionamento, diagrama de árvore, diagrama matriz, diagrama de redes de atividades e matriz de priorização.

### 2.4.1 Histograma

Segundo Miguel (2001) o histograma é uma ferramenta estatística que fornece o quão freqüente um determinado valor ou uma classe de valores ocorre em um grupo de dados. Consiste num gráfico de barras, uma representação gráfica de uma distribuição de freqüência por meio de barras no eixo horizontal, onde a largura da barra representa um dado intervalo de classe da variável, e a altura no eixo vertical representa a freqüência de ocorrência. A Figura 1 mostra um exemplo de um histograma.

Brassard et al (2002) diz que pode-se usar o histograma para resumir dados de um processo do qual se coletam dados durante certo tempo, e apresentar graficamente a sua distribuição de freqüência em forma de barras.

Os resultados esperados são:

- Exibe grande quantidade de dados difíceis de interpretar em forma de tabelas;

- Mostra a frequência relativa da ocorrência de vários valores de dados;
- Revela a tendência central, variação e forma dos dados;
- Ilustra rapidamente a distribuição subjacente dos dados;
- Fornece informações úteis para prever o futuro desempenho do processo;
- Ajuda a indicar, se houver, uma mudança no processo;
- Ajuda a responder a pergunta: “o processo é capaz de satisfazer os requisitos dos meus clientes?”.

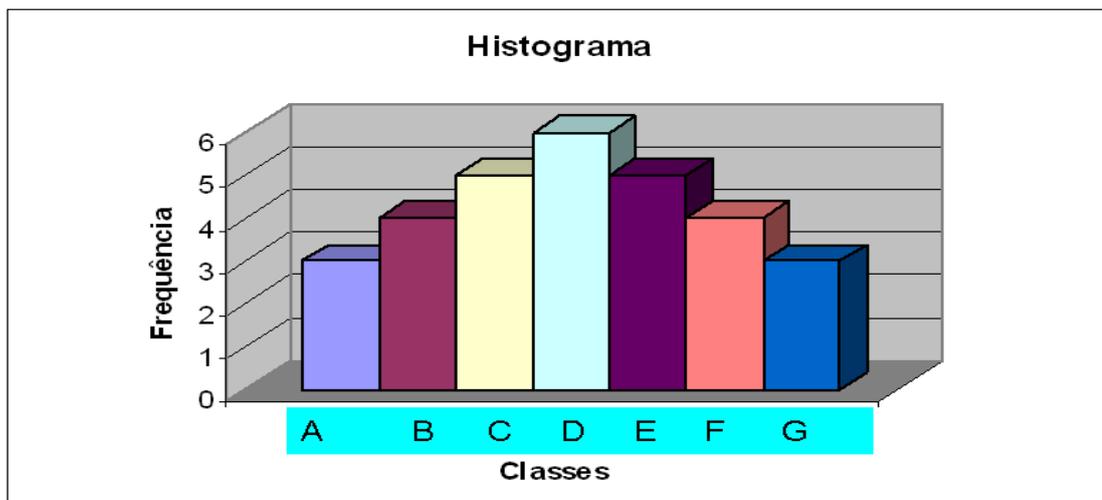


Figura 1- Exemplo de Histograma  
 FONTE: Próprio Autor.

#### 2.4.2 Diagrama de causa-efeito

Para Brassard *et al* (2002) o diagrama de causa-efeito, também conhecido como espinha de peixe, ou diagrama de Ishikawa, permite que um grupo de pessoas identifique, explore, e exiba graficamente, em detalhes cada vez maiores, todas as causas possíveis em um problema ou condição, para descobrir a sua verdadeira raiz ou raízes. Os resultados com este diagrama é que ele permite que o grupo se concentre nos conteúdos do problema. Cria um Quadro instantâneo do conhecimento e consenso coletivos do grupo sobre o problema e faz com que o grupo se concentre nas causas e não no efeito do problema.

Já para Miguel (2001) o diagrama de causa-efeito consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito), Figura 2. Um diagrama de espinha de causa-efeito pode ser elaborado segundo os seguintes passos:

- determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito);
- relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama;

- construir o diagrama agrupando as causas em: mão-de-obra, máquina, método e matéria-prima, medição e ambiente;
- analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras para a correção do problema.

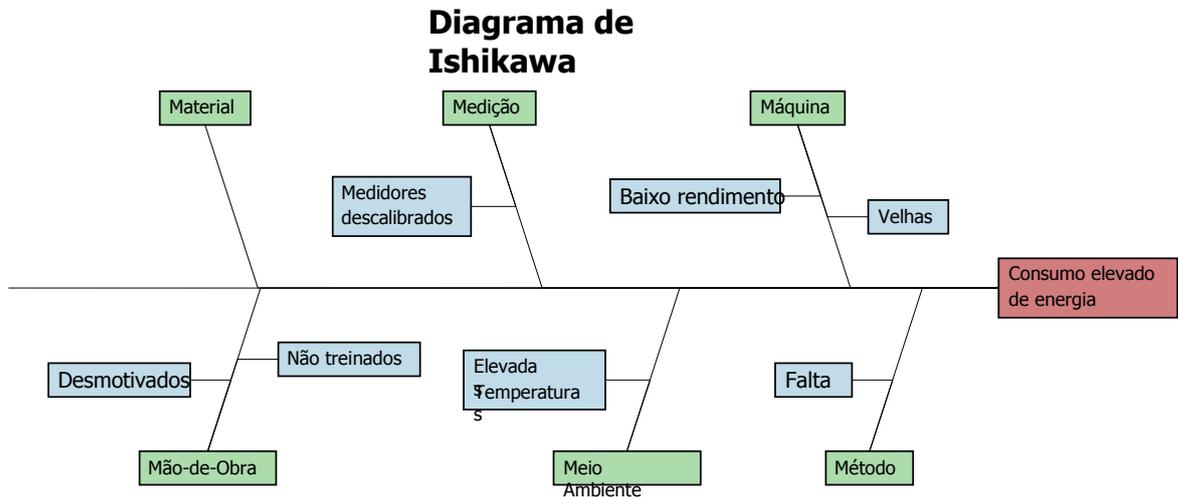


Figura 2 - Diagrama de Ishikawa para consumo elevado de energia.  
 FONTE: Próprio Autor.

### 2.4.3 Folha de verificação

A folha de verificação consiste em uma planilha na qual um conjunto de dados pode ser sistematicamente coletado e registrado de maneira ordenada e uniforme, permitindo rápida interpretação dos resultados, modelo no Quadro 2. Permite a verificação do comportamento de uma variável a ser controlada, como por exemplo, para registro de frequência e controle de itens defeituosos (MIGUEL, 2001).

TIPO DE DEFEITO	FREQUÊNCIA	SOMA
A	HHH III	08
B	HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH I	36
C	III	03
D	HHH HHH II	12
E	HHH HHH HHH	15
F	HHH HHH HHH HHH II	22
<b>SOMATÓRIO</b>		<b>99</b>

Quadro 2 - Exemplo de uma folha de verificação  
 FONTE: Miguel (2001).

Para Brassard *et al* (2002) deve-se usar a folha de verificação para permitir que o grupo registre e compile sistematicamente dados de fontes com experiência na área (“histórico”), ou observações, à medida que os eventos acontecem, para detectar e exibir padrões e tendências.

#### **2.4.4 Diagrama de Pareto**

O Diagrama de Pareto segundo Miguel (2001) é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Ele pode mostrar ainda a curva de percentagens acumuladas, o modelo na Figura 3. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

Com o Diagrama de Pareto é possível avaliar: o pequeno número de causas responsável pelo maior número de vezes em que há deterioração na qualidade do serviço (poucas, porém as mais importantes). O grande número de causas responsável pelo menor número de vezes que o problema ocorre (muitas, porém de pouca importância).

Para Brassard *et al* (2002) o diagrama de Pareto ajuda o grupo à:

- concentrar-se nas causas que terão maior impacto, se forem resolvidas;
- Tem base no comprovado princípio de Pareto: 20% das fontes causam 80% de qualquer problema;
- Mostra a importância relativa dos problemas em um formato visual simples, fácil de interpretar;
- Ajuda a evitar a “troca de problema”, em casos em que a “solução” remove algumas causas, mas piora outras;
- O progresso é medido em um formato bem visual, que proporciona incentivo para continuar buscando mais melhorias.

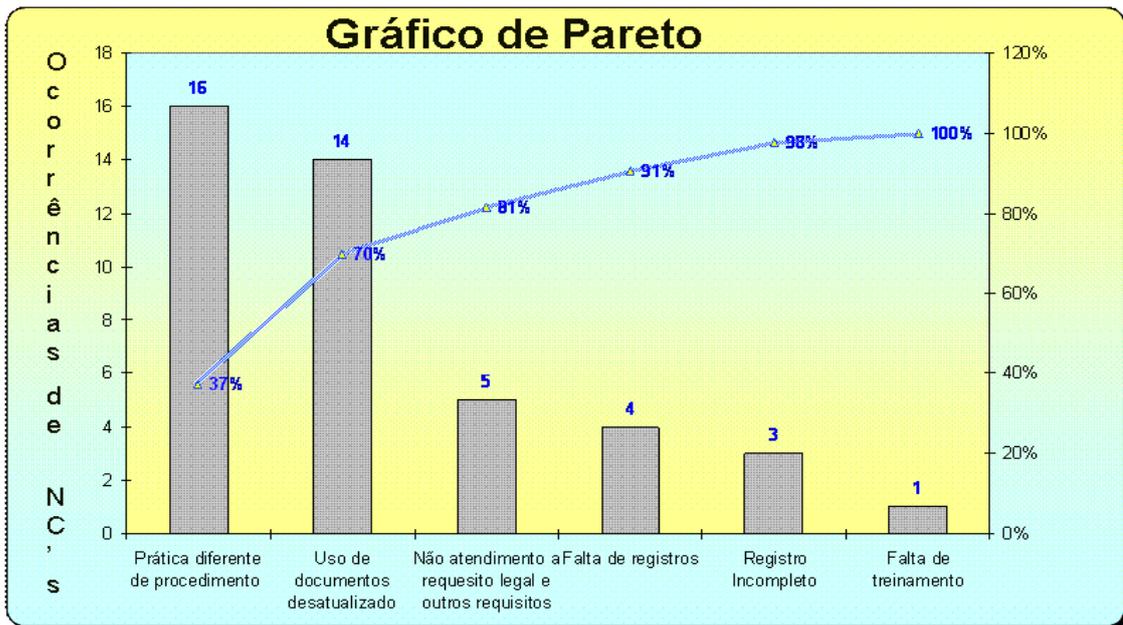


Figura 3 -Gráfico de Pareto para não conformidades  
 FONTE: Próprio autor.

### 2.4.5 Estratificação

Para Setec (2006) estratificação é a técnica de dividir uma representação de dados ou observações em categorias ou classes mais significativas a fim de direcionar as ações corretivas ou pesquisar oportunidades de melhorias, Figura 4.

Os valores observados são sempre acompanhados por algumas variações. Portanto, quando os dados são estratificados de forma a separar os fatores que são causadores das variações, as causas das variações tornam-se mais facilmente detectáveis.

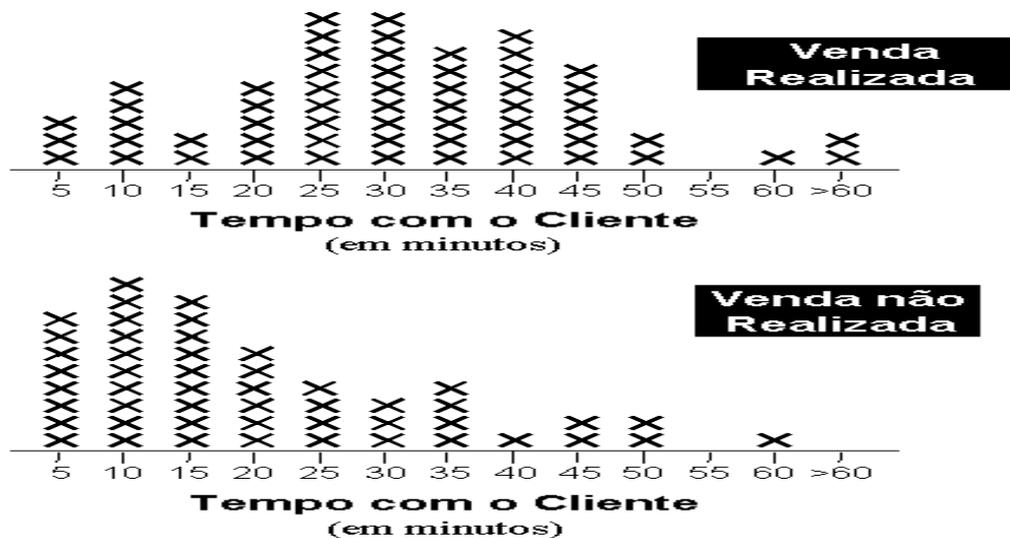


Figura 4 - Gráficos estratificados de Venda Realizada versus Venda não Realizadas  
 FONTE: Setec (2006).

## 2.4.6 Gráficos de Controle (ou Carta de Controle)

Segundo Miguel (2001) esta ferramenta consiste em um gráfico para representar e registrar tendências de desempenho seqüencial ou temporal de um processo, ou seja, monitorar o comportamento do processo ao longo do tempo, na Figura 5 temos um modelo de gráfico de controle. A análise do gráfico indica se o processo está ou não sob controle (dentro dos limites definidos como normal para o processo). Suas funções básicas são monitorar o processo e detectar as causas da variação desse processo.

Para Brassard *et al* (2002) os gráficos de controle auxiliam a monitorar, controlar e melhorar o desempenho do processo ao longo de um certo período, através do estudo da variação e do que ocasiona esta variação.

Os principais resultados da utilização dos gráficos de controle são:

- Concentrar a atenção na detecção e monitoramento da variação do processo ao longo de um certo período;
- Diferenciar as causas comuns das causas especiais, servindo de guia para ação local ou da gerência;
- Serve como um instrumento de controle contínuo do processo;
- Ajuda a fazer com que o processo ocorra de forma consistente e previsível, para produzir melhor qualidade, custos reduzidos e maior eficácia;
- Oferece uma linguagem comum para discutir o desempenho do processo.

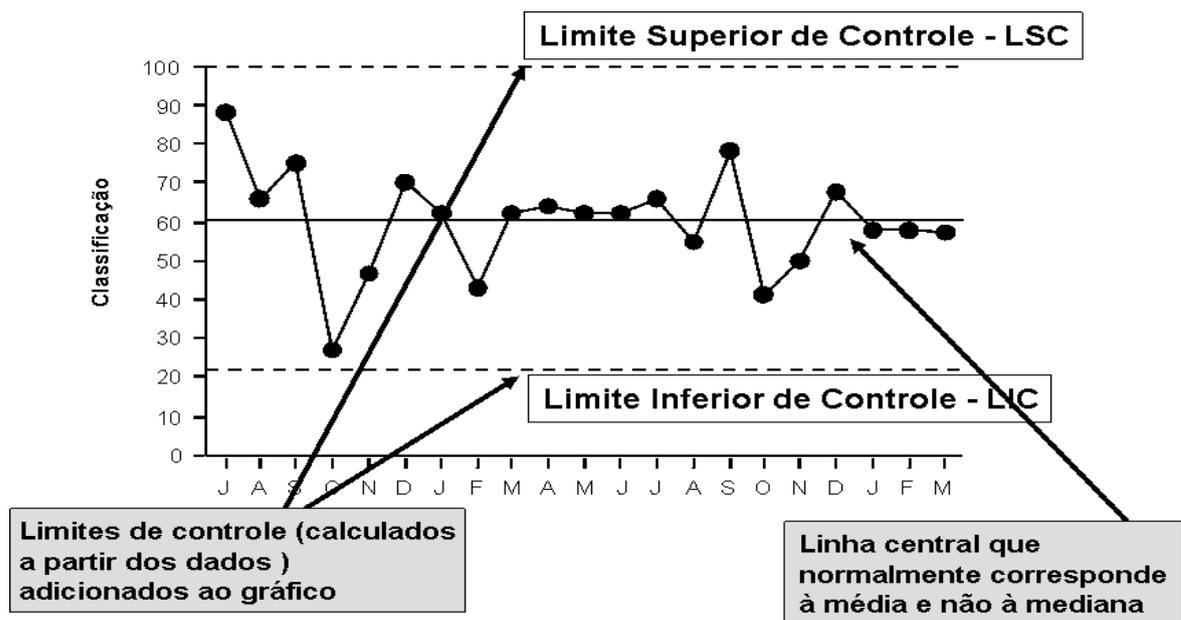


Figura 5 - Modelo de um gráfico de controle  
FONTE: Setec (2006).

### 2.4.7 Diagramas de dispersão (ou Diagrama de Correlação)

Segundo Miguel (2001) um diagrama de correlação consiste em um gráfico utilizado para investigar possível correlação entre duas variáveis, uma de entrada e outra de saída (estímulo e resposta ou causa-efeito). Através desse gráfico é possível a visualização da relação entre estas variáveis, permitindo posteriormente a aplicação de técnicas de regressão linear. A Figura 6 mostra esquematicamente exemplos de gráficos de correlação e suas possíveis formas de correlações.

Para Brassard *et al* (2002) deve-se usar o diagrama de correlação para que uma equipe analise e classifique sistematicamente as relações de causa e efeito que existem entre todas as questões críticas, de forma que as forças motoras ou resultados possam se converter em uma solução eficaz.

Quando se usa o diagrama de correlação:

- encoraja-se os membros da equipe a pensar em múltiplas direções, em vez de linearmente;
- explora as relações de causa e efeito entre todas as questões, incluindo as mais controvertidas;
- permite às questões-chave emergirem naturalmente, em vez de deixar que sejam imposta por um membro dominante do grupo;
- faz sistematicamente surgir os pressupostos básicos e as razões de desacordo entre os membros do grupo;
- permite que o grupo identifique a raiz ou raízes do problema, mesmo quando não existem dados comprováveis.

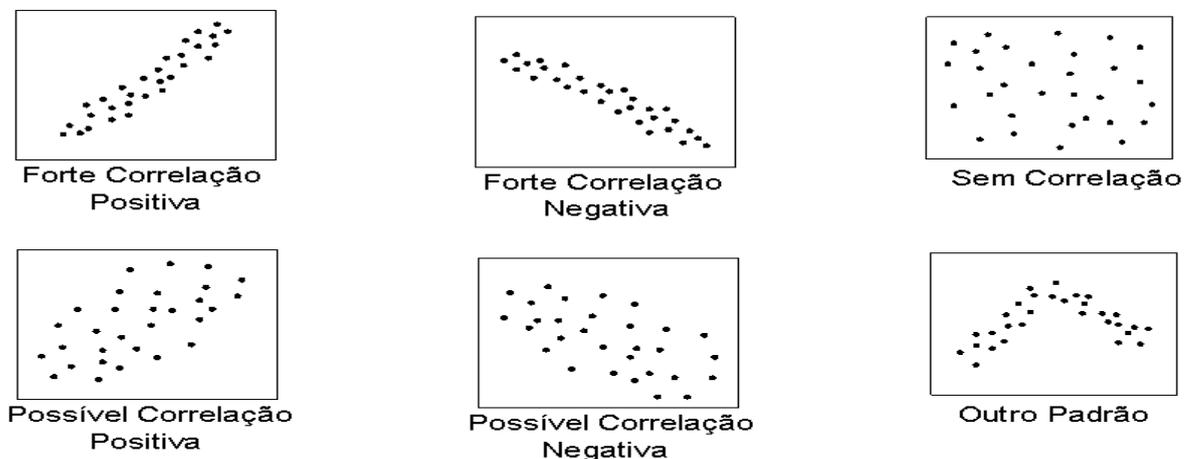


Figura 6 - Exemplos de gráficos de correlação  
 FONTE: Setec (2006).

### 2.4.8 Brainstorming

Segundo Brassard *et al* (2002) o *Brainstorming* também conhecido como "tempestade de idéias", consiste numa ferramenta bastante útil para resolução de problemas, porque permite gerar rapidamente um grande número de idéias acerca dos principais efeitos e suas causas associados à má qualidade ou defeitos dos produtos.

Existem dois métodos básicos para o *Brainstorming*: O estruturado, um processo em que cada membro do grupo tem sua vez de sugerir idéias. O não-Estruturado um processo em que os membros do grupo sugerem idéias ao mesmo tempo em que essas lhe ocorrem.

Segundo Werkema (2002) os seguintes itens devem ser seguidos para a condução de um brainstorming:

- deve ser escolhido um líder para dirigir as atividades de grupo;
- os grupos não deverão ser muito grandes, geralmente entre cinco a dez pessoas;
- todos os participantes do grupo devem opinar sobre as possíveis causas do problema analisado;
- as idéias devem ser registradas em um Quadro ou *flip-chart*;
- a tendência de culpar pessoas deve ser evitada, deve-se buscar a causa do problema e não culpados;
- nenhuma idéia pode ser criticada.

### 2.4.9 Gráfico de Tendência

Brassard *et al* (2002) explica que o gráfico de tendência, é uma ferramenta que permite estudar os dados observados de uma folha de verificação ou outras fontes de dados para analisar tendências em um período específico do tempo, como representado na Figura 7.

O gráfico de tendência é capaz de:

- monitorar o desempenho de um ou mais processos no tempo para detectar tendências, mudanças ou ciclos;
- comparar o desempenho medido antes e depois da implementação de uma solução para medir seus impactos;
- focalizar atenção em mudanças vitais do processo;
- rastrear informações úteis para prever tendências.

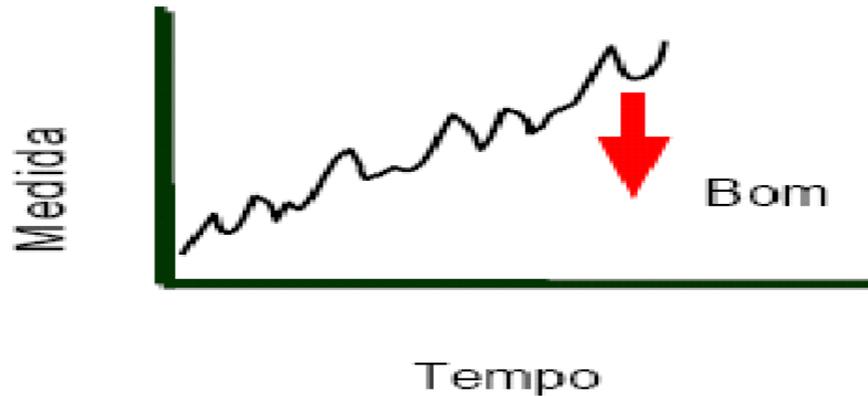


Figura 7 - Gráfico de Tendência

FONTE: Setec, 2006.

## 2.5 Ferramentas de Planejamento da Qualidade

De acordo com Miguel (2001) as ferramentas de planejamento não são realmente novas, pois elas tiveram origem nos trabalhos de pesquisa operacional após a Segunda Guerra Mundial. Mais tarde, entre 1972 e 1979, a Associação Japonesa para desenvolvimento da qualidade, testou-as individualmente e em 1979 foram apresentadas por Shigeru Mizuno no livro *Gerência para melhoria da Qualidade*. As ferramentas de planejamento da qualidade são:

- Diagrama de afinidades;
- Diagrama de Inter-Relacionamento;
- Diagrama de árvore;
- Diagrama de Matrizes;
- Diagrama de rede de atividades;
- Matriz de Prioridades.

### 2.5.1 Diagrama de afinidades

Segundo Brassard et al (2002) o Diagrama de Afinidade, Figura 8, permite que um grupo produza criativamente um grande número de idéias/questões e, a seguir, as organize e resuma, com base em agrupamentos naturais entre elas, para entender a essência de um problema e as suas soluções.

Desta forma o Diagrama de Afinidade busca:

- Encorajar a criatividade de cada pessoa do grupo em todas as fases do processo;
- Eliminar barreiras persistentes de comunicação;
- Encorajar conexões não-conservadoras entre idéias/questões;

- Permitir que cada descoberta de soluções apareça naturalmente, mesmo em problemas persistentes;
- Encorajar o sentimento de “ser proprietário” dos resultados que emergirem, já que o grupo cria tanto as contribuições específicas, quanto os resultados gerais;
- Destruir a “paralisia de grupo”, causada pela enorme quantidade de opções e pela falta de consenso.

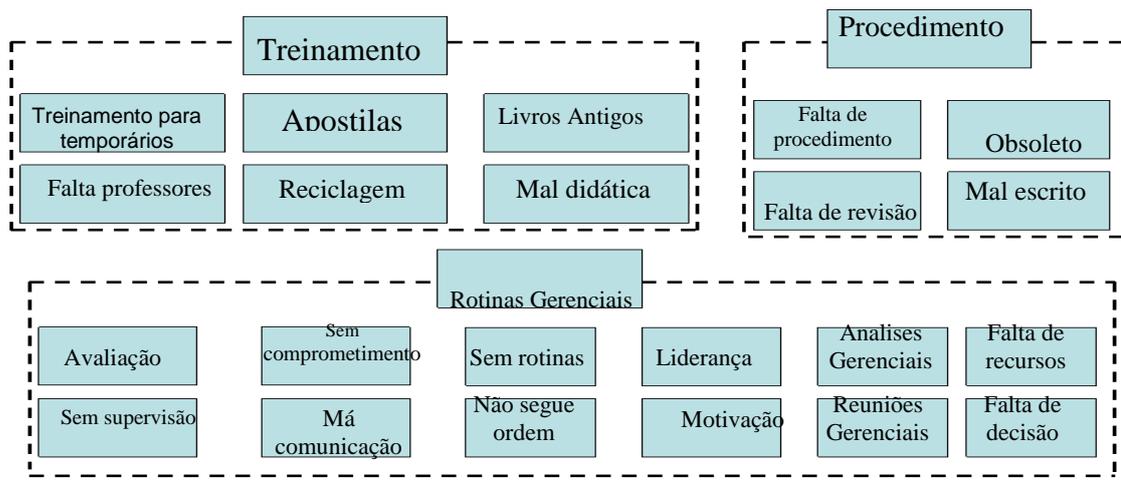


Figura 8 - Representação Esquemática de um Diagrama de Afinidades.  
FONTE: Miguel, 2001.

### 2.5.2 Diagrama de Inter-Relacionamento

Segundo Miguel (2001) o Diagrama de Inter-Relacionamento, Figura 9, explora e demonstra as inter-relações entre problemas complexos, através de um processo lógico. Os dados iniciais podem vir de um *brainstorming*, diagrama de causa-efeito, diagrama de afinidades ou diagrama de árvore.

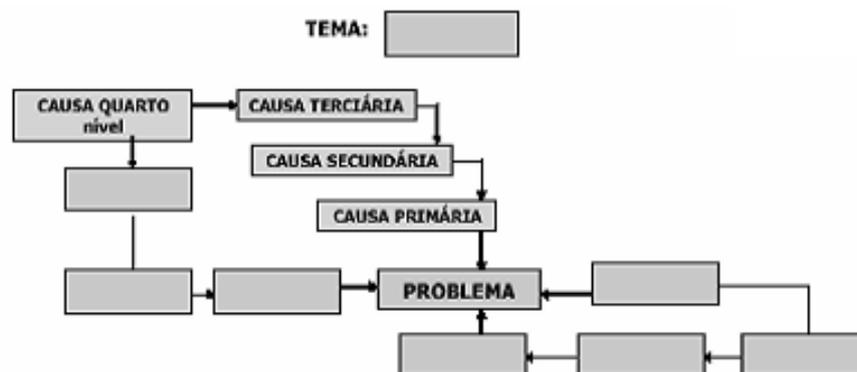


Figura 9 - Modelo de um diagrama de inter-relacionamento  
FONTE: Ferreira, F., 2004.

### 2.5.3 Diagrama de Árvore

Para Miguel (2001) o Diagrama de Árvore, Figura 10, detalha de forma crescente os caminhos e tarefas para realizar os objetivos.

Brassard *et al* (2002) diz que se utiliza o Diagrama de Árvore para decompor graficamente qualquer objetivo amplo em níveis de ações detalhadas que devem e podem realizar-se para alcançar os objetivos estabelecidos e facilita a hora de tomar decisões.

Diagrama de árvore procura:

- Encorajar os membros da equipe a expandir o seu modo de pensar ao criar soluções;
- Permitir que todos os participantes revisem todos os vínculos lógicos e se cada um dos níveis de detalhamento do plano foram completados;
- Mover o grupo de planejamento da teoria para o mundo real;
- Revelar o nível real de complexidade envolvido na consecução de qualquer objetivo, tornando administráveis projetos potencialmente difíceis de gerenciar, bem como revelando complexidades desconhecidas.

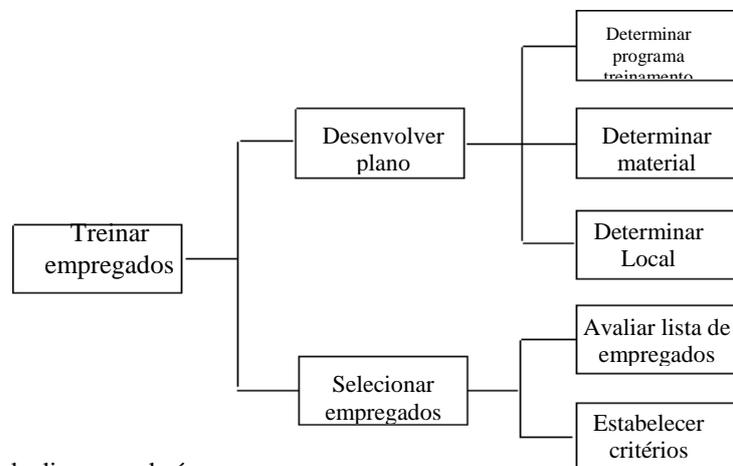


Figura 10 - Modelo de diagrama de árvore  
FONTE: Brassard *et al*, 2002.

### 2.5.4 Diagrama de Matrizes

Diagrama matriz, Quadro 3, mostra conexão ou correlação entre idéias ou procedimentos de um grupo com idéias e conexões de outros grupos. É frequentemente usado para determinar responsabilidade em planos de implementação (MIGUEL, 2001).

Ele serve para um grupo ou individuo identificar, analisar e classificar sistematicamente a presença e a força das relações existentes entre dois ou mais conjuntos de informações (BRASSARD, *et al* 2002).

	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Solução 1	Alto	Médio	Baixo
Solução 2	Alto	Alto	Alto
Solução 3	Baixo	Alto	Médio
Solução 4	Baixo	Médio	Médio

Quadro 3 - Exemplo de um diagrama de matriz  
FONTE: Próprio autor.

### 2.5.5 Diagrama de rede de atividades

Diagrama de rede de atividades, Figura 11, usado para planejar a escala mais apropriada para tarefas complexas e suas sub-tarefas; tarefas conhecidas com tempo de sub-tarefas conhecidas (MIGUEL, 2001).

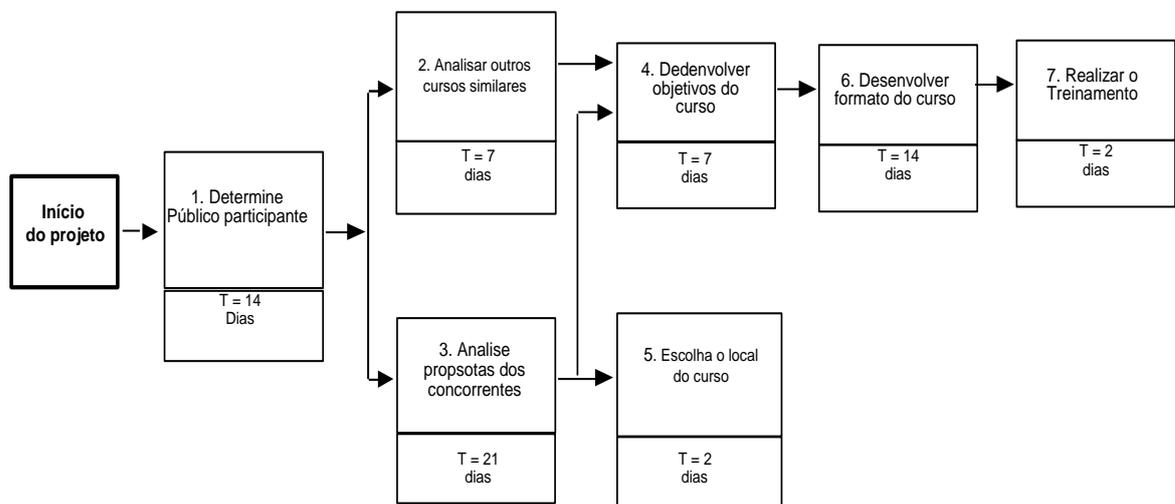


Figura 11 - Representação esquemática de um diagrama de Rede de Atividades.  
FONTE: Brassard *et al*, 2002.

### 2.5.6 Matriz de Prioridades

A Matriz de Prioridades prioriza tarefas, procedimentos ou possibilidades de ação, baseadas em conhecimento e critérios de peso (MIGUEL, 2001).

Para Brassard *et al* (2002) a matriz de prioridades, Figura 12, serve para diminuir as opções através de uma abordagem sistemática da comparação de opções através de seleção, consideração e aplicação de critérios. Quando se usa esta matriz ela faz aparecer rapidamente os desacordos, de modo que possam ser resolvidos desde o início. Força o grupo a concentrar-se na melhor ação a ser tomada, reduz a possibilidade de que se selecione um projeto favorito de uma única pessoa.

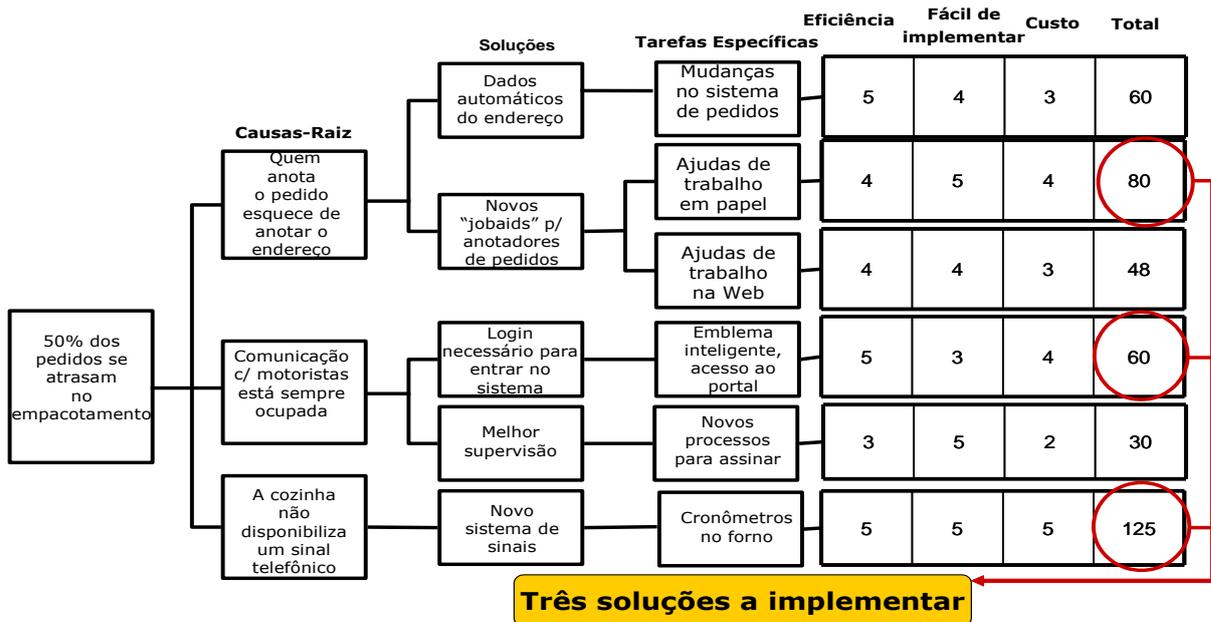


Figura 12 - Modelo de uma matriz de priorização  
FONTE: Setec (2006).

Oriel (2003) acrescenta que além das ferramentas de planejamento da qualidade, existem outras ferramentas muito úteis na gestão e controle de projeto, tais como o gráfico de Gantt, os planos de ação, os fluxogramas e o diagrama de serpente, os quais são definidos da seguinte forma:

- a) os gráficos de Gantt, mostrado na Figura 13 permitem que se observem as relações entre as diferentes tarefas – tais como: seqüência relativa, duração, tempo, etc. Podem tornar-se rapidamente complexos quando houver muitas tarefas sobrepostas;
- b) os planos de ação são considerados uma das ferramentas mais simples e são bastante utilizados, com a desvantagem que não mostram o tempo relativo e a duração tão facilmente quanto o gráfico de Gantt;

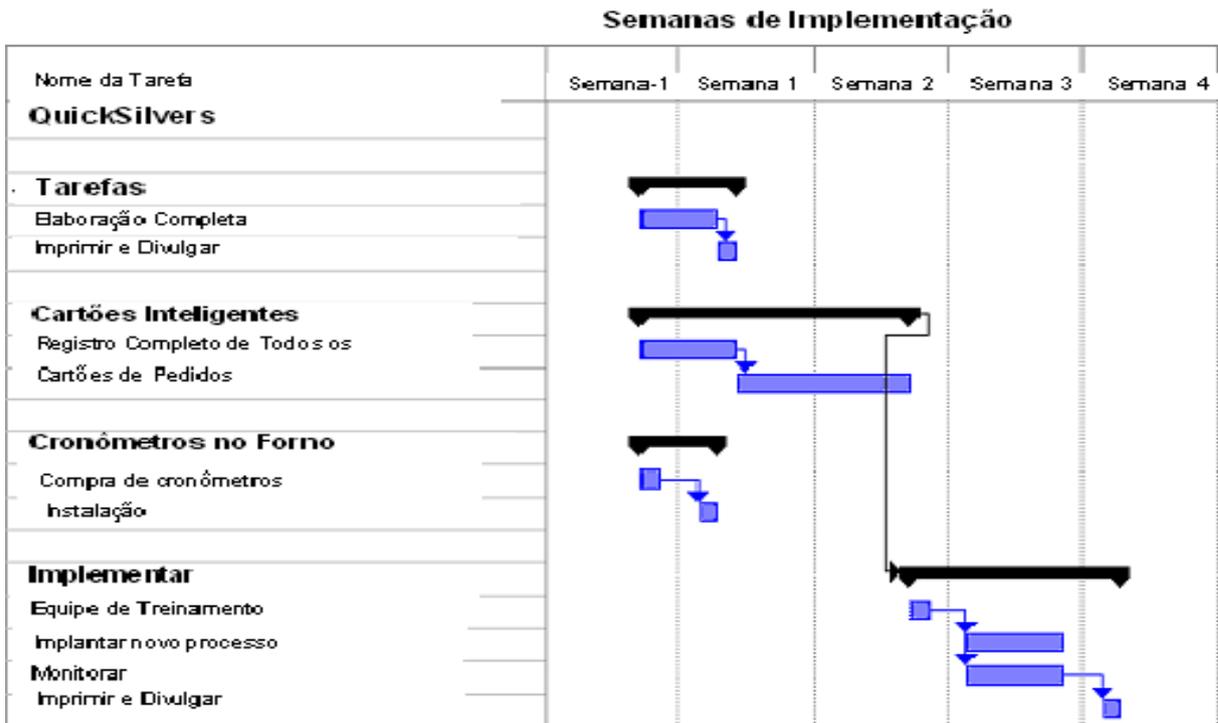


Figura 13 - Modelo de um gráfico de Gantt  
 FONTE: Setec (2006)

- c) os fluxogramas podem ser usados para descrever o plano em si ou descrever novos procedimentos a serem implantados;
- d) diagrama de serpentes e escadas: usado para identificar os limites de um projeto. As serpentes são processos principais ou sub-processos, conforme mostra a Figura 14. Este digrama mostra como os processos e sub-processos estão inter-relacionados.

**Nível do Processo**

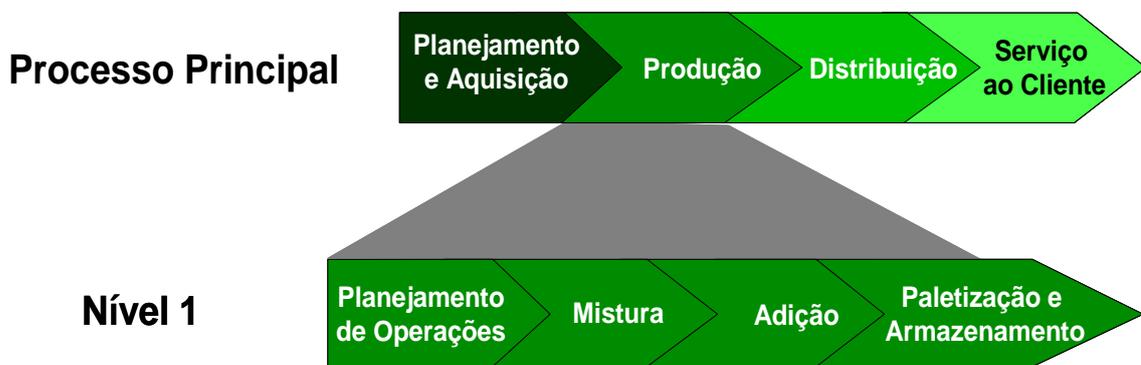


Figura 14 - Modelo de Diagrama de Serpentes e Escadas  
 FONTE: Setec (2006).

## 2.6 Introdução ao Seis Sigma

Na metade da década de 1980 um engenheiro da Motorola começou a estudar o conceito de Deming sobre variação de processo. Esse engenheiro, Mikel Harry, começou influenciando sua própria empresa a estudar a variação como uma forma de melhorar o desempenho. Essas variações, quando medidas estatisticamente, significam o desvio-padrão da média, e são representadas pela letra grega sigma. Logo a abordagem sigma tornou-se o foco principal dos esforços de qualidade da Motorola, sobretudo depois que as iniciativas de Harry chamaram a atenção do presidente da empresa, Bob Galvin. Com o apoio de Galvin esta concepção tornou-se a maneira de fazer negócio na Motorola, surgindo assim o Seis Sigma como metodologia de melhoria contínua da qualidade e dos negócios (ECKES, 2001).

O conceito Seis Sigma tem como objetivo, no ponto de vista dos processos, utilizar uma abordagem sistemática para reduzir falhas que afetam aquilo que é considerado crítico para o cliente, aumentando sua satisfação e reduzindo custos. “A partir dos clientes é que a empresa define a qualidade necessária para determinado produto, se os seus preços são competitivos, quanto tempo o cliente aceita esperar para obter o produto desejado etc.” (BREYFOGLE *et al*, 2001).

Segundo Linderman *et al* (2003) *apud* (Costa 2006, p.2) “Seis Sigma foi o caminho que a Motorola teve para expressar a qualidade em atingir 3,4 defeitos por milhão de oportunidades”. O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa que tem como objetivo aumentar consideravelmente a lucratividade das empresas por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos, do aumento da satisfação de clientes e consumidores. A meta da metodologia Seis Sigma visa diminuir a quantidade de erros cometidos por uma organização.

O Seis Sigma, na definição da *General Electric* (GE), tem a função de satisfazer completamente – com lucratividade – as necessidades dos clientes, o que se traduz em acertar “o alvo” por eles estabelecido, com mínima variação (WERKEMA, 2006).

Segundo Jack Welch, “para eliminar a variação, o Seis Sigma exige que a empresa descosture todas as suas cadeias de fornecimento e distribuição, assim como o projeto de seus produtos. O objetivo é remover qualquer elemento que possa causar desperdício, ineficiência ou aborrecimento para os clientes, como consequência de sua imprevisibilidade” (WERKEMA, 2006).

Para Blauth (2003) a estratégia Seis Sigma é uma extensão dos conceitos da Qualidade Total com foco na melhoria contínua dos processos, iniciando por aqueles que

atingem diretamente o cliente. A estratégia Seis Sigma não é uma proposta inovadora. Ela aproveita todas as iniciativas de qualidade que estão em andamento ou que já foram implantadas na instituição, harmonizando-as e estabelecendo metas desafiadoras de redução de desperdício.

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia que fornece uma série de intervenções e ferramentas estatísticas que podem levar a um ganho em lucratividade, diminuição de custos e ganhos em qualidade, desaguando na satisfação de clientes e consumidores. O conceito de Seis Sigma foi desenvolvido na década de 80 pela Motorola, como instrumento para aumentar a produtividade e a qualidade de seus produtos, ameaçados por concorrentes estrangeiros mais eficientes. (KUMPERA, 1999; MARASH, 2000).

Durante meados dos anos 80, a Motorola uniu forças com várias outras Companhias, incluindo a ABB (*Asea Brown Boveri*), *AlliedSignal*, *Kodak*, *IBM*, e *Texas Instruments* para fundar o Instituto de Pesquisa de Seis Sigma. Esta iniciativa deu início a expansão e comercialização do processo de obtenção da capacidade Seis Sigma. (BRASSARD *et alli*, 2002).

O Seis Sigma deve ser baseado no conhecimento do cliente e nos principais indicadores de desempenho que preencham esses requisitos. Entender o que o cliente acha “crítico para a qualidade” é a base para o sucesso de qualquer iniciativa de Seis Sigma (SPANYL; WURTZEL, 2004).

Para Pande (2001) o Seis Sigma se baseia em muitas das idéias de gestão e melhores práticas do século passado, criando uma nova fórmula para o sucesso dos negócios no século XXI. O autor coloca ainda: “Não se trata de teoria, mas de ação”.

Seis Sigma pode ser considerada então, como uma estratégia gerencial de mudanças e enfoca principalmente a variação do resultado a que o consumidor tem acesso. Dessa forma, tem a característica de ser uma ferramenta mais quantitativa de avaliar os resultados de um processo e a sua qualidade por meio da medição do valor da variação encontrado no resultado do processo. O que o diferencia de outros programas de melhoria da qualidade é a ênfase na tomada de decisões baseadas em dados e fatos e não nas experiências individuais.

Um processo Seis Sigma apresenta comportamento normal com um nível de 99,9999998% (2 falhas por um bilhão de oportunidades), quando centralizado. Mas devido a constantes mudanças em variáveis, aceita-se empiricamente que a média das observações tenha uma descentralização máxima de 1,5 desvios-padrão a partir da especificação nominal, o que leva a 99,999660% de conformidade de 3,4 partes por milhão. (MORGAN; JONES, 2004).

Segundo Brassard *et al* (2002, p.1) podemos definir Seis Sigma como um conceito estatístico que representa a quantidade de variação presente em um processo com relação aos requerimentos dos clientes ou especificações. Quando um processo opera no nível Seis Sigma, a variação é tão pequena que os produtos e serviços resultantes do processo são 99,9997% livres de defeitos, na Figura 15 temos a representação do sigma na curva de sino. Seis Sigma é normalmente denotado de várias formas. Pode ser escrito como “ $6\sigma$ ”, “6 Sigma” ou “6s”.

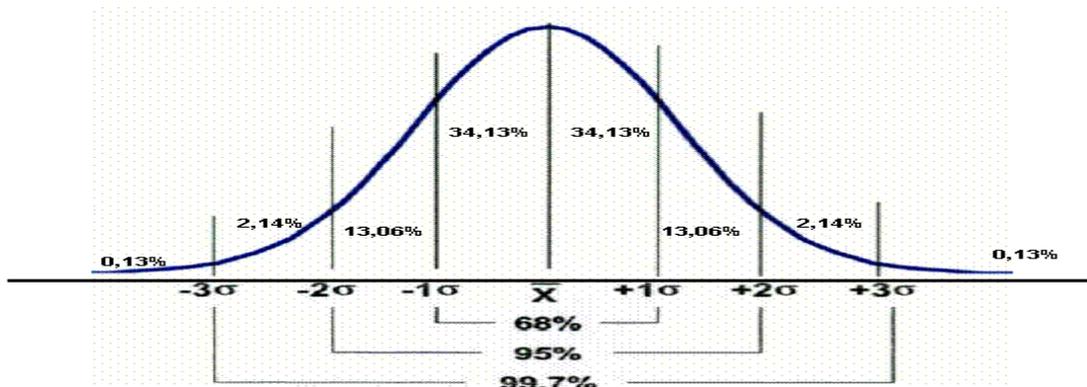


Figura 15 - Curva em forma de sino segmentada  
 FONTE: Adaptação de Eckes, 2001.

Para Setec (2006) o Seis Sigma é um indicador de desempenho, o qual descreve a capacidade de um processo, produto ou serviço, atender consistentemente a expectativas ou requisitos definidos do cliente. Ele informa o seu desempenho com relação às especificações do cliente, tem o foco na medição de defeitos e é um indicador comum, o qual faz, com maior facilidade, comparações sobre produtos, serviços e processos.

Segundo Setec (2006) as definições básicas para cálculo do Seis Sigma são:

- Unidade: Item produzido, comprado ou experimentado;
- Defeito: Evento que não atende a uma especificação do cliente;
- Defeituoso: Unidade com um ou mais defeitos;
- Oportunidade de Defeito: Probabilidade que um defeito ocorra;
- DPMO: Defeitos por Milhão de Oportunidades;
- Rendimento do Processo (*Yield*): Proporção de unidades não-defeituosas produzidas pelo processo. A descrição destes indicadores está na tabela 1.

Sigma do Processo: Expressão do rendimento do processo baseada no número de defeitos por milhão de oportunidades (SETEC, 2006).

Redimento do Processo	DPMO	Sigma do Processo
30,9%	691462	1,0
69,1%	308538	2,0
93,3%	66807	3,0
99,38%	6210	4,0
99,977%	233	5,0
99,99966%	3,4	6,0

Tabela 1 - Três indicadores usados no Seis Sigma  
 FONTE: Setec, 2006.

Segundo Eckes (2001) o Seis Sigma se baseia no método científico que considera os seguintes passos:

1. Observar – Identificar objetos e suas propriedades utilizando os cinco sentidos, identificando mudanças em vários aspectos e fazendo observações.
2. Classificar – Classificar os objetos e suas propriedades, agrupando-os de acordo com as semelhanças e diferenças, e descrever os subcomponentes dos objetos.
3. Medir – Comparar duas quantidades, em que é usada como unidade de mensuração.
4. Coletar e Organizar – Coletar, descrever e registrar os dados, e depois ordenar, classificar e comparar para identificar padrões e similaridades.
5. Prever e inferir – sugerir explicações para um conjunto de dados coletados e, então, formular generalizações.
6. Identificar variáveis – formular uma hipótese a partir de um conjunto de observações e inferências, e elaborar um método para verificar a hipótese.
7. Sintetizar – Integrar habilidades básicas de elaboração, experimentação e interpretação na investigação de um fenômeno de observação.

## 2.7 A Estratégia do Seis Sigma

Para Eckes (2001) existem oito passos para a melhoria estratégica do negócio e que são usadas no Seis Sigma eles são:

Passo 1 – Criação e Acordo sobre os Objetivos Estratégicos do Negócio, para que um programa de qualidade seja bem-sucedido, é fundamental que tenha o apoio e o envolvimento ativo das lideranças da empresa. Porém, para que isto seja obtido, o programa de qualidade deve estar vinculado aos objetivos estratégicos correntes da organização.

Passo 2 - Criação dos Processos Essenciais, Subprocessos-Chaves e Processos Capacitadores, uma empresa precisa identificar os processos essenciais e subprocessos-chave que constituem a sua organização. Um processo essencial é um conjunto de atividades ou etapas multifuncionais, que gera um impacto profundo no alcance dos objetivos estratégicos do negócio, tanto direta como indiretamente. Os subprocessos-chave são aqueles que fazem parte de um processo essencial.

Passo 3 - Identificação dos Donos do Processo, após a identificação dos processos e subprocessos deve-se identificar um dono para eles. Este não é, necessariamente, o chefe do departamento funcional relacionado ao processo (embora estes chefes venham a ser responsáveis por processos). O dono do processo deve possuir as seguintes competências:

- Conhecimento suficiente dos subprocessos para ser um especialista do assunto;
- Ter habilidades de liderança;
- Entendimento e avaliação da Gestão do Processo do Negócio;
- Ser responsável pelo sucesso ou pelo fracasso do funcionamento do negócio;
- Respeitar os participantes dos processos anteriores e subseqüentes ao seu.

Passo 4 – Criação e validação dos “Painéis” de mensuração. O dono do processo deve criar um painel de mensuração, para o processo que gerencia. O que deve constar neste painel pode ser definido através dos consumidores, por meio de ferramentas como grupos de foco, entrevistas, reclamações de clientes ou pesquisa de mercado. Este painel é semelhante ao painel de um carro, onde indica as condições do veículo.

Passo 5 - Coleta de Dados para os painéis. Deve-se coletar dados e analisa-los para saber se o processo esta atendendo aos requisitos dos clientes e aos objetivos da organização.

Passo 6 – Definição dos critérios para a seleção de projetos e escolhas dos primeiros projetos, a metodologia de priorização deve ser relativamente simples, a equipe de gestão deve decidir quais os critérios de seleção que serão usados para escolher os projetos de

melhoria. Recomenda-se enfaticamente que os primeiros critérios sejam os objetivos estratégicos do negócio da empresa.

## **2. 8 Estrutura do Seis Sigma**

A Formação da Equipe para os projetos Seis Sigma é fundamental para o sucesso dos projetos. Estas equipes devem ter receber treinamento adequado na metodologia para conduzirem com êxito. De acordo com Rotondaro (2002), treinar os colaboradores na metodologia Seis Sigma é o caminho para uma empresa conseguir melhorar os seus processos.

A nomenclatura usada para os membros da equipe de Seis Sigma foi estabelecida baseando-se nas graduações usadas nas artes marciais.

Segundo Eckes (2001) as equipes dos projetos Seis Sigma, geralmente, possuem as seguintes composições:

- O Patrocinador ou Campeão da Equipe.
- Consultor da Equipe (Master Black Belt ou Mestre Faixa preta).
- Líder da Equipe (Black Belt ou Faixa-preta).
- Green Belt ou Faixa-verde.
- Membros da Equipe.

Já Snee *et al* (2005) diz que os projetos Seis Sigma devem ter as pessoas certas para se obter o sucesso esperado, sendo assim os líderes da organização devem selecionar e treinar adequadamente cada participante da equipe e definir bem as responsabilidades de cada, seja ele, faixa preta , faixa verde ou somente membro da equipe.

### **2.8.1 O Patrocinador ou Campeão da Equipe**

Geralmente o patrocinador ou campeão da equipe é o dono do processo que, como membro do grupo da gestão de processo do negócio, conseguiu que este projeto fosse selecionado. O patrocinador da equipe possui diversas responsabilidades. Primeiro, ele vai selecionar os membros da equipe. Segundo, ele vai gerar a orientação estratégica para a equipe, mostrando aos seus membros o porquê deste grupo ser formado e quais os objetivos estratégicos que poderão ser impactados se o projeto for realizado com sucesso. Terceiro, ele vai estabelecer em linhas gerais o que um projeto bem-sucedido obterá. Em seguida, o patrocinador vai ajudar a estabelecer o escopo geral do projeto, para que o grupo entenda o que deve ser trabalhado e, principalmente, o que deve ser evitado.

Para Pande *et al* (2001) o patrocinador ou campeão é responsável, que pode ser um gerente Sênior, que vai supervisionar um projeto de melhoria, responsabilidade que requer equilíbrio, uma vez que as equipes precisam tomar as suas próprias decisões, mas, também necessitam de orientação dos líderes da empresa para direcionarem seus esforços.

Eckes (2001) afirma que depois que o processo estiver em andamento, o patrocinador terá duas principais responsabilidades. Ele será responsável pela remoção de obstáculos que possam atrapalhar o sucesso do grupo, e a segunda é tomar as principais decisões do grupo com relação às soluções que serão geradas durante a etapa da melhoria do modelo.

### **2.8.2 Consultor da Equipe (Master Black Belt ou Mestre Faixa preta)**

Segundo Eckes (2001) O Mestre Faixa Preta normalmente não é um membro em tempo integral da equipe. Esta pessoa equivale a um consultor interno de qualidade, que possui grandes conhecimentos, habilidades e técnicas para auxiliar tanto o faixa preta, quanto o faixa verde. Ele é aquele que ajuda a disseminar a metodologia do Seis Sigma na organização, responsabiliza-se pela criação de mudanças na organização; ajuda os patrocinadores na escolha e treinamento de novos projetos de melhoria; oferece liderança técnica no preparo do Seis Sigma.

### **2.8.3 Líder da Equipe (Black Belt ou Faixa-Preta)**

O faixa-preta trabalha sob coordenação do *Master Black Belt*. Segundo Eckes (2001), ele tem diversas responsabilidades, primeiro ele é responsável pelo gerenciamento tático do trabalho que está sendo conduzido pelo grupo. Ele coordena tarefas de acordo com os cronogramas previamente estabelecidos e mantém um vínculo permanente com o patrocinador, eles devem possuir características como iniciativa, entusiasmo e habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação.

Os faixas-preta podem também treinar os *Green Belts* e os orientá-los na condução dos trabalhos em equipes. Ele funciona atua como uma espécie de consultor para os faixas-verde.

### **2.8.4 Green Belt ou Faixa-verde**

São normalmente selecionados entre o nível de coordenação e supervisão da organização e executam o Seis Sigma como parte de suas atividades diárias e possuem duas

tarefas principais: auxiliar os *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e liderar pequenos projetos de melhoria em sua área de atuação. Eles coordenam tarefas de acordo com os cronogramas previamente estabelecidos. O treinamento pelo qual o faixa verde passa é mais simplificado do que os que os faixas pretas passam em relação ao uso das ferramentas da metodologia (ECKES, 2001).

### **2.8.5 Membros da Equipe**

Os membros da equipe são selecionados com base nas competências técnicas em relação ao projeto. Eles devem possuir conhecimento na metodologia Seis Sigma e dos processos onde o projeto está sendo implementado. Sua maior responsabilidade reside na implementação das etapas do projeto Seis Sigma. (ECKES, 2001).

## **2.9 Principais Ferramentas utilizadas na Metodologia Seis Sigma**

O Seis Sigma oferece um método estruturado para melhorar o desempenho das organizações, baseado nas técnicas de controle estatístico de processo, nos métodos de análise de dados e no treinamento sistemático de todo o pessoal envolvido na atividade ou no processo estabelecido pelo programa. É uma metodologia bem estruturada e comandada por dados para a eliminação de defeitos, desperdícios ou problemas da qualidade na manufatura, no serviço de entrega, no gerenciamento e em outras atividades do negócio (SPANYL; WURTZEL, 2004).

Para Werkema (2006) no Seis Sigma, as ferramentas estatísticas utilizadas para o desenvolvimento da Metodologia Seis Sigma estão longe de construir novidade. Novas são a abordagem de processo e a implementação, singular e rigorosa.

Programas Seis Sigma entre os mais bem sucedidos apontam para alguns elementos:

- Mensuração dos benefícios pelo aumento da lucratividade; método estruturado para atingimento das metas;
- Elevado comprometimento da alta administração da organização sem deixar de considerar, como fundamentais para o êxito, o foco na satisfação do consumidor, a infra-estrutura criada na organizada para apoio ao programa, a busca incessante da redução da variabilidade, a extensão para o projeto de produtos e processos e a aplicação efetiva a processos outros que não técnicos (administrativos, de serviços, transações etc.).

### 2.9.1 Projeto e Análise de Experimento (PAE)

Sir Ronald A. Fisher, cientista britânico, foi o inovador no uso dos métodos estatísticos e da análise de dados no *Rothamsted Agricultural Experiment Station*, de Londres, em 1920. Fisher desenvolveu o primeiro uso da análise da variância, assim como os primeiros métodos de estatística no PAE (MOTGOMERY, 1997 *apud* SOUZA, 2002).

O método PAE foi aplicado na agricultura e na ciência biológica, tendo alcançado enorme sucesso. Na indústria, o objetivo principal é extrair o máximo de informação para determinar quais fatores afetam o processo produtivo; similarmente na aplicação científica, onde as técnicas de análise de variância e regressão são usadas para determinar se existe significância entre as variáveis de entrada no processo sobre as variáveis de saída, com intuito de descobrir possíveis correlações entre os fatores pesquisados, e assim determinar a origem de diferentes mudanças no processo, ou seja, as causas especiais de variação do processo (HALBLEID; CROWDER, 2001 *apud* SOUZA, 2002).

Domenech (2005) *Apud* (Silva, M., 2006, p. 35) lista os ingredientes de um PAE com sucesso:

- Variação simultânea dos fatores controlados;
- Aumento do domínio experimental (*range*) destes fatores;
- Verificação de pré-requisitos tais como: estabilidade mínima do processo e
- Sistema de medição adequado;
- Utilização de dispositivos para tratamento de fatores não controlados, tais como randomização, blocagem, repetição dos ensaios do plano fatorial e repetição do ponto central ao longo da matriz.

### 2.9.2 Análise de Variância

A análise de variância (ANOVA) é usada para descobrir os efeitos principais e as interações das variáveis independentes ( $X$ 's) e uma variável dependente do intervalo ( $Y$ ). A versão (GLM) modelo linear geral de ANOVA suporta um número maior de variáveis dependentes ( $Y$ 's). Um efeito principal é o efeito direto de uma variável independente na variável dependente. Um efeito de interação é o efeito comum a duas ou mais variáveis independentes na variável dependente (TURNER; THAYER, 2001).

A ANOVA e a análise de regressão são similares e elas são usadas para investigar e modelar o relacionamento entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Entretanto, este método difere da regressão em duas maneiras: as variáveis

independentes são qualitativas, e nenhuma suposição é feita sobre a natureza do relacionamento (isto é, o modelo não inclui coeficientes para variáveis). De fato, a ANOVA estende o teste t de duas amostras para testar a igualdade de duas médias da população a uma hipótese nula mais geral de comparar a igualdade de mais de duas médias. Diversos procedimentos de ANOVA permitem modelos com variáveis qualitativas e quantitativas. As potencialidades incluem procedimentos e modelos com dados coletados de um número de projetos diferentes para testar variações iguais e gráficos de efeitos e de interações principais (COLE;MAXWELL;ARVEY; SALAS, 1993) *apud* (Silva, M., 2006, p.36).

### **2.9.3 Voz do Cliente (VOC)**

Uma organização precisa conhecer como o cliente julga seus produtos e/ou serviços. Portanto, torna-se necessário obter informações seguras de como o cliente percebe seus produtos e/ou serviços. É de seu interesse conhecer o quanto seus produtos e/ou serviços estão atendendo às necessidades e atingindo os desejos de seus clientes (SANTOS, 1999). Isso quer dizer que é necessário que as empresas procurem ouvir seus cliente para identificar suas necessidades e expectativas.

Para Setec (2006) o termo voz do cliente é usado para descrever as necessidades dos clientes e a percepção destes com relação ao seu produto e serviço. Estudar a VOC ajuda a aumentar sua abrangência de mercado e seus lucros, por meio do entendimento do relacionamento entre as atividades do negócio e o valor percebido pelo cliente nessas atividades.

Segundo a Setec (2006) a Voz do Cliente é importante para definir a Característica Crítica para a Qualidade (CTQ) – uma descrição de um atributo do produto ou serviço que influencia a decisão de compra do cliente.

As CTQs existem em vários níveis de processos. Elas devem ser definidos de modo que indicadores possam ser criados para medi-las.

Exemplos de CTQ: pontualidade de entrega, precisão de definições, conformidade do produto, conhecimento dos produtos e serviços.

Para a Setec(2006) pode-se analisar a VOC através do diagrama de Kano, Figura 16, que analisa a vontade do cliente da seguinte forma:

- VOC Reativa: As características imprescindíveis são normalmente tidas como certas a menos que elas estejam ausentes! Arrume-as primeiro.

- VOC Reativa e Pró-ativa: Os clientes geralmente discutem e levantam questões relacionadas às características “Mais é Melhor”.
- VOC Pró-ativa: As características “A Mais” geralmente não são mencionadas, já que os clientes não ficam insatisfeitos com sua ausência.

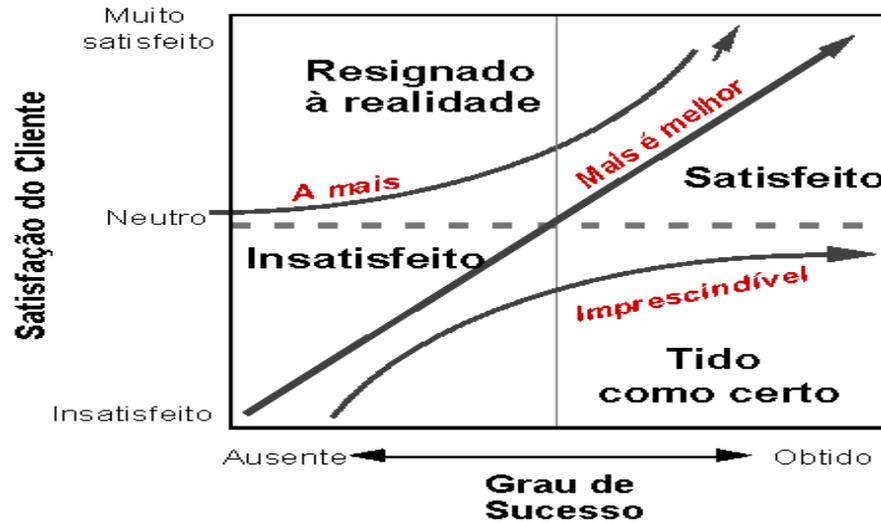


Figura 16 - Diagrama de Kano  
FONTE: Setec (2006).

#### 2.9.4 Mapeamento do Processo ou Fluxograma do Processo

Segundo Carvalho (2002), o fluxograma é utilizado para representar de forma esquemática o processo para que se possa aperfeiçoar-lo. Ele permite a identificação dos elementos básicos do processo.

Para a Setec (2006), Mapas do Processo/fluxogramas, Figura 17, são ferramentas que tornam o processo visível, pode mostrar processo como um todo, a seqüência das fases, a relação entre as fases e as “fronteiras” iniciais e finais das fases.

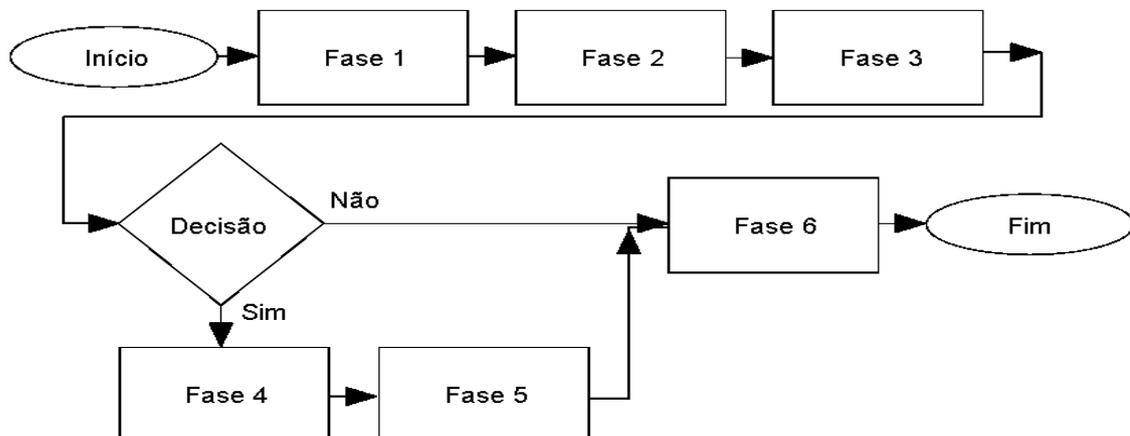
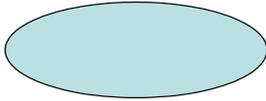
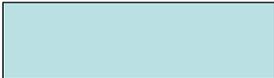
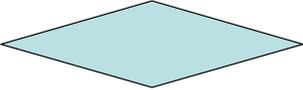
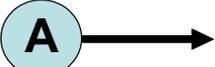
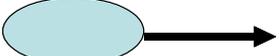


Figura 17 - Modelo esquemático de um fluxograma de processo  
FONTE: Setec (2006).

Segundo Brassard *et al* (2002) para entender a situação atual com detalhes suficientes, pode-se achar necessário um fluxograma mais detalhado, o nível dos detalhes varia dependendo da necessidade e circunstância. Informações adicionais podem ser escritas sob cada fase. Para desenhar um fluxograma se utiliza alguns símbolos, como demonstrado no Quadro 4.

	Uma Elipse mostra o início ou final do processo
	Um retângulo contém uma frase iniciada por um verbo, representa uma atividade
	Uma flecha indica a direção do fluxo de uma atividade à próxima na sequência. Apenas um caminho principal é permitido a partir de uma atividade.
	Um losango (diamante) significa uma decisão. Normalmente, dois caminhos surgem na decisão, significando "SIM" e "NÃO" para a questão de dentro do losango. A resposta SIM geralmente, mas não obrigatoriamente, deve apontar pra baixo.
	Um círculo com uma letra ou um número dentro simboliza a continuação de um fluxograma.
	Um círculo com as letras X ou Y representam a localização de um indicador de saída ou de entrada.
	Um pequeno círculo com uma flecha representa a entrada de uma fonte externa, como fornecedor.

Quadro 4 - Símbolos comumente usados em fluxogramas  
FONTE: Setec (2006).

### 2.9.5 Diagrama de SIPOC

O diagrama SIPOC, Figura 18, que significa *Suppliers* (fornecedores), *Inputs* (entradas), *Process* (processos), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes) é uma das ferramentas mais utilizadas para ter um entendimento global de processo é o diagrama SIPOC. Utiliza-se o modelo SIPOC para melhor descrever o processo e suas interfaces com fornecedores e clientes (SETEC, 2006).

Os processos de trabalho são séries contínuas de atividades, onde se tem entradas de materiais entregues pelos fornecedores, são transformados nos processos da fábrica e são entregues como saídas para um consumidor ou cliente. Em cada etapa do processo as entradas

recebem um valor e passam como saída para as demais fases da cadeia do processo (SETEC, 2006).

Para Snee *et al* (2005) no modelo SIPOC, todos os processos, não importa a FONTE, começa olhando igualmente as melhorias estratégicas que serão usadas visando a satisfação dos clientes e a redução das variações dos processos.

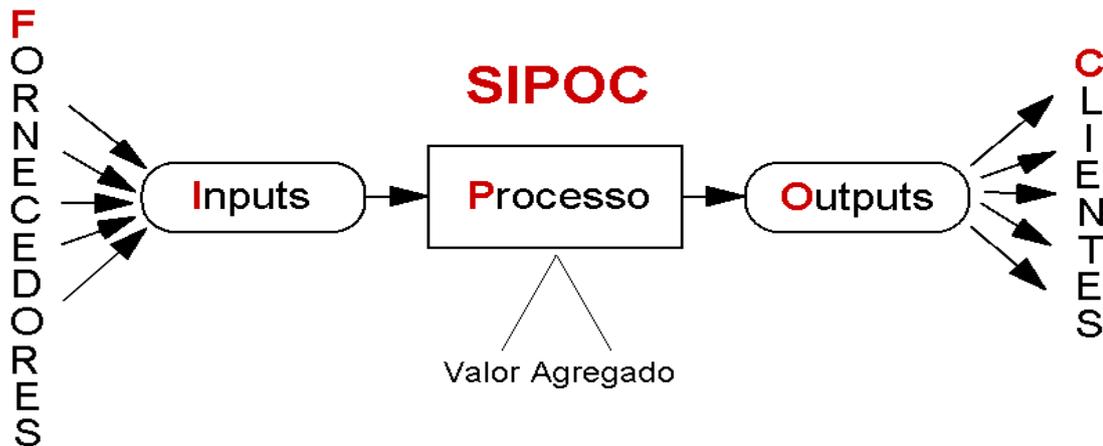


Figura 18 - Diagrama SIPOC  
FONTE: Setec, 2006.

## 2.10 DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)

A metodologia (DMAIC) mostrada na Figura 19, incorpora as seguintes fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Uma organização identifica uma área de problema, mede-a, identifica sua causa-raiz, implementa soluções para tratar essas causas e finalmente avalia e controla as melhorias (SPANYL, 2004; WURTZEL, 2004).

Para Rechulski (2004) a metodologia DMAIC é uma versão do Seis Sigma para melhoria de processos que utiliza amplamente a estatística tradicional de controle da qualidade em cinco fases bem definidas.

Segundo Eckes (2001) o Seis Sigma utiliza duas metodologias principais, DMAIC e DMADV. A DMAIC é usado para um processo existente. A DMADV é usado ao criar um novo produto ou um processo. Usando o DMADV para novos projetos cria-se processo mais estáveis e controláveis e os produtos gerados neste processos são de melhor qualidade.

Para a Setec (2006) usa-se o DMAIC quando:

- Os negócios há problema complexo ou recorrente, sem uma solução conhecida;

- Processo, produto ou serviço existente;
- Requisito do cliente não é atendido;
- Melhoria incremental não é suficiente para atender aos requisitos do cliente.



Figura 19 - DMAIC  
FONTE: Setec, 2006.

### 2.10.1 Definir

Definir: Nesta fase, conforme pode-se ver na Figura 20, definem-se formalmente os problemas, oportunidade, objetivos inclusive de redução de custo e processo envolvido. São escolhidos processos-chave que afetam muito as expectativas do consumidor e cujos desempenhos podem comprometer profundamente o alcance das metas estratégicas da organização.

Para Setec (2006) nesta fase deve-se definir o objetivo, o escopo e as principais etapas do projeto, bem como delimitar o problema.

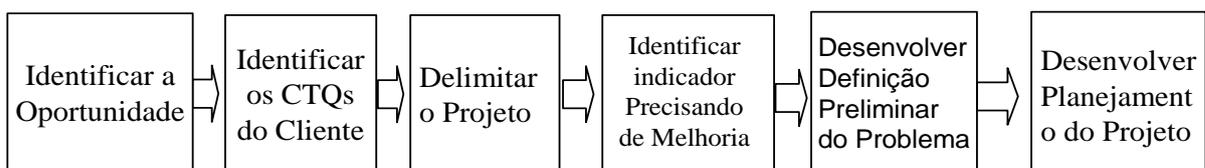


Figura 20 - Etapas de atividades na fase definir  
FONTE: Setec (2006).

Segundo Brassard *et al* (2002) *apud* (Silva, M., 2006 p. 62), as ferramentas mais comuns usadas na fase definir são:

- Diagrama de afinidade - possibilita a equipe organizar e sumarizar os dados;
- Charter - Documenta que o projeto pode ser implementado e que recursos são disponíveis para a equipe;
- Plano de comunicação - a comunicação regular com os acionistas pode ajudar a equipe a compreender o trabalho, identificar as melhores soluções para os problemas;
- Cartas de Controle - focaliza a atenção na detecção e monitoramento da variação do processo no tempo;
- Árvore de CTQ - possibilita a equipe descrever as necessidades dos clientes e as características mensuráveis correspondentes;
- Coleta de dados - os dados dos clientes ajudam à equipe a compreender o que é importante para o projeto.
- Modelo Kano - ajuda a equipe compreender os requisitos dos clientes;
- Gráfico de Pareto - auxilia a equipe a focalizar seus esforços nos problemas questão causando maiores dificuldades;
- Gráfico de tendência - possibilita a equipe a estudar o desempenho do processo para identificar tendências no decorrer do tempo;
- SIPOC - a análise do SIPOC (fornecedores, entradas, processo, saídas clientes) ajuda a equipe compreender os elementos-chaves do processo e definir os limites e o escopo do projeto;
- Revisão (*tollgate*) - um processo de revisão formal que auxilie o acompanhamento do projeto e o sucesso do resultado do projeto;
- $Y = f(x)$  - permite estruturar a relação entre os  $Y'$  (CTQs), os  $y'$ s (saída do processo afetando diretamente os  $Y'$ ), e os  $x'$ s (os fatores causais que afetam diretamente os  $y'$ s).

### 2.10.2 Medir

Nesta fase deve-se medir o desempenho atual do processo e diminuir a área do problema deve-se nesta fase obter os dados iniciais do processo focado e avalia-se a habilidade dos processos atuais em fornecer os produtos de acordo com as exigências e selecionam-se as variáveis do processo a serem mais bem analisadas.

Na fase medir deve-se priorizar a identificação das métricas válidas e confiáveis que auxiliarão no desenvolvimento de uma infra-estrutura de medição. Além de definir o que deve ser medido, nesta fase deve-se criar um plano de coleta de dados eficiente que possibilite ter uma visão geral de quem coletará e compilará os dados; quais formulários serão necessários; quantas observações ou itens serão necessários; com que frequência será preciso realizar medições; onde estão os dados e informações necessárias; quanto de recurso será necessário para obter os dados; como serão treinadas as pessoas; como o processo de medição será monitorado; e o que deve ser mudado ou adaptado para facilitar a sistemática da medição. A existência e de um sistema de medição de desempenho estruturado é um ponto crucial nesta fase do ciclo (TEIXEIRA, 2005).

Segundo Eckes (2001) “Se você não possui dados, você é apenas mais uma pessoa com uma opinião”.

Já Deming (1980) *apud* (Eckes, 2001, p. 82) diz que o que é medido, é realizado. Por isso esta fase do projeto Seis Sigma deve ser muito bem realizada, pois ela é a base para a realização de todas as melhoras do processo.

Para Brassard *et al* (2002), o objetivo desta fase é focar os esforços de melhoria, obtendo informações sobre a situação atual. Como saída desta fase devemos ter, uma visão melhor dos processos, quais são os pontos do processo que precisam de melhorias, ter informações reais dos processos e ter mais foco na definição real do problema. Nessa fase as ferramentas comumente utilizadas são:

- Coleta de dados;
- Fluxograma;
- Histograma;
- Análise de sistemas de medição;
- Cartas de controle;
- Definições operacionais;
- Gráfico de Pareto;
- Processo Sigma;
- Gráfico de seqüência;
- Função perda de Tagushi;
- Revisão do projeto (Tollgate).

### 2.10.3 Analisar

Nesta fase deve-se analisar as causas-raiz potenciais e confirmá-las com os dados atuais do processo, Os dados são analisados para se determinar o desempenho e a capacidade sigma dos processos (SETEC, 2006).

Para Teixeira (2005) A ênfase nesta fase é a análise dos dados coletados e determinação das causas de defeitos e oportunidades para melhoria, identificando pontos de melhorias entre desempenho real e metas, bem como as FONTES reais de variação dos processos. As atividades nesta fase incluem, ainda, a caracterização do nível sigma e a identificação das oportunidades para melhoria, juntamente, com objetivos quantitativos para cada oportunidade.

Brassard *et al* (2002) diz que nesta fase as principais o objetivo principal é determinar as causas-raiz e confirma-las com dados e para isto as ferramentas utilizadas são:

- *Brainstorming* (Chuva de idéias);
- Definição final do problema;
- Histograma;
- Teste de hipótese;
- Diagrama de causa e efeito;
- Delineamento de experimento;
- Diagrama de dispersão;
- Diagrama de árvore
- Revisão do projeto (*Tollgate*);

### 2.10.4 Melhorar

Deve-se melhorar o processo desenvolvendo e testando soluções que tratem das causas-raiz, intervindo no processo para reduzir significativamente os níveis de defeitos. A melhoria do processo alvo é obtida através de projetos que englobem soluções criativas para fixar e prevenir problemas (SETEC, 2006).

Brassard *et al* (2002) fala que nesta fase é implementar soluções que elimine as causas-raiz dos problemas e para isto as principais ferramentas utilizadas são:

- FMEA (Modo de falhas e seus efeitos) ferramenta de caráter preventivo permite tomar ações de contenção para reduzir ou eliminar riscos;

- Histograma - comparando o antes e o depois, os histogramas mostram quanto de progresso tem sido alcançado;
- Matriz de envolvimento - auxilia a equipe a pensar sobre quem deve estar envolvido nas diferentes etapas necessárias para fazer da mudança uma realidade, e qual nível de envolvimento é apropriado para eles.
- Gráfico de Pareto - assim como os histogramas, o gráfico de Pareto é uma forma de ver objetivamente quanto de progresso tem sido obtido com o projeto;
- Matriz de priorização - avalia as alternativas de soluções para um determinado problema;
- Processo sigma - mostra a eficácia de qualquer solução através do cálculo o novo nível sigma do processo;
- Diagrama de atividade/gráfico de Gantt - usado para acompanhar os planos de implementação;
- Brainstorming (chuva de idéias) - possibilita a geração eficiente de um grande número de possíveis soluções;
- Escala de comprometimento - auxilia na compreensão de como o trabalho deve ser feito para alcançar os níveis desejados de comprometimento;
- Cartas de controle - nesta fase, essas cartas são usadas para mostrar o desempenho do passado e do presente de um indicador.
- Gráfico de seqüência - tal como a carta de controle, este gráfico mostra se uma solução tem efeito real ou atrasado no processo;
- Revisão do projeto (*tollgate*) - um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

### **2.10.5 Controlar**

Segundo a Setec (2006) deve-se controlar o processo para manter os ganhos e a transição para a implementação completa, para isto usa-se o controle estatístico do processo (CEP para manter as melhorias no desempenho. Esta etapa terá como resultados práticas de documentação para o novo método implementado, os treinamentos para o novo método e um Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo (PMCS) operacional para quem ficar responsável pela manutenção das melhorias conseguidas pelo projeto.

Brassard *et al* (2002) fala que nesta fase é deve-se controlar os ganhos obtidos com a implementação das melhorias, padronizar os métodos de controle e estabelecer responsáveis pela manutenção da melhoria destes processos e para isto as ferramentas utilizadas são:

- Plano de comunicação – ajuda a comunicar efetivamente o projeto ao resto da organização;
- Cartas de controle – podem ajudar a quantificar continuamente a capacidade do processo e identificar quando eventos especiais interrompem as operações normais;
- Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) – serve como um lembrete para pensar em melhoria como algo contínuo;
- Cartas de gerenciamento de processo – documenta o PDCA – o plano para executar o trabalho, como verificar os resultados, e como atuar se algo indesejável ou inesperado surge.
- Gráfico de tendência – monitora o progresso no decorrer do tempo após a finalização do projeto;
- Revisão do projeto (*Tollgate*) – um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

## **2.11 DMADV (Definir, Medir, Analisar, Projetar (Desing) e Validar)**

Segundo Werkema (2004) o DMADV, é uma forma estruturada de projetos, DFSS (Design for Six Sigma), onde deve-se Definir claramente o novo processo ou produto a ser projetado, Medir as necessidades dos clientes e traduzi-las em CTQ's (Características Críticas para a Qualidade), Analisar, desenvolver conceitos, selecionar o melhor para o projeto, Projetar o processo ou produto detalhando o máximo possível, criando-se protótipos e realizando todos os teste necessários e deve-se preparar para a produção em pequena e larga escala. Validar, testar a viabilidade do projeto e lançar o novo produto ou processo.

Para a Brassard *et al* (2002) o DMADV deve ser usado para novos processos ou produtos, ou quando se vão fazer grandes modificações nos processos ou produtos já existentes.

### **2.11.1 Definir**

Definir segundo Brassard (2002) nesta fase é identificado o que será projetado e os objetivos a serem alcançados, define-se claramente os planos do projeto, os planos para

gerenciamento dos risco, é distribuído as regras e responsabilidades pelo projeto e verifica-se se o projeto é viável. Para esta fase as ferramentas usadas são:

**Ferramentas de análises de mercado:**

- Ferramentas de previsão de mercado
- Análise de valor para o cliente
- Tecnologia de previsão
- Análises competitiva

**Ferramentas de análises de processos:**

- Gráficos de Pareto
- Gráficos de Controle

**Ferramentas de tradicionais de planejamento e projetos:**

- Gráficos de Gantt
- Diagrama de rede de atividades

### 2.11.2 Medir

Para Brassard *et al* (2002) a etapa medir é o entendimento das necessidades e expectativas dos clientes relativas ao produto ou serviço que está sendo criado, para isto traduz-se a VOC (voz do Cliente) em características críticas para a qualidade (CTQ – *Critical To Quality*) do projeto que, serão os objetivos do novo processo. Nesta fase as ferramentas usadas são:

- Diagrama de árvore
- Plano de coleta de Dados
- Ferramentas de pesquisa do cliente, tais como entrevistas, grupos de focos, pesquisas;
- Tabela de voz do cliente
- Tabela de Kano
- Plano de múltiplos estágios
- *Benchmarking*
- Diagrama de afinidade

- Matriz de Risco
- Revisão do projeto (*Tollgate*) – um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

### 2.11.3 Analisar

Na etapa analisar para Brassard *et al* (2002) deve-se escolher a melhor solução entre as possíveis alternativas de projeto, considerando as possíveis restrições, os projetos que melhor atendem a voz do cliente. As ferramentas utilizadas para isto podem ser:

- *Brainstorming e Brainwritting*
- Analogias
- Matriz de Pugh
- Revisão do projeto (*Tollgate*) – um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

### 2.11.4 Projetar (Design)

Segundo Brassard *et al* (2002) esta etapa ocorre o desenvolvimento de alto nível do projeto ou produto detalhando o máximo possível, criando-se protótipos e realizando todos os teste necessários e deve-se preparar para a produção em pequena e larga escala para esta etapa as ferramentas usadas são:

- Matriz QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função da Qualidade)
- Simulação
- Protótipos
- FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* – Modo de falhas e análises dos efeitos)
- Ferramentas de planejamento
- Gráficos de gerenciamento de processos
- Revisão do projeto (*Tollgate*) – um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

### 2.11.5 Validar

Segundo Brassard *et al* (2002) nesta etapa a equipe vai testar e validar o projeto. A equipe irá monitorar o desempenho dos CTQs do produto ou processo das seguintes ferramentas:

- Ferramentas de planejamento

Ferramentas de análises de dados tais como:

- Cartas de controle
- Diagrama de Pareto

Ferramentas de Padronização:

- Fluxogramas
- Lista de verificação (*check list*)
- Gráficos de Gerenciamento de Processo.

### 2.12 Cálculo do Sigma

Segundo Eckes (2001) Para cálculo do Sigma podemos utilizar dois métodos o método discreto ou o método contínuo.

Para se usar o método discreto é necessário conhecer três itens sobre aquilo que está sendo medido:

1. Unidade - que é o produto ou serviço;
2. O defeito - qualquer evento que não atenda aos requisitos do cliente;
3. Oportunidade – chance de o defeito ocorrer.

A fórmula para calcular o sigma é a seguinte:

$$\frac{\text{Número de defeitos}}{\text{Número de oportunidades} \times \text{Número de unidades}} \times 1000.000$$

Esta fórmula é conhecida como Defeitos por Milhão de Oportunidades ou DPMO, com o valor obtido nesta fórmula examina-se a tabela 2 e encontra-se o valor do sigma do processo.

Veja o exemplo:

Suponhamos que um hotel avaliou 520 pedidos de serviços de quarto, 3 tiveram atrasos no atendimento e 1 uma pessoa avaliou o serviço com uma nota 02, esta avaliação baixa vamos considerar como defeito. Considere que tínhamos 3 oportunidades de defeitos que eram: atrasos, baixa avaliação e pouca diversidade no cardápio.

O cálculo ficaria o seguinte:

$$DPMO = \frac{4}{3 \times 520} \times 1000000 = 2564,1$$

Consultando a tabela verificamos que o desempenho sigma do processo é 4,3.

Para Eckes(2001) pelo método contínuo do sigma deve-se calcular o Cpk – Índice de capacidade comparado a uma constante k.

O cálculo do CpK é o seguinte:

$$C_{pk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{LSE - \bar{X}}{3s} = C_{pkS} \\ \frac{\bar{X} - LIE}{3s} = C_{pkI} \end{array} \right. \quad \text{Usar o menor dos dois valores}$$

LSE= Limite superior especificado;

LIE= Limite Inferior especificado;

S= Desvio padrão da amostra;

De posse do valor do Cpk vá até a tabela e encontra o sigma do processo.

Exemplo:

Considere que o serviço de quarto teve a seguinte avaliação:

Uma média de 22 minutos para atendimento;

Um desvio padrão de 2;

Um limite superior especificado de 30 minutos, logo teremos o seguinte CpK:

$$C_{pk} = \frac{30 - 22}{3 \times 2} = 1,33$$

Consultando a tabela 2 encontramos que o desempenho sigma do processo é 4,00.

Segundo Eckes(2001) os dados contínuos mostram-se melhores de serem usados, pois demonstram a magnitude da variação do processo; podem nos indicar o tipo de variação existente (causa comum ou especial); são menos numerosos para serem coletados e, além disso, o cálculo do sigma a partir dos dados discretos, embora válido, pode ser enganoso em algumas situações.

Werkema (2003) apresenta mais um modo de calcular o sigma do processo, que é as métricas baseadas em defeituosos. As métricas baseadas em defeituosos não levam em consideração o número de defeitos, ou seja, um item defeituoso que possui um defeito é equivalente a um defeituoso que apresenta cem defeitos. As duas principais métricas baseadas em defeituosos são: proporção de defeituosos (p) e rendimento final (Yfinal).

A proporção de defeituosos (p) e o rendimento final (Yfinal) são calculados a partir das fórmulas abaixo:

$$p = \frac{\text{Número de defeituoso}}{\text{Número total de unidades do produto avaliadas}}$$

$$Y_{\text{final}} = 1 - p$$

Exemplo:

Considere que um restaurante teve 10 pedidos defeituoso de um total 1000 pedidos, logo teremos:

$$P = 10 / 1000 = 0,01 \times 100 = 1\%$$

$$Y_{\text{final}} = 1 - 0.01$$

$$Y_{\text{final}} = 0.99 \text{ ou } 99 \%$$

Consultando a tabela 2, verifica-se que o desempenho sigma do processo é de aproximadamente 3.9.

Eckes (2001) diz que pode-se ter dois desempenho de processo, sendo um de curto prazo e outro de longo prazo, pois os processos como tudo mais, variam no decorrer do tempo.

Mikel Harry diz que existe um desvio padrão de 1,5 sigma mesmo nos processos mais consistentes. Portanto, precisamos levar em consideração este desvio de 1,5 considerando no longo prazo o pior cenário, ou seja, que um processo por mais estável que seja no longo prazo terá um desempenho de 4,5 sigmas (ECKES, 2001).

Segundo Eckes (2001) o curto prazo considera apenas o melhor cenário, neste caso o processo atinge 6,0 sigmas, a tabela 2 possui os valores do sigma tanto para o curto quanto para o longo prazo.

Índice de Capacidade (Cpk)	Sigma de longo		Rendimento (Yield)	DPMO	Defeitos			
	Sigma de curto prazo do processo	prazo do processo			por 100000	Defeitos por 10000	Defeitos por 1000	Defeitos por 100
2	6	4,5	99,99966	3	0,34	0,034	0,0034	0,00034
1,97	5,9	4,4	99,99946	5	0,54	0,054	0,0054	0,00054
1,93	5,8	4,3	99,99915	9	0,85	0,085	0,0085	0,00085
1,90	5,7	4,2	99,9987	13	1,34	0,134	0,0134	0,00134
1,87	5,6	4,1	99,9979	21	2,1	0,21	0,021	0,0021
1,83	5,5	4	99,9968	32	3,2	0,32	0,032	0,0032
1,80	5,4	3,9	99,995	48	4,8	0,48	0,048	0,0048
1,77	5,3	3,8	99,993	72	7,2	0,72	0,072	0,0072
1,73	5,2	3,7	99,989	108	10,8	1,08	0,108	0,011
1,70	5,1	3,6	99,984	159	15,9	1,59	0,159	0,016
1,67	5	3,5	99,98	233	23,3	2,33	0,233	0,023
1,63	4,9	3,4	99,97	337	33,7	3,37	0,337	0,034
1,60	4,8	3,3	99,95	483	48,3	4,83	0,483	0,048
1,57	4,7	3,2	99,93	687	68,7	6,87	0,687	0,069
1,53	4,6	3,1	99,9	968	97	10	0,968	0,097
1,50	4,5	3	99,87	1350	135	13	1,3	0,13
1,47	4,4	2,9	99,81	1866	187	19	1,9	0,19
1,43	4,3	2,8	99,74	2555	256	26	2,6	0,26
1,40	4,2	2,7	99,65	3467	347	35	3,5	0,35
1,37	4,1	2,6	99,5	4661	466	47	4,7	0,47
1,33	4	2,5	99,4	6210	621	62	6,2	0,62
1,30	3,9	2,4	99,2	8198	820	82	8,2	0,82
1,27	3,8	2,3	98,9	10724	1072	107	10,7	1,1
1,23	3,7	2,2	98,6	13903	1390	139	13,9	1,4
1,20	3,6	2,1	98,2	17864	1786	179	17,9	1,8
1,17	3,5	2	97,7	22750	2275	228	22,8	2,3
1,13	3,4	1,9	97,1	28716	2872	287	28,7	2,9
1,10	3,3	1,8	96,4	35930	3593	359	35,9	3,6
1,07	3,2	1,7	95,5	44565	4457	446	44,6	4,5
1,03	3,1	1,6	94,5	54799	5480	548	54,8	5,5
1,00	3	1,5	93,3	66807	6681	668	66,8	6,7
0,97	2,9	1,4	91,9	80757	8076	808	80,8	8,1
0,93	2,8	1,3	90,3	96801	9680	968	96,8	9,7
0,90	2,7	1,2	88,5	115070	11507	1151	115,1	11,5
0,87	2,6	1,1	86,4	135666	13567	1357	135,7	13,6
0,83	2,5	1	84,1	158655	15866	1587	158,7	15,9
0,80	2,4	0,9	81,6	184060	18406	1841	184,1	18,4
0,77	2,3	0,8	78,8	211855	21186	2119	211,9	21,2
0,73	2,2	0,7	75,8	241964	24196	2420	242,0	24,2
0,70	2,1	0,6	72,6	274253	27425	2743	274,3	27,4
0,67	2	0,5	69,1	308538	30854	3085	308,5	30,9
0,63	1,9	0,4	65,5	344578	34458	3446	344,6	34,5
0,60	1,8	0,3	61,8	382089	38209	3821	382,1	38,2
0,57	1,7	0,2	57,9	420740	42074	4207	420,7	42,1
0,53	1,6	0,1	54,0	460172	46017	4602	460,2	46,0
0,50	1,5	0	50,0	500000	50000	5000	500,0	50
0,47	1,4	-0,1	46,0	539828	53983	5398	540	54
0,43	1,3	-0,2	42,1	579260	57926	5793	579	58
0,40	1,2	-0,3	38,2	617911	61791	6179	618	62
0,37	1,1	-0,4	34,5	655422	65542	6554	655	66
0,33	1	-0,5	30,9	691462	69146	6915	691	69
0,30	0,9	-0,6	27,4	725747	72575	7257	726	73
0,27	0,8	-0,7	24,2	758036	75804	7580	758	76
0,23	0,7	-0,8	21,2	788145	78815	7881	788	79
0,20	0,6	-0,9	18,4	815940	81594	8159	816	82
0,17	0,5	-1	15,9	841345	84135	8413	841	84
0,13	0,4	-1,1	13,6	864334	86433	8643	864	86
0,10	0,3	-1,2	11,5	884930	88493	8849	885	88
0,07	0,2	-1,3	9,7	903199	90320	9032	903	90
0,03	0,1	-1,4	8,1	919243	91924	9192	919	92
0,00	0	-1,5	6,7	933193	93319	9332	933	93

Tabela 2 - Conversão de capacidade do processo e sigma  
 FONTE: Eckes (2001)

### **2.13 Mudanças no modo de produzir: Produção em Massa (empurrada) versus Produção Enxuta (puxada)**

Segundo Liker e Mier (2007) o termo Manufatura Enxuta, foi usado por um grupo de pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology*, no livro *The Machine that changed the world* (A máquina que mudou o mundo) de Womack e Jones, para designar os métodos usados para gerenciar e produzir automóveis na empresa Toyota, este método também é conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP).

A Manufatura Enxuta está provando ser um dos meios mais eficazes que as empresas possuem para melhorar seus processos e alcançar seus objetivos tanto em qualidade quanto em seus resultados financeiros (LIKER; MIER, 2007).

Desenvolvido pelas montadoras japonesas no final da década de 1940, a Manufatura Enxuta, tinha como finalidade reduzir os desperdícios gerados durante o processo de manufatura, responsáveis pelo aumento de custos para o cliente, sem agregar valor para o produto (ORIEL, 2003).

Apesar do consenso entre autores e especialistas como (Schonberger, 1988; Shinohara, 1988; Womack, 2004) acerca da aplicabilidade da Produção Enxuta em qualquer tipo de empresa, a base referencial disponível na literatura sobre Produção Enxuta é predominantemente focada nos casos dos processos produtivos seriados da indústria automobilística.

A seguir descrevem-se os aspectos mais importantes da criação do conceito de Produção Enxuta e sua evolução a partir dos conceitos de produção em massa (WOMACK, 2004).

Os americanos Henry Ford (*Ford Motor Company*) e Alfred Sloan (*General Motors*) foram quem conduziram após a Primeira Grande Guerra a transformação da produção artesanal, por séculos liderados pela Europa, em produção em massa.

O ponto chave da produção em massa é a consistente intercambialidade das peças na linha de montagem e sua facilidade de ajuste, cuja idealização alterou nossas noções mais fundamentais de como produzir bens, tanto quanto o nosso comportamento sócio-econômico. Os conceitos de produção em massa mantiveram-se absolutos por um longo período, até que uma nova filosofia de produção promovesse uma segunda grande transformação acerca de como produzir bens.

Esta nova filosofia teve origem no Japão na década de 50 e evoluiu ao longo dos tempos sendo adotada nos mais diversos países (CUSUMANO, 1989; OHNO, 1997 e SCHONBERGER, 1993).

A mais proeminente aplicação desta nova filosofia se deu na *Toyota Motor Company*. Nos idos dos anos 40 quando a família Toyoda, fundadora da empresa resolveu ingressar na fabricação de veículos, deparando-se com uma série de problemas e desafios a serem contornados, quais sejam: um mercado doméstico limitado e demandando vasta variedade de produtos; A mão-de-obra nativa induzida pelas novas leis trabalhistas após a ocupação norte-americana, se organizou formando sindicatos fortes que exigiam maiores garantias: a estabilidade no emprego surgiu naturalmente; A expressiva presença de fabricantes de veículos do mundo, ávidos por ingressarem no Japão, e por fim; A impossibilidade de aquisição de tecnologia ocidental num contexto de uma economia nacional arruinada pela guerra.

Outro fator a corroborar com o desenvolvimento desse novo sistema de produção foi a instalação dos conceitos da qualidade na indústria japonesa. Estes foram difundidos no Japão na década de 40, por iniciativa das forças de ocupação norte-americanas e sob a liderança de consultores como W. E. Deming, J. M. Juran e A. Feigenbaum. Incluí-se aí desde os métodos estatísticos de garantia da qualidade até outros de abordagem ampla incluindo programas participativos como os círculos da qualidade e outras ferramentas de desenvolvimento empresarial. Contudo o Sistema Toyota de Produção só veio a atrair a atenção da indústria japonesa e mundial com a primeira crise do petróleo em 1973.

Enquanto havia recessão econômica no Japão, Liker e Meier (2007) afirmam que o mercado americano estava em plena expansão e, aproveitando as condições favoráveis, a *General Motors e Ford* utilizavam-se da produção em massa, economias de escala e grandes equipamentos para produzir o máximo possível e reduzir os custos de produção. A Toyota, por outro lado, teve que diversificar a produção utilizando recursos limitados. Apesar de o Sistema Toyota de Produção ter sido criado após a Segunda Grande Guerra, ou seja, em meados da década de 50, somente na década de 70, com a crise do petróleo é que a produção enxuta, ou *lean manufacturing*, ficou mundialmente conhecida, pois, enquanto as duas líderes de mercado (*General Motors e Ford*) sentiam os efeitos da crise, a Toyota praticamente estava intacta.

Para uma implementação efetiva dos princípios relativos à Mentalidade Enxuta necessita apoio e suporte da alta direção da organização e estrutura organizacional. Neste sentido, Jackson e Jones (1996) *apud* (Borchardt, 2005, p.71), a partir de estudos relativos ao

que esses autores denominaram de “*lean management*”, ponderam que a organização, para implementar os princípios da Mentalidade Enxuta, deve levar em consideração os aspectos relativos à estratégia, à estrutura e às forças competitivas. Para migrar de uma lógica de produção “em massa” para um sistema enxuto, os parâmetros apresentados no Quadro 5 devem ser considerados.

<b>Parâmetros</b>	<b>Produção em massa</b>	<b>Produção enxuta</b>
<b>Satisfação dos clientes</b>	Engenharia deseja produzir em grandes quantidades, com níveis de qualidade estatisticamente aceitáveis, necessidade de inventário ocioso com baixos preços de venda.	Clientes desejam produtos livres de defeitos, no momento em que precisam e nas quantidades que eles solicitam.
<b>Liderança</b>	Por comando e coerção.	Por visão e participação ampla.
<b>Organização</b>	Individualismo e burocracia no estilo militar.	Operações baseadas em trabalho de equipes e hierarquias horizontalizadas.
<b>Relações externas</b>	Baseadas em preço.	Baseadas em relacionamento de longo prazo.
<b>Gestão da informação</b>	Gestão improdutiva da informação, baseada em relatórios sintéticos gerados pelos gerentes.	Gestão produtiva da informação baseada em controles visuais mantidos pelos empregados.
<b>Cultura</b>	Lealdade e obediência; subcultura de alienação e conflito trabalhista.	Cultura harmoniosa de envolvimento baseado em desenvolvimento das pessoas no longo prazo.
<b>Produção</b>	Mecanização em alta escala, <i>layout</i> funcional, habilidades mínimas dos operadores, alto tempo de atravessamento, altos níveis de inventário.	Autonomação, <i>layout</i> celular, multifuncionalidade dos operadores, fluxo unitário, inventário minimizado.
<b>Manutenção</b>	Realizada por especialistas da área de manutenção.	Gestão de equipamentos conjunta entre operadores, pessoal da manutenção e engenharia.
<b>Engenharia</b>	Modelo baseado em gênios individuais com pouca participação com a realidade da produção.	Modelo baseado no trabalho em equipes com grande participação de clientes, desenvolvimento simultâneo do produto e projeto do processo.

Quadro 5 - Produção em massa x produção enxuta

FONTE: Jackson e Jones, 1996.

Segundo Weber (2005) Produção puxada é o princípio básico da produção enxuta. Em um sistema puxado, atividades fluxo abaixo (como a montagem) sinalizam ou retiram do processo anterior o que as atividades fluxo acima necessitam, como a distribuição de materiais, operadores pegam as peças e têm acesso às ferramentas de trabalho quando e onde eles precisam, em um processo baseado no *just-in-time*.

Os sistemas puxados são uma parte fundamental da manufatura *lean* e freqüentemente são mal entendidos e considerados difíceis de implementar. Especificamente, uma área de dificuldade freqüente que acredito é de encontrar a conexão apropriada entre processos da linha de montagem com processos em lote como estamparia, injeção, pintura ou operações como usinagem, por exemplo (SMALLEY, 2005).

Para Smalley (2005) existem três tipos básicos de sistemas puxados de produção; sistema puxado com supermercado, sistema puxado seqüencial e sistema puxado misto com elementos dos dois outros sistemas combinados. Em todos os três casos, os elementos técnicos importantes para o sistema ter sucesso são:

1. Produtos fluindo em pequenos lotes (criando “*one piece flow*” onde for possível).
2. Puxar os processos de acordo com o tempo *takt* (não permitindo a superprodução).
3. Sinalizar o reabastecimento através de um *kanban*.
4. Nivelar o mix de produtos e a quantidade.

Para conectar processos em lote com a linha de montagem, o sistema puxado de produção, em conjunto com um tipo específico de *kanban* conhecido como *kanban* de sinalização, é utilizado.

Segundo Smalley (2005) Existem três tipos básicos de sistema puxado: Sistema Puxado com Supermercado, Sistema Puxado Seqüencial e Sistema Puxado Misto Seqüencial e com Supermercado

### **2.13.1 Sistema Puxado com Supermercado**

É a forma mais básica e mais difundida de produção puxada, também conhecida como sistema de reposição ou sistema puxado tipo A. Em um sistema puxado com supermercado, cada processo tem uma loja, um supermercado, que armazena uma quantidade de cada item produzido.

Cada processo produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado. Normalmente, quando o material é retirado do supermercado pelo processo fluxo abaixo, um *kanban* ou outro tipo de informação é enviado fluxo acima ao processo fornecedor, que, então, irá repor o que foi retirado. Cada processo é responsável pela

reposição de seu supermercado, de modo que o gerenciamento diário do local de trabalho é relativamente simples e as oportunidades de kaizen são relativamente fáceis de perceber. A desvantagem de um sistema com supermercado é que um processo precisa manter um estoque com todas as peças que produz o que pode não ser prático caso a variedade de peças seja muito grande.

### **2.13.2 Sistema Puxado Seqüencial**

Também conhecido como sistema puxado tipo B, o sistema puxado seqüencial pode ser empregado quando houver uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado. Os produtos são basicamente feitos sob encomenda e o estoque total do sistema é minimizado.

Em um sistema seqüencial, o departamento de programação deve estabelecer o mix correto e a quantidade de produtos a ser produzida. Isso pode ser feito colocando-se cartões kanban em um Heijunka Box, geralmente no início de cada turno. Essas instruções de produção são então enviadas ao processo inicial do fluxo de valor. É comum que isso seja feito na forma de uma “lista seqüencial”. Cada um dos processos seguintes produz em seqüência os itens que chegam até ele, originados no processo anterior.

O *FIFO (Primeiro que entra, Primeiro que sai)* para cada produto precisa ser mantido continuamente. Um sistema seqüencial cria uma pressão para que se mantenha os *lead times* curtos e previsíveis. Para que esse sistema funcione efetivamente, o padrão seguido pelos pedidos dos clientes precisa ser bem compreendido.

Caso os pedidos sejam difíceis de prever, o lead time de produção deve ser muito curto (menor que o lead time do pedido) ou um supermercado adequado de produtos acabados precisa ser mantido.

Um sistema seqüencial requer um gerenciamento rígido para ser mantido, e as melhorias no chão de fábrica podem ser um desafio difícil.

### **2.13.3 Sistema Puxado Misto Seqüencial e com Supermercado**

Sistemas puxados com supermercado e seqüenciais podem ser empregados conjuntamente em um sistema misto, também conhecido como sistema puxado tipo C. Um sistema misto pode ser apropriado quando uma regra 80/20 for aplicável: um percentual pequeno da gama de peças (talvez 20%) respondem pela maior parte (talvez 80%) do volume de produção diário.

Geralmente faz-se uma análise para segmentar as peças por volume, de acordo com a frequência de pedidos: (A) alta, (B) média, (C) baixa e (D) não-freqüente. O tipo D pode representar pedidos ou peças especiais para reposição. Para lidar com os itens que têm pouca saída, um kanban especial para o tipo D pode ser criado para representar, não uma peça específica, mas uma determinada quantidade de capacidade. A seqüência de produção para os produtos D é então estabelecida pelo método utilizado pelo departamento de programação para as peças do sistema puxado seqüencial.

Tal sistema misto permite que os sistemas com supermercado e seqüencial sejam aplicados seletivamente, conseguindo-se os benefícios proporcionados por cada um deles, mesmo em ambientes que a demanda é complexa e variada. Os dois sistemas podem ocorrer ao mesmo tempo, lado a lado, horizontalmente, ao longo de um fluxo de valor completo, ou podem ser usados para uma determinada peça em alguns trechos de seu fluxo específico de valor.

Um sistema misto pode dificultar o balanceamento do trabalho e a identificação de condições anormais. Pode também se tornar mais difícil à condução e o gerenciamento do kaizen. Assim, para que o sistema misto funcione eficazmente, exige-se uma gestão muito rigorosa.

Segundo Setec (2006) podemos resumir de uma forma simples os sistema empurrados e puxados da seguinte forma:

#### Sistema “Empurrado” Tradicional

- Quando o Processo A é completado, o produto é “empurrado” para o Processo B, onde ele é armazenado no estoque até que seja necessário. Figura 21.

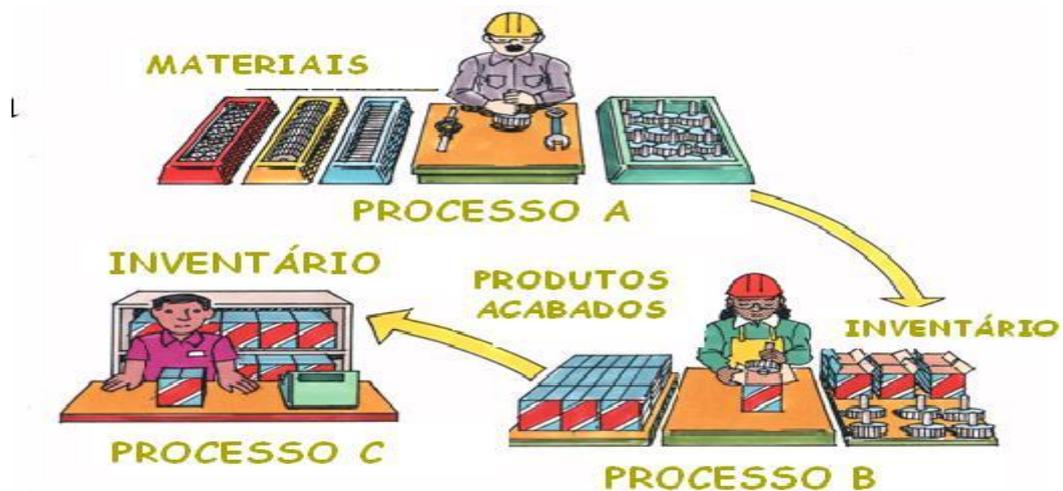


Figura 21 - Sistema empurrado  
FONTE: Setec, 2006.

## Sistema Puxado

- O Processo B é responsável por obter peças e suprimentos do Processo A conforme são necessários, não há um estoque intermediário (armazenamento) conforme mostra a Figura 22.



Figura 22 - Sistema Puxado  
FONTE: Setec, 2006.

### 2.14 “Pensamento” Enxuto

Há diferentes definições e descrições para sistema enxuto, Mentalidade Enxuta ou Pensamento Enxuto. Flinchbaugh (2003) *apud* (Borchardt, 2005, p.44), chama atenção para o fato de alguns autores e empresas interpretarem “enxuto” como uma simples coleção de ferramentas, tais como 5S, JIT, kanban, etc. Outros têm descrito “enxuto” como sendo trabalho árduo com pessoas capacitadas introduzindo melhorias através de kaizen ou Gerenciamento da Qualidade Total (TQM). Flinchbaugh (2003) *apud* (Borchardt, 2005, p.44), uma visão mais abrangente mostra que um sistema enxuto fornece para as pessoas de todos os níveis da organização, as ferramentas e a forma de pensar sistemicamente, o modo de eliminar as perdas, através da concepção e projeto de produto e processo, da melhoria das atividades, da melhoria entre as conexões entre processos internos e externos e do fluxo.

Os conceitos relativos a sistemas enxutos têm sido aplicados pela indústria automotiva e manufatura em geral e até mesmo, ainda de forma mais incipiente, em processos administrativos ou empresas de outros segmentos de atuação. Um exemplo é a indústria da construção civil que tem procurado adotar princípios do “*Lean Construction*”. Segundo Ballard (2003), a construção enxuta é um sistema de gerenciamento da produção baseado na

confiabilidade do sistema de gerenciamento de projetos e na velocidade com que se consegue fazer o valor fluir. Neste caso, teorias relativas a sistemas enxutos, princípios e técnicas, andam juntas propiciando as bases necessárias para uma nova forma de gerenciamento de projetos. Ressaltasse, no entanto, que neste tipo de indústria predominam os processos produtivos baseados em projetos, com alta variabilidade de produtos e baixo volume, sendo neste sentido, o extremo oposto da indústria automobilística.

É conhecido que esta nova filosofia tem sido nomeada e explicada sob diferentes termos, como por exemplo Fabricação Classe Universal, Schonberger (1988), Excelência na Manufatura, Hall (1988) ou Fabricação Superior (HARMON,1991).

Na opinião de Plenert (1990), a conceituação dessa filosofia de produção evoluiu através de três estágios. Inicialmente foi entendido como um conjunto de ferramentas como o Kanban e os Círculos da Qualidade. Depois como uma metodologia de manufatura e, então, como uma filosofia geral de gerenciamento.

A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997). A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requerido pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia (SHINOHARA,1988).

A de conferir o máximo número de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, e a adotar um sistema de tratamento de defeitos Imediatamente acionado a cada problema identificado, capaz de alcançar a sua causa raiz (WOMACK,1992).

O termo “enxuta”, do inglês “*lean*”, foi definido por John Krafcik, do *Massachusetts Institute of Technology*, em meados de 1980, para descrever as técnicas do sistema de produção, o sistema de trabalho e a política de recursos humanos. John Krafcik chamou o sistema de enxuto pela redução de tudo em relação à produção em massa: menos esforço dos funcionários, menos espaço para a fabricação, menos investimento em ferramentas, menos tempo em planejamento, estoques menores no local de fabricação, menos fornecedores, além da redução de defeitos, com uma maior variedade de produtos (Womack *et al.*, 1992).

O Sistema de Produção Enxuta objetiva a perfeição com a redução de custos, defeito zero, estoque zero e grande variedade. O sistema envolve produção JIT, melhoramento contínuo – em japonês “*kaisen*” - gerenciamento da qualidade total, bom fluxo de informações, flexibilidade e redução do desperdício, seja humano ou material.

Segundo Ohno (1997, *apud* Cardoza e Carpinetti, 2005, p.3), A base de funcionamento do Sistema de Produção Enxuta é formada pelo método do tempo propício (*just-in-time* - JIT) e da autonomia (Jidoka). O JIT determina que as empresas necessitam eliminar ou reduzir os estoques de produtos e devem procurar trabalhar em parceria com seus fornecedores a fim de nivelar e evitar o excesso de produção. O Jidoka é o conjunto de práticas que fornecem aos equipamentos e, principalmente, aos operadores da produção a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorre e interrompe imediatamente o trabalho.

Já para Womack, *et al.* (1992) e Ohno (1997) *apud* (Cardoza e Carpinetti, 2005, p.3) ressaltam que esse sistema inovador é uma resposta das empresas japonesas ao sistema de produção em massa utilizado pela indústria americana. As mudanças surgiram porque esse processo demanda altos investimentos nos equipamentos e a dedicação exclusiva dos mesmos às linhas de produção, utiliza profissionais excessivamente especializados, elevados investimento nos moldes de fabricação e é um processo limitado para atender as necessidades dos clientes. O resultado é a baixa flexibilidade das linhas de produção em atender as mudanças solicitadas pelos clientes com relação aos produtos.

## **2.15 O Conceito de Valor**

O ponto essencial de partida para a Mentalidade Enxuta é o valor. Segundo Womack e Jones (2004), o valor só pode ser definido pelo cliente final. O valor é criado pelo produtor.

Do ponto de vista dos clientes, segundo Womack e Jones (2004) é para isso que os produtores existem. O pensamento enxuto deve, portanto, começar com uma tentativa consciente de definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos através do diálogo com clientes específicos. Para tanto, pode ser necessário ignorar os ativos e as tecnologias existentes e repensar as empresas com base em uma linha de produtos elaborados por equipes de produtos que conheçam o valor sob o ponto de vista do cliente. Especificar o valor com precisão é o primeiro passo essencial da Mentalidade Enxuta.

O ponto essencial para o pensamento enxuto é o valor, assim como o cliente final o reconhece. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um

bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico (WOMACK e JONES, 2004).

Womack e Jones (2004) dizem que poucas empresas promovem agressivamente essa definição de valor, visando o cliente. As empresas aéreas e os construtores de aviões, por exemplo, baseiam seu conceito de valor em ativos extraordinariamente caros. Sejam eles sob a forma de grandes aviões, do conhecimento em engenharia, dos equipamentos, das instalações para fabricar aviões maiores ou ainda de enormes complexos aeroviários. O pensamento obsoleto, que gira em torno da eficiência, sugere que a melhor forma de utilizar esses ativos e essa tecnologia é colocar um número cada vez maior de passageiros em grandes aviões.

Esse tipo de medição da eficiência, focalizado no avião e na rota – apenas dois entre os muitos elementos de toda a viagem – perde a visão do todo. E o que é muito pior do ponto de vista do valor para o passageiro: simplesmente não atende as suas necessidades. O resultado desse tipo de pensamento é o sofrimento dos passageiros (não é isso que entendem como valor!), a geração de menores lucros por parte dos fabricantes (porque as empresas aéreas não podem comprar novos aviões) e o fato de muitas das empresas aéreas estarem a quase uma década à beira da falência nos Estados Unidos. A Europa e partes do leste asiático não ficam muito atrás.

Segundo Selig (1993) *apud* (Borchardt, 2005, p.38), um dos conceitos de valor pode ser dado pela relação entre o desempenho e o custo de um produto. O problema das empresas, em um ambiente de concorrência acirrada, é oferecer aos clientes o melhor valor. Valor pode, às vezes, designar a utilidade de um determinado objeto ou serviço, e outras vezes, o poder de compra que o referido objeto ou serviço possui em relação a outras mercadorias;

A criação de empresas enxutas exige, segundo Womack e Jones (2004), uma forma nova de pensar sobre os relacionamentos entre as empresas, sobre o comportamento entre as empresas e, também, transparência quanto a todos os passos dados ao longo do fluxo de valor, para que cada participante possa verificar se as outras empresas estão se comportando de acordo com princípios especificados.

Uma vez que o valor tenha sido especificado com precisão, continuam Womack e Jones (2004), a cadeia de valor de determinado produto totalmente mapeada pela empresa enxuta e, as etapas que geram desperdícios eliminadas, o próximo passo é fazer com que as etapas restantes, que criam valor, fluam.

Em suma, especificar o valor com precisão é o primeiro passo essencial no pensamento enxuto. Oferecer o bem ou o serviço errado da forma certa é desperdício (JONES, 200; WOMACK,1996).

Para o cliente as atividades que agregam valor ao produto são aquelas pelas as quais o cliente está disposto a pagar, são aquelas atividades ou operações que geram transformações na forma física ou integram o serviço, como a transformação das matérias-primas de uma cervejaria em cerveja, que é seu produto final, já as análises químicas as inspeções em matéria-prima, são atividades necessárias, porém não agregam valor ao produto. (SETEC, 2006).

Para saber quais atividades agregam valor ao produto devem-se registrar todas as etapas e o tempo que cada peça ou produto leva para passar para a próxima etapa e analisar se houve ou não transformação e montar graficamente, para melhor visualizar, a linha do lead time e a linha de valor agregado conforme a Figura 23. Ou seja, este passo consiste em identificar o Fluxo de Valor. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor, pois olham apenas para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).



Figura 23 - Distribuição gráfica do lead time x tempo de agregação de valor  
FONTE: Setec (2006).

### 2.15.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)

Para Setec (2006) Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM) é uma ferramenta visual que pode ser usada para desenvolver uma análise descritiva completa dos fluxos do processo e um desdobramento detalhado do valor em direção ao produto ou

serviço final e o um fluxo de valor são todas as ações necessárias para transformar matérias-primas no produto entregue ao cliente.

O *Value Stream Mapping*, ou Mapeamento do Fluxo de Valor, permite visualizar por completo o fluxo de valor existente para a transformação de matéria-prima ao produto final, pois ele permite visualizar o fluxo de material e o fluxo de informações. O com o mapeamento do fluxo de valor podemos identificar família de produtos (produtos que possuem processos similares ou compartilham o mesmo equipamento), situação atual do processo e plano de implementação (estado futuro). Mapear um processo, Figura 24, significa conseguir enxergar um estado atual e focar no fluxo com uma visão de um estado ideal, sem desperdício. (SETEC,2006).



Figura 24 - Fluxo do mapeamento de valor  
FONTE: Setec, 2006.

Segundo Ferro (2006) o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é uma ferramenta capaz de olhar para os processos de agregação de valor horizontalmente. Isso significa romper com a perspectiva tradicional de examinar departamentos ou funções e enfatizar as atividades, ações e suas conexões no sentido de criar valor e fazê-lo fluir, desde os fornecedores até os clientes finais.

Para Womack (1998) *apud* Ferreira, F., (2004, p.86), o valor é feito pelo cliente e só é significativo quando expresso em termos de produto específico (bens ou serviços), que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos.

Ferro (2006) Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é diferente dos mapas de processos, pois os mapas de processo focalizam processos individuais e não fluxos de materiais e informações relacionadas a famílias de produtos. A visão de estado futuro é definida com base em perspectivas muitas vezes óbvias de melhorias a serem feitas, sem levar em consideração os princípios *Lean*, capazes de gerar fluxos de valor cada vez mais enxutos.

Segundo Rother Shook (1999) *apud* Ferreira, F., (2004, p.86-87), fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto manufaturado, desde que possua etapas de fabricação:

1) O fluxo de produção deve abranger desde o recebimento da matéria-prima até o consumidor final;

2) O fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Para a correta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto porta-a-porta dentro da planta, incluindo a entrega na planta do cliente e o recebimento dos insumos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da fábrica. Mas há outro fluxo – o de informação – que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Os fluxos de material e de informação devem ser mapeados juntos.

Segundo Invernizzi (2006) O mapa do fluxo de valor é uma ferramenta simples que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor. O que se entende por mapeamento do fluxo de valor é simples: deve-se apenas seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e, cuidadosamente desenha-se uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Depois, através de um conjunto de questões desenha-se o mapa do “estado futuro”, uma representação visual de como o fluxo deve ser.

Esta ferramenta é importante porque:

Ajuda a enxergar mais do que os processos individuais, solda, montagem, etc. Você pode enxergar o fluxo.

Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as FONTES de desperdícios no fluxo de valor torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você pode discuti-las. De outro modo, muitos detalhes e decisões no seu chão de fábrica só acontecem por omissão.

Junta conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente.

Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Nenhuma outra ferramenta faz isso.

As etapas do mapeamento do fluxo de valor, segundo Setec (2006) são mostradas abaixo:

Mapa do Estado Atual (Como Está) – O estado atual do fluxo do processo é documentado.

Mapa do Estado Futuro (Como Estará) – Identificar melhorias que transformam o fluxo atual em um fluxo Lean. Documentar o estado futuro do fluxo – como este deve ser.

Implementação – Implementar melhorias (eliminação de todos os desperdícios ) para atingir o estado futuro.

Para a melhor visualização as etapas estão mostradas na Figura 25 abaixo:

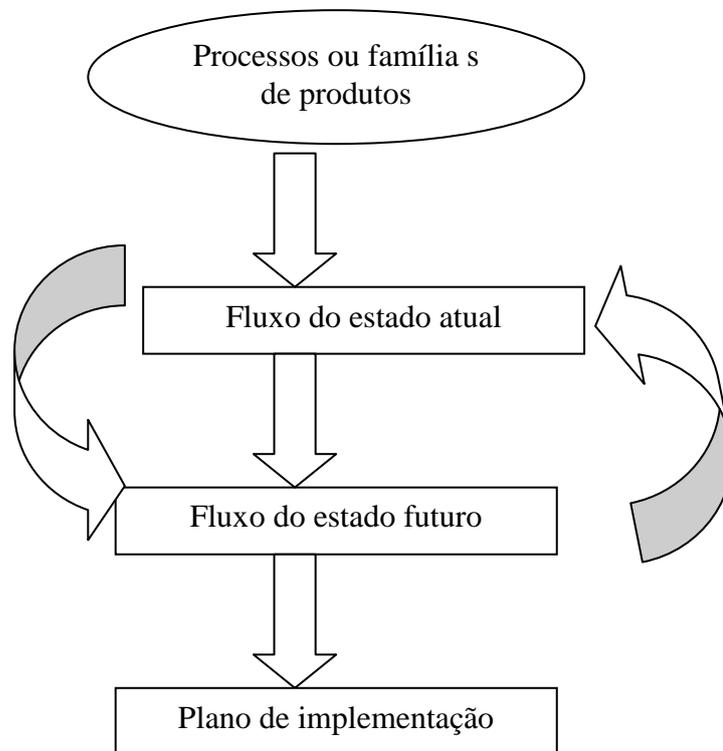


Figura 25 - Etapas do mapeamento de valor  
FONTE: Setec, 2006.

Primeiramente antes de começar a fazer o mapeamento do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que será mapeada. Essa área geralmente é chamada de linha de produtos, família de produtos ou grupo de produtos (FERREIRA, F., 2004).

Para se fazer um mapeamento do fluxo de valor utiliza-se vários símbolos, de acordo com a Figura 26, porém pode-se fazer variações destes símbolos desde que sejam definidas e acordadas com todos os integrantes da equipe de forma que todos os símbolos sejam conhecidos pela equipe (SETEC, 2006).

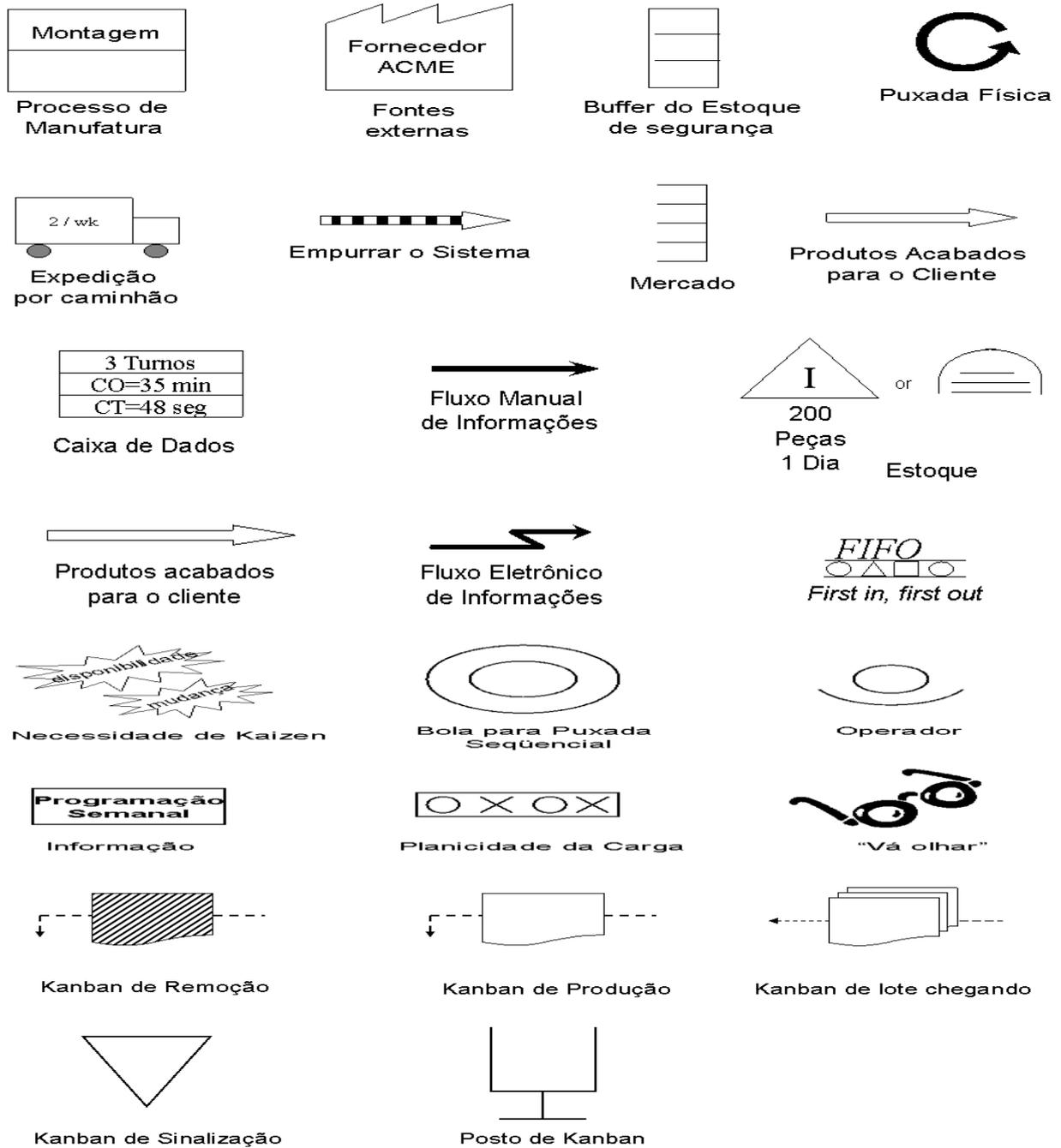


Figura 26 - Ícones do mapeamento do fluxo de valor  
FONTE: Setec , 2006

Para Ferro (2006) o mapeamento do fluxo de valor, Figura 27, é apenas um meio de melhorar a organização e não o fim, sendo assim, a organização ao fazer o VSM deve:

- Focalizar os esforços nos fluxos de valor que exigem melhoras substanciais e que esteja alinhado com os objetivos do negócio;

- Entender claramente a situação atual, e não apenas os sintomas e sim as suas causas.
- Defina metas de melhorias para os processos ou produtos e que estas metas sejam quantificáveis.
- Defina e busque consenso sobre o estado futuro, com melhorias que requeira pouco investimentos e que mostre resultados no curto prazo (6 meses a 1 ano)
- Defina um plano de implementação com claras responsabilidades, tarefas e metas a serem atingidas.
- Uma vez implementado o estado futuro, recomeça o mapeamento, pois estados futuros implementados tornam-se estados atuais. Essa é a lógica da melhoria contínua.

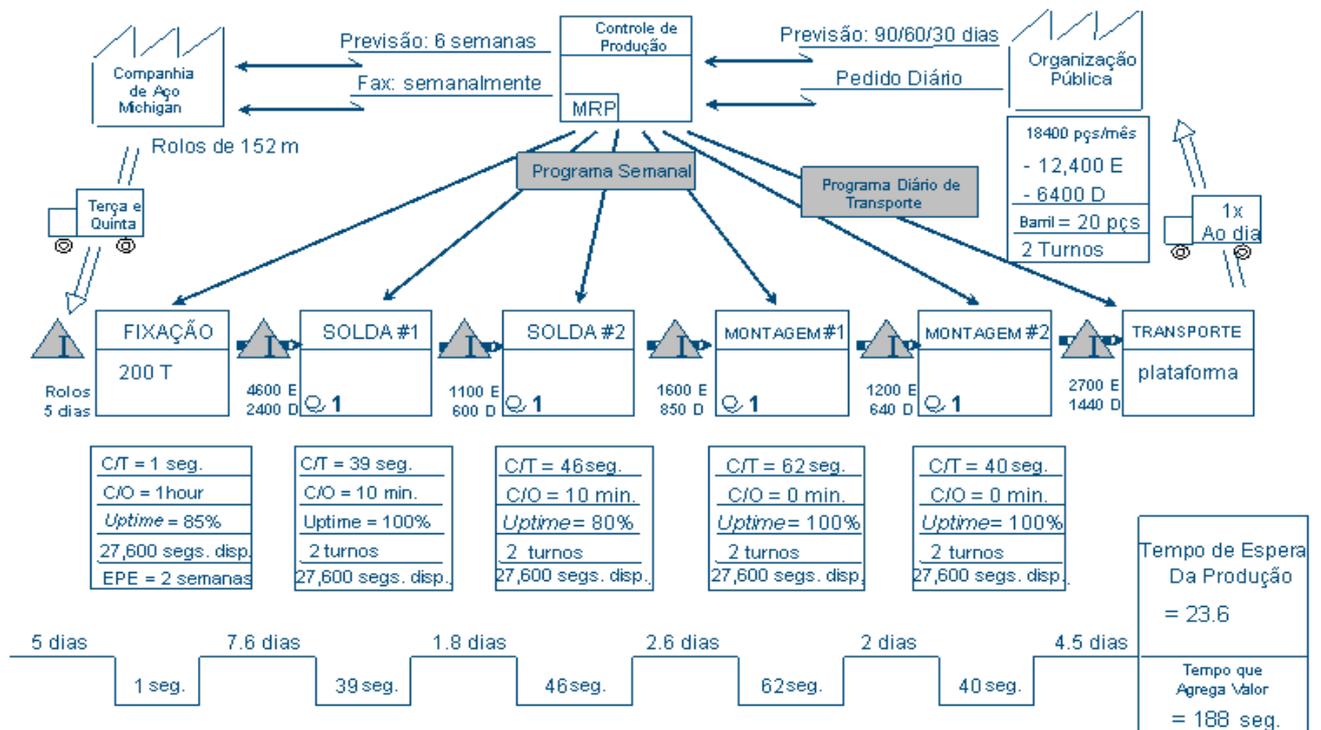


Figura 27 – Modelo do Mapa do Fluxo de Valor  
FONTE: Setec, 2006.

## 2.16 Os Desperdícios Clássicos dos Processos Produtivos

Para Ohno (1997) a Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios:

1. Superprodução – produzir mais do que o necessário ou requerido cria um incontável número de outros desperdícios: área de estoque, deterioração, custos de energia,

manutenção de equipamentos, escamoteamento de problemas operacionais e administrativos através de “estoques de segurança”.

Provém, em geral, de problemas e restrições do processo produtivo, tais como altos tempos de preparação de equipamentos, induzindo à produção de grandes lotes; incerteza da ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade de equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de coordenação entre as necessidades (demanda) e a produção, em termos de quantidades e momentos; grandes distâncias a percorrer com o material, em função de um arranjo físico inadequado, levando à formação de lotes para movimentação, entre outros. Desse modo, a filosofia Enxuta sugere que se produza somente o que é necessário no momento e, para isso, que se reduzam os tempos de set up, que se sincronize a produção com a demanda, que se compacte o layout da fábrica, e assim por diante.

2. Retrabalho ou correção – refere-se aos desperdícios com retrabalho e perdas de materiais defeituosos.

Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros.

3. Superprocessamento – quando defeitos ou limitações (capacidade) nos equipamentos estão presentes. O processo pára ou se desenvolve lentamente.

Operações extras são introduzidas; quando é executado esforço para atender uma condição que não é requerida.

É comum que os gerentes se preocupem em como fazer algo mais rápido, sem antes questionar se aquilo deve realmente ser feito. Nesse sentido, torna-se importante a aplicação das metodologias de engenharia e análise de valor, que consistem na simplificação ou redução do número de componentes ou operações necessários para produzir determinado produto. Qualquer elemento que adicione custo e não valor ao produto é candidato a investigação e eliminação.

4. Inventário / Estoque – é o dinheiro “aprisionado” no sistema produtivo. Pode ser a “tranqüilidade” da fábrica todo remédio desnecessário deve ser evitado; quaisquer peças, sub-montagens ou veículos completos que estejam apenas estocados ou estejam aguardando entre operações.

Significam desperdícios de investimento e espaço. A redução dos desperdícios de estoque deve ser feita através da eliminação das causas geradoras da necessidade de manter estoques. Eliminando-se todos os outros desperdícios, reduzem-se, por consequência, os desperdícios de estoque. Isto pode ser feito reduzindo-se os tempos de preparação de

máquinas e os lead times de produção, sincronizando-se os fluxos de trabalho, reduzindo-se as flutuações de demanda, tornando as máquinas confiáveis e garantindo a qualidade dos processos.

5. Movimentação de materiais – deslocamentos desnecessários ou estoques temporários, criando “passeios” de materiais, funcionários e equipamentos;

Pode ser visto como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Além disso, custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local de uso.

6. Movimentação do operador – acontece pela diferença entre trabalho e movimento. É a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura peças sobre a bancada de trabalho. Qualquer movimento de um membro de time ou máquina o qual não adiciona valor.

Para determinar a movimentação ideal as vezes deve-se fazer um estudo de tempos e métodos, pois a Produção Enxuta é um enfoque essencialmente de "baixa tecnologia", apoiando-se em soluções simples e de baixo custo, ao invés de grandes investimentos em automação. Ainda que se decida pela automação, devem-se aprimorar os movimentos para, somente então, mecanizar e automatizar. Caso contrário corre-se o risco de automatizar o desperdício.

7. Tempo de espera – quando o operário permanece ocioso, assistindo uma máquina em operação. Ou quando o processo precedente não entrega seu produto na quantidade, qualidade e tempo certo; nenhuma atividade ou operação sendo executada; “nada sendo feito”.

Resulta na formação de filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. A sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção contribuem para a eliminação deste tipo de desperdício.

Para Liker (2007) além destes sete desperdício existentes pode-se somar mais um que é:

8. Não utilização da criatividade dos funcionários - perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou não escutar seus funcionários.

Assim, no sistema de Produção Enxuta tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício. Todo desperdício apenas adiciona custo e tempo. Todo desperdício é o sintoma e não a causa do problema de vem ser eliminados (OHNO, 1997).

## 2.17 Jidoka

Segundo Kosaka (2006) o Jidoka teve sua origem ligada à automação da máquina de tear fabricada por Sakichi Toyoda (1867-1930), fundador da Toyoda Automatic Loom Works, considerado um dos dez maiores inventores da história contemporânea do Japão e inventor da máquina de tear automática.

O problema do tear automático era de que;

- A máquina continuava funcionando mesmo diante de um fio rompido e;
- O defeito só era detectado quando o processo estivesse concluído, tendo produzido muito tecido defeituoso.

Em tal situação, se um fio rompesse, a máquina produziria tecido com defeito! E para evitar produzir defeito, havia a necessidade de ter um operador tomando conta da máquina como se fosse um vigia e, diante de qualquer anomalia, deveria parar a máquina.

A solução que Sakichi inventou e colocou em prática em 1924 foi uma máquina de tear dotada de dispositivo que parava a máquina quando:

- detectava o rompimento da linha;
- detectava o fim da linha;
- detectava a quantidade programada atingida.

Eis o que é Jidoka! Dotar a máquina com dispositivos ou recursos que ao detectar qualquer anomalia faz a máquina parar evitando desta maneira produzir a não qualidade como descrito acima.

De acordo com Ohno (1997) Jidoka ou autonomia (automação com um toque humano) não é apenas uma automação de processos, isto significa uma transferência de inteligência para a máquina, este conceito como comentado acima originou-se do tear auto-ativado de Toyoda Sakichi. Na Toyota este conceito é aplicado não somente à maquinaria como também à linha de produção e aos operários, pois se surgir uma situação anormal, exige-se que um operário pare a linha.

A autonomia impede a fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução, e pára automaticamente no caso de anormalidades, na linha permitindo que a situação seja investigada (OHNO, 1997).

Segundo Júnior (2002) a Produção Enxuta, nos moldes da descrição feita por Taiichi Ohno quando descreveu o Sistema Toyota de Produção, tem, como um dos pilares o Jidoka ou “autonomia”, expressão adotada por alguns especialistas e tradutores a fim de não se confundir com automação.

A “autonomação” desempenha duplo papel. Ela elimina a superprodução e evita a fabricação de defeituosos. Também muda o significado da gestão, isto é, não é mais necessário um operador assistindo, tal como um espectador, enquanto a máquina estiver funcionando “autonomamente”. Como resultado, um trabalhador pode atender diversas máquinas já que apenas quando a máquina pára, devido a uma situação anormal, é que ela recebe atenção humana (JÚNIOR, 2002).

Sob o aspecto da administração da produção no dia-a-dia, a consideração a ser feita acerca do trabalhador que “assiste” a máquina trabalhar é, além do óbvio desperdício de tempo relacionado ao período onde ele não está agregando valor ao produto que está manufaturado, o fato de que anormalidades jamais serão corrigidas enquanto o trabalhador estiver tomando conta de uma máquina, vigiando para o caso de uma eventual anormalidade (OHNO, 1997).

A essa capacidade de julgar a conformidade do produto e paralisar automaticamente a produção de forma a permitir que a situação seja investigada, denominou-se como uma automação com um toque humano. Além do sentido tratado até aqui, Taiichi Ohno vai além ao estender o conceito de “autonomação” como um sistema de gestão autônomo de toda a empresa. Sobre isso, Ohno (1997) descreve todo esforço despendido na Toyota no sentido de idealizar e implantar um sistema capaz de, autonomamente, fazer julgamentos no nível mais baixo possível; por exemplo, quando parar a produção, que seqüência seguir na fabricação de peças, ou quando são necessárias horas extras para produzir a quantidade necessária.

Para Kosaka (2006) na Toyota o operador tem obrigação e o direito de parar a operação quando ele descobrir alguma anomalia e a mesma não for solucionada dentro do tempo takt. Isto faz parte do comprometimento de não passar para operação ou processo seguinte peça ou trabalho com anomalia e isto constitui em uma das regras fundamentais do TPS – a qualidade construída dentro do processo.

Torquímetro com micro sensor Figura 28. Emite sinal sonoro se o equipamento não for utilizado na posição pré-determinada, é uma maneira de assegurar que o torque seja medido garantindo a qualidade dentro do processo.

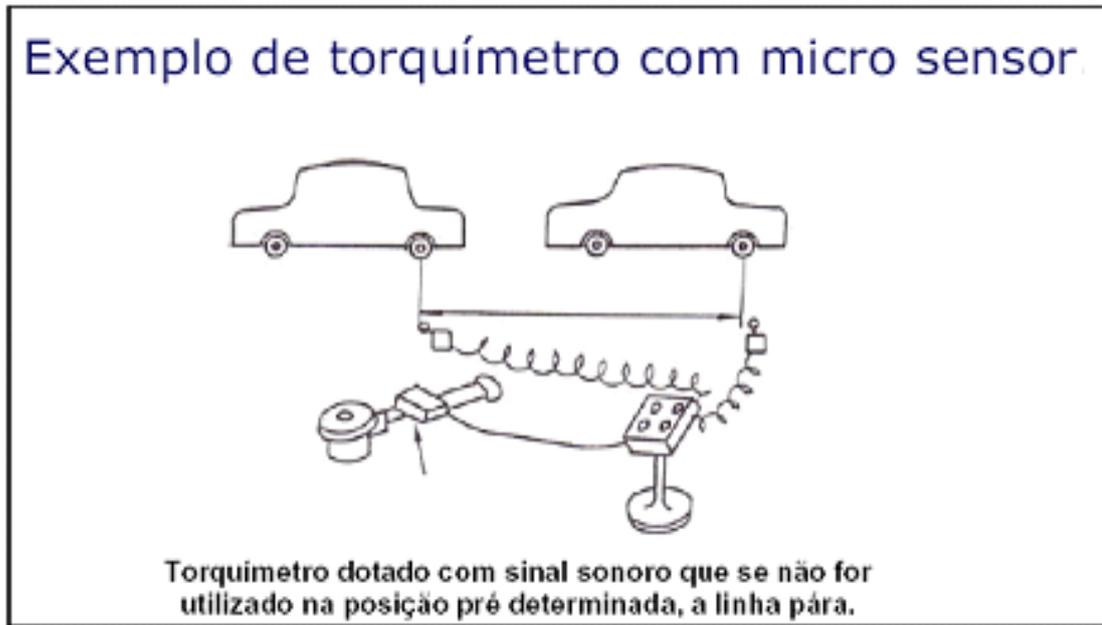


Figura 28 - Exemplo de Jidoka na linha de montagem  
 FONTE: Kosaka (2006)

Jidoka podemos dizer que seja controlar a qualidade na FONTE, para isto os gerentes devem ter uma grande confiança sem sua equipe, pois substitui possíveis inspetores de qualidade e o próprio operador será o supervisor do seu trabalho (KOSAKA, 2006).

## 2.18 Poka-Yoke

Para Setec (2006) As falhas podem ocorrer por diversos fatores:

- Falha humana;
- Processamento de material ou peça incorreta, sem seguir as práticas padronizadas ou procedimentos ou não fazendo a manutenção do equipamento;
- Falha no equipamento;
- Set-up impróprio, erro no ajuste, uso excessivo, manutenção insuficiente, sobrecarga, produção desnivelada;
- Peças ou materiais impróprios;
- Peças faltando, peças incorretas, peças com defeito.

Segundo Shingo (1996) *apud* Ferreira, F., (2004, p.63), o *poka yoke* é um sistema de detecção de falhas que, instalado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. O *poka yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da

operação, antecipando e detectando defeitos potenciais e evitando que cheguem ao cliente (interno e externo). Os dispositivos *poka yoke* são a maneira pela qual o conceito do jidoka é colocado em prática. A aplicação dos *dispositivos poka yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do jidoka.

Os defeitos em produtos são imperfeições que resultam de erros, e os erros são provenientes do descuido do homem. Podem acontecer dentre as diversas fases do projeto de um produto.

Leiker e Méier (2007) dizem que os funcionários são auxiliados com a prevenção de erros utilizando-se os métodos ou dispositivos *poka yoke*. A detecção de erro não é tanto uma “ferramenta” enxuta quanto um modo de pensar e avaliar problemas. Baseia-se na filosofia de que as pessoas não cometem erros ou fazem o trabalho de modo incorreto intencionalmente, mas, por diversas razões, os erros podem ocorrer e realmente ocorrem.

Para Leiker e Méier (2007) Há uma grande diferença entre o modelo Toyota e as outras empresas, pois nas outras organizações tendem a identificar as causas dos erros como uma falha humana, já na Toyota os erros são considerados como uma falha do sistema ou dos métodos usados para desempenhar as tarefas.

Segundo a Setec (2006) *Poka Yoke* são métodos que ajudam a evitar erros no trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente, etc.

Inicialmente, ele foi desenvolvido para impossibilitar a montagem errada de uma peça, mas logo esse método foi se aperfeiçoando, prevenindo a ocorrência de falhas ou ainda identificando e eliminando a programação de defeitos.

Aonde falha é algo que ocorre fora dos padrões esperados do processo e defeito é o efeito resultante de uma falha.

Princípios Básicos do *Poka-yoke*:

Melhorar a qualidade do processo;

Eliminar defeitos e falhas de desatenção;

Pensa em como fazer certo, algo que está errado;

Não é necessário que sua solução tenha 100% de êxito-uma chance de sucesso maior que 50% pode justificar a implementação;

Falhas e defeitos podem ser reduzidos a zero quando há um trabalho conjunto para eliminá-los;

O trabalho em equipe é mais valioso que o individual;

O trabalho em equipe é mais valioso que o individual;

Descobrir a causa raiz.

Tipos de *poka yoke*:

Prevenção: Realização de uma inspeção a fim de identificar possíveis defeitos;

Ex.: Plásticos colocados em tomadas para evitar choques elétricos.

Detecção: Identificação e eliminação de uma falha, evitando que defeitos ocorram;

Ex.: Sensor colocado na produção para detectar produtos fora das especificações.

Alerta: Sinaliza a ocorrência de anormalidades através de luzes ou sinais sonoros;

Ex.: Sirene de incêndio são acionadas por sensores quando a temperatura está acima do normal.

Controle: Corrige uma falha ou impede que produtos defeituosos passem para a próxima etapa do processo;

Ex.: Pinos guias diferentes impedem que os moldes sejam posicionados de forma errada.

Parada: Ao sinal de anormalidades interrompe ou bloqueia o processo.

Ex.: Alguns eletrodomésticos possuem um dispositivo que desliga o equipamento, caso a tampa seja aberta.

## 2.19 Just-in-Time

O *Just-In-Time* (JIT) surgiu no Japão em meados da década de 70, sendo sua idéia básica e desenvolvimento creditado à *Toyota Motor Company*, que buscava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos, com um mínimo atraso.

O sistema de puxar a produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema Kanban. Contudo, o JIT é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa “filosofia”, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos (FERREIRA, F., 2004).

O conceito de *just-in-time (JIT)* tem sido largamente adotado em todo o mundo, principalmente no lado ocidental, visando reduzir custos e aumentar a produtividade. Este possui como princípio a eliminação sistemática das perdas em todos os processos. O componente do JIT que mais tem se destacado é o *kanban* por utilizar o princípio de puxar a produção, ou seja, gerar a necessidade a partir do processo posterior (LEMOS, 1999).

Da forma mais simples, *Just-in-Time* é “tudo o que diz respeito a produzir e transferir apenas o que é necessário”, segundo Minoura (2003). Ao invés do antigo sistema de produção “empurrado” de baixo para cima, o *Just-in-Time* representa a mudança para o sistema “puxado” onde os trabalhadores apenas produzirão o que é necessário. Ferramentas, como o sistema *kanban* (cartão de informação), *andon* (painel de informação) e o *pokayoke* (prevenção de erros) foram desenvolvidos para implementar o sistema puxado. Entretanto, Minoura (2003) alerta, “a simples introdução dos cartões *kanban* ou dos painéis *andon* não significa que você conseguiu implementar o Sistema Toyota de Produção na sua indústria, já que são nada mais do que meras ferramentas. As novas tecnologias de informação também não fogem a regra, e também devem ser aplicadas e implementadas como ferramentas”.

Devido ao período Pós-Guerra, o principal objetivo das empresas japonesas era a reconstrução de suas atividades produtivas. E esses desperdícios eram indesejáveis para o processo de manufatura, uma vez que não tornava a empresa competitiva para o cenário mundial existentes na época e não criava valor para os seus clientes.

Taichii Ohno introduziu uma idéia simples: a total eliminação das perdas. Perda é tudo aquilo que não acrescenta nenhum valor ao produto.

Também desenvolveu a filosofia *Just-in-Time* que tem como principio fornecer exatamente as peças necessárias, nas quantidades necessárias, no tempo necessário.

A filosofia do *Just-in-Time* é a eliminação de tudo o que não adiciona valor ao produto (MOURA, 1999).

Quanto à importância do JIT para as empresas na atualidade, Ching (2001, p.40) afirma que:

Muitas das mudanças que estão ocorrendo no mercado provêm dos clientes; tais mudanças são customização dos produtos (personalização ou diferenciação para cada cliente), tempo de resposta à demanda mais rápido, menores ciclos de vida dos produtos. Todas elas enfatizam dispêndio de menor tempo, e o JIT representa importante resposta a tais mudanças e desenvolvimentos.

As mudanças citadas por Ching são o reflexo da mudança do perfil do consumidor que carece de produtos com qualidade superior e a um preço baixo. À medida que o JIT

defende a otimização dos recursos, por meio da produção em pequenos lotes, as características preço baixo e qualidade superior são perfeitamente possíveis de serem praticadas.

Além de se mostrar como a solução para respostas rápidas ao mercado, capacidade de produção de grande variedade em pequenos lotes, o JIT opera com baixos custos, utilizando somente os recursos necessários e evitando desperdícios.

Em relação ao JIT, Liker (2005) afirma que o JIT é composto por princípios, ferramentas e técnicas onde todo esse aparato interage sinergicamente com a finalidade de reduzir lead times e atender as necessidades dos clientes quanto ao produto demandado, na quantidade necessária e no momento certo.

A implementação da produção *Just-in-Time* começa com a redução do lead-time para fazer coisas, de acordo com Minoura (2003). O caminho para diminuir o lead time é eliminar tudo que não agregue valor. Há apenas alguns processos que realmente envolvem produção. Na maioria do tempo, o material é apenas transferido de um lugar para o outro. Se isto causa um aumento considerável no lead time, se livrar urgentemente dessas etapas onde nada está sendo processado é algo que deve ser feito o mais breve possível.

Segundo Schonberger (1988), a implementação do JIT provoca uma redução gradual no nível de estoques, o que revela mais problemas, e força os trabalhadores a buscarem soluções rapidamente, tornando a multifuncionalidade uma qualificação essencial.

Embora haja opiniões que defendam que o sucesso do sistema de administração JIT esteja calcado nas características culturais do povo japonês, mais e mais gerentes e acadêmicos têm-se convencido de que essa filosofia é composta por práticas gerenciais que têm aplicabilidade em qualquer parte do mundo. Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-In-Time*: eliminação de estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas, melhoria contínua dos processos (FERREIRA, F., 2004).

Para Ohno (1997) para que a produção just-in-time seja realizada, as folhas de padrão de trabalho, instruções de trabalhos e procedimentos para cada processo precisam ser claras e concisas. Os três elementos de uma folha de trabalho padrão são:

1. Tempo de ciclo – a duração de tempo (minutos e segundos) no qual uma unidade deve ser feita;
2. Seqüência de trabalho - a seqüência do trabalho no fluxo de tempo;
3. Inventário padrão – a quantidade mínima de mercadorias necessárias para manter a continuidade do processo.

## 2.20 Troca Rápida (SMED)

Este método revolucionário de redução de tempos de preparação começa a ser utilizado em 1950 em uma fábrica da Mazda, na cidade de Hiroshima, no Japão. Seu Criador foi Shigeo Shingo. (SETEC, 2006)

Consiste em fazer uma avaliação das atividades que podem ser feitas externamente ou internamente em uma operação de troca de máquina, ou seja, avaliar quais atividades podem ser feitas com equipamento ainda em operação (como transporte e preparo de um ferramental) e quais necessitam de sua total paralisação (como a colocação de um ferramental). A intenção é fazer com que o tempo necessário para a realização do *setup* se reduza cada vez mais ao separá-las. (SETEC,2006).

A troca Rápida é uma abordagem analítica para melhoria do *set up* de uma máquina ou processo, (SHINGO, 1996).

Os princípios preconizados por Shigeo Shingo, conhecido como SMED, ou *Single Minute Exchange of Dies* (Troca de Ferramentas em um Único Dígito), podem ser usados para reduzir drasticamente esse tempo. Também conhecido como “troca rápida de ferramenta”, o método pode ser aplicado toda vez que algum equipamento é “trocado” de um estado para outro. Isso pode incluir mudanças de ferramentas, trocas de materiais ou modificações de produto ou configuração. Causas adicionais para perdas fora do ciclo são facilmente identificadas utilizando-se uma simples comparação de atividades com e sem valor agregado, (LIKER e MEIER, 2007).

Setec (2006) definiu SMED como sendo o tempo necessário para preparar uma máquina para mudanças de modelo, medido a partir da última peça do modelo A para a primeira peça de qualidade do modelo B e tem como objetivo reduzir o tempo para mudança de ferramenta para menos de 10 minutos (único dígito de minutos), por meio da análise e melhoria de atividades internas e externas do processo.

Segundo Ohno (1997) fazer grandes lotes de uma única peça – isto é, produzir uma grande quantidade de peças sem uma troca de matriz- é ainda hoje uma regra de consenso de produção. A indústria automotiva tem mostrado continuamente que a produção em massa planejada tem maior efeito na redução de custos. Já o sistema Toyota de produção toma o curso inverso. O esloga deles é “produção em pequenos lotes e troca rápida de ferramentas”.

A produção em larga escala de uma única peça no sistema de produção em massa gera superprodução e estoque, para o STP a sua base é a eliminação de desperdício. Conseqüentemente a sincronização da produção é praticada com rigidez e a flutuação é

nivelada ou suavizada. Os tamanhos dos lotes são diminuídos e o fluxo contínuo de um item em grande quantidade é evitado (OHNO, 1997).

Segundo a Setec (2006) A aplicação do Sistema SMED se reduz a três etapas, conforme demonstrado na Figura 29:

Etapa 1:

- Coletar dados (observações)
- Estabelecimento de metas

Etapa 2:

- Separar atividades internas das externas
- Converter atividades internas em externas

Etapas 3:

- Otimizar as atividades internas
- Otimizar as atividades externas

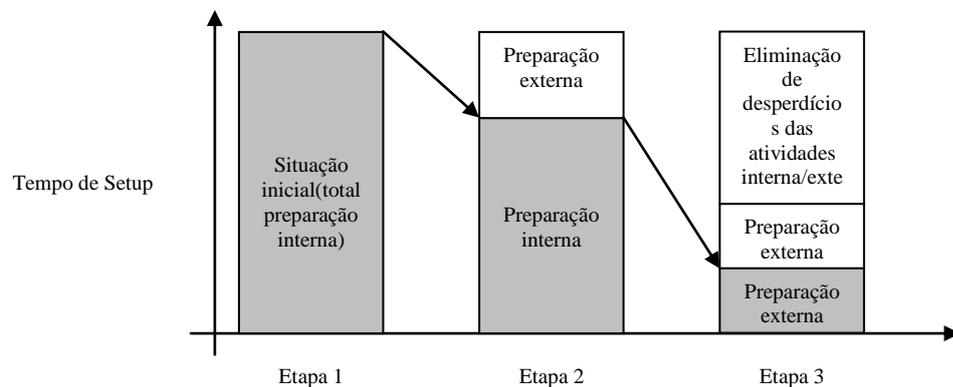


Figura 29 - Etapas do sistema SMED  
FONTE: Setec, 2006.

Benefícios:

- ✓ Aumento das taxas de operação de máquinas e da capacidade produtiva (redução do tempo de preparação);
- ✓ Eliminação de erros de preparação;
- ✓ Aumento da segurança;
- ✓ Aumento da flexibilidade de manufatura;
- ✓ Melhoria do ambiente de trabalho.

## 2.21 *Kaizen*/Trabalho Padronizado

Segundo Setec (2006) a palavra japonesa *Kaizen* significa: KAI=Mudança, ZEN=Boa (para melhor), ou seja, KAIZEN = melhoria contínua da qualidade em todas as atividades produtivas.

Significa contínuo melhoramento, envolvendo todos em qualquer ambiente. Melhoramento é um conjunto de idéias, ligadas inextricavelmente, para manter e melhorar os padrões. Em um sentido ainda mais amplo, melhoramento pode ser definido como *Kaizen* e inovação, onde a estratégia *Kaizen* mantém e melhoram o padrão de trabalho através de melhoramentos pequenos e graduais e onde a inovação realiza melhoramentos radicais, como resultado de grandes investimentos em tecnologia e/ou equipamentos (MOURA, 1999).

Estas melhorias têm caráter incremental e constante, ou seja, ocorrem gradualmente, ao contrário das inovações radicais. Ohno (1997) afirma que realizar melhoria contínua consiste em reduzir o espaço de tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e o atendimento a este pedido, eliminando todas as atividades que representam desperdícios. Demers (2002) cita o *Kaizen* como sendo a ferramenta mais aderente ao *Lean*, pois requer três funções simultâneas e indissociáveis à Mentalidade Enxuta: manutenção, inovação e melhoria. Manutenção dos procedimentos e padrões existentes, inovação em tecnologia e melhoria contínua, focalizada em eliminar desperdícios em todos sistemas e processos. A implementação desta estratégia é de responsabilidade da média administração e demais colaboradores, encorajados pela alta administração.

Os sete passos do *Kaizen* para se atingir a melhoria contínua do processo, aumentando cada vez mais a sua estabilidade operacional:

1. Analisar;
2. Desenvolver Soluções;
3. Planejar;
4. Implementar e Avaliar;
5. Padronizar
6. Ver Novas Oportunidades (inovar);
7. Observar.

Imai (1988) diz que sempre que uma melhoria ou inovação é realizada, ela deve ser acompanhada por uma série de esforços de *Kaizen* para mantê-la e melhorá-la cada vez mais. Podemos visualizar uma ilustração desta situação na Figura 30.

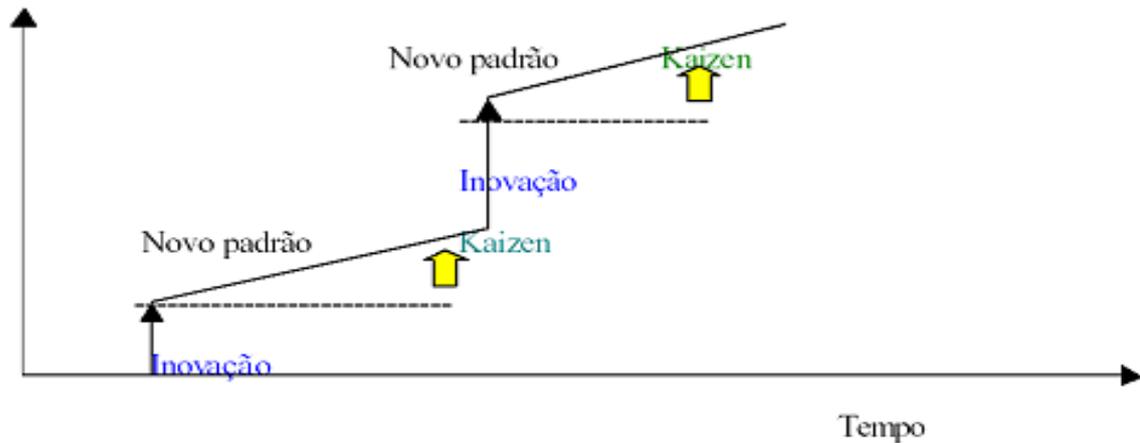


Figura 30 - Inovação e Kaizen  
 FONTE: Imai (1988, p.23)

Para Imai(1988) o Kaizen é a melhora contínua e rápida, após a segunda guerra as indústrias japonesas tiveram que começar do zero, tendo um desafio de melhorar todo dia e o Kaizen foi fundamental para sua sobrevivência. Sendo esta melhoria contínua o Kaizen permeia vários sistemas de gestão, tais como Manutenção Produtiva Total (TPM), *Just in time*, Qualidade Total, este estado de melhoria contínua do Kaizen pode ser representado pelo ciclo do PDCA (Planejar, Fazer, Verificar e Agir) conforme Figura 31.

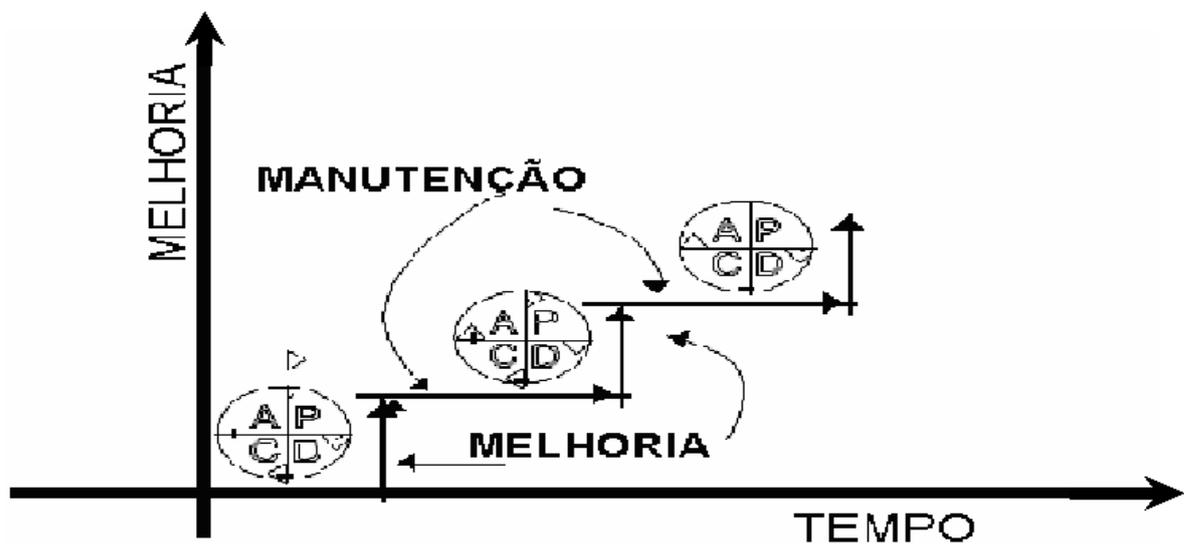


Figura 31 - Ciclo do PDCA  
 FONTE: Adaptação de Campos (1992)

Segundo a NBR ISO 9001 (2000), o Ciclo do PDCA, "*Plan-Do-Check-Act*" pode ser usado para todos os processos como uma forma de melhorar continuamente. O modelo PDCA pode ser descrito resumidamente como segue:



Segundo Egoshi (2006) os 5 “S” são as iniciais de 5 palavras japonesas Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu e Shitsuke, que estão intimamente relacionados com wa – harmonia. Todas as palavras dos 5s serão descritas e explicadas a seguir:

*SEIRI* (Senso de Utilização, Seleção, Descarte, Classificação, Organização) significa evitar o DESNECESSÁRIO – separar o desnecessário do necessário, e guardá-lo num lugar que lhe é próprio, para que não atrapalhe a rotina de trabalho ou qualquer outra atividade. Disponibilizar as coisas realmente necessárias ao trabalho e aquelas desnecessárias guardá-las ou “passá-las para frente”. Guardá-las, porque futuramente poderão ser necessárias; “passá-las para frente” (doar) porque aquilo que é desnecessário para um, pode ser útil para outro.

É saber utilizar sem desperdiçar. Uma maneira prática de desenvolver este Senso é separar as coisas necessárias das desnecessárias, dando um destino adequado àquilo que não necessitam serem guardadas em um determinado local ou em uma determinada quantidade.

Os principais benefícios deste Senso são a redução, e até eliminação, do desperdício e a melhor utilização dos espaços.

*SEITON* (Senso de Ordenação, Arrumação, *Lay-out*, Organização) significa providenciar a ARRUMAÇÃO e deixar tudo em ORDEM – todos os materiais (sejam quais forem) necessitam ser mantidos em ordem, para que possam ser encontrados de imediato e estejam prontos para uso sempre que necessários. Deixar as coisas no lugar certo, para não se perder tempo e gastar energia desnecessária, procurando-as.

É saber arrumar para facilitar o acesso e a reposição das coisas. Uma maneira de se praticar este Senso é definir um lugar para cada coisa necessária, como também manter cada coisa no seu lugar. Isto pode ser feito observando-se a frequência de utilização e o tipo de material que se deseja arrumar.

Os principais benefícios deste Senso são a redução do tempo e dos desgastes físicos e mentais para acessar àquilo que se deseja, gerando maior produtividade.

*SEISO* (Senso de Limpeza, Inspeção, Zelo) significa manter sempre LIMPO – o local de trabalho ou qualquer outro lugar, com tudo em ordem e somente com o necessário, para que a sujeira não atrapalhe a produtividade nem provoque má qualidade na produção.

É saber usar sem sujar. Este Senso é desenvolvido quando o usuário de um local passa a ser responsável em limpá-lo, inspecionando o que provoca a sujeira, buscando uma solução para eliminá-la, atenuá-la ou bloqueá-la, tornando o ambiente fica cada vez mais limpo.

Os principais benefícios do Senso de Limpeza é a melhoria da saúde e aumento da vida útil das instalações físicas, contribuindo para uma maior disponibilidade operacional das máquinas e equipamentos.

*SEIKETSU* (Senso de Asseio, Saúde, Higiene, Padronização, Sistematização) significa manter a HIGIENE – tornando o ambiente saudável e agradável para todos.

É procurar fazer o asseio permanente do ambiente, do corpo e da mente. As melhorias promovidas pelos três Sensos anteriores devem ser mantidas e aperfeiçoadas. Esta prática permanente torna-se um hábito e estimula a revisão dos valores éticos e morais, desenvolvendo a autoestima.

Os principais benefícios deste Senso são a liberação de energia humana para a construção de um ambiente interior voltado para o bem e a busca contínua da melhoria.

*SHITSUKE* (Senso de Disciplina, Autodisciplina, Autocontrole, Respeito) significa DISCIPLINA – não só aprender e seguir os princípios anteriores como hábitos salutareis e invioláveis, como também se educar com caráter reto, firme e honrado, para vencer na vida.

É cumprir rigorosamente o que for estabelecido. É respeitar ao próximo. A autodisciplina é o estágio mais elevado do ser humano, pois representa a educação comportamental e é constituída por grandes valores, como: Amor, cooperação, honestidade, humildade, liberdade, respeito, responsabilidade, simplicidade, tolerância, unidade.

Os principais benefícios da Autodisciplina, além dos valores apresentados acima, são o desenvolvimento de espírito de equipe, sinergia entre as pessoas. E o cumprimento às normas, procedimentos, prazos e horário.

### **2.23 Kanban**

Marchwinski e Shook (2003) definem kanban como sendo um dispositivo que instrui e autoriza a produção ou pára a retirada de itens em um sistema puxado.

Ohno (1997) defini kanban (etiqueta) como sendo um instrumento para o manuseio e garantia da produção just in time, sendo o primeiro pilar do Sistema Toyota de Produção. Basicamente um kanban é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um kanban é um pequeno pedaço de papel onde está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas peças tem que ser montadas.

Sobre o *kanban*, Georgetti (2004) afirma que este é o mais antigo e mais conhecido método de puxar a produção, consistindo em um sistema visual de informações criado e

desenvolvido por Taiicho Ohno, ex-presidente da Toyota no pós segunda guerra, cujo objetivo é controlar a produção, limitando a quantidade de estoque em processo por meio da sinalização via cartões.

O sistema kanban foi desenvolvido analogamente ao sistema de ressuprimento encontrado nos supermercados americanos onde os itens das prateleiras são repostos somente nas quantidades em que foram consumidas e no momento certo.

Ohno (1997) diz que o objetivo do kanban é o de simplificar e dar agilidade as atividades de programação e controle da produção.

Tubino (1999) diz que o sistema kanban funciona baseado no uso de sinalizações para ativar a produção e movimentação dos itens pela fábrica. Essas sinalizações são convencionalmente feitas com base nos cartões kanban e nos painéis porta-kanbans. Os cartões são confeccionados de material durável para suportar o manuseio constante.

O sistema kanban possui algumas características que, segundo Pace (2003, p. 9), são:

- a) O uso desse sistema não admite a produção baseada em previsão de vendas, ou seja, seu funcionamento está condicionado a vendas já concretizadas: produz-se, de fato, o que já foi vendido. O que é produzido hoje deve ser entregue hoje, amanhã ou no menor prazo possível, não admitindo grandes estoques, portanto. Assim, esse sistema deve ser empregado somente nas relações produtor *versus* consumidor, em que o produto envolvido já tenha uma saída relativamente estável durante determinado período;
- b) Se na cadeia de produção ocorrer alguma paralisação, todo o processo é interrompido, automaticamente. Logo, todos os setores após o setor paralisado deixarão de produzir, uma vez que a FONTE abastecedora está parada; e todos os setores antes do setor paralisado também deixarão de produzir, uma vez que a FONTE consumidora está parada. Evita-se, portanto, produzir o que é desnecessário no momento;
- c) Níveis baixos de estoques de produtos em processo e de produtos acabados, uma vez que tudo o que é produzido é rapidamente consumido;
- d) Controle do inventário facilitado, uma vez que as embalagens utilizadas são padronizadas e equivalem a um único cartão kanban. Portanto, é suficiente verificar em que posição do processo cada cartão se encontra;
- e) Diante da padronização das embalagens, dos Quadros kanban e dos cartões kanban, permite-se uma rápida visualização do andamento da produção;

- f) Dá ao supervisor ou encarregado do setor a responsabilidade do que e quando produzir. Cria-se, assim, o envolvimento e o voluntário esforço desses colaboradores para melhorar o sistema;
- g) O sistema requer a produção de lotes equivalentes a um dia ou a frações de um dia, o que restringe a produção de lotes grandes. Conseqüentemente, diminuem-se as perdas por má qualidade: menos tempo despendido para inspeção 100% e/ou menor quantidade de peças refugadas;
- h) Identificação da peça, situação de inspeção e ensaio ou qualquer outro registro do sistema da qualidade poderão ser anotados no cartão kanban;
- i) O centro produtor somente inicia suas atividades de reposição quando o centro consumidor solicita.

De acordo com os principais autores da área existem dois tipos de cartões kanban, com nomenclaturas diferentes, mas com a mesma finalidade que são: o kanban de produção e o kanban de transporte ou movimentação, ou requisição, ou ainda, kanban de retirada.

Pace (2003) lista as informações que um cartão kanban de produção deve conter:

- a) Centro de trabalho: identifica o centro produtor em que o cartão circula;
- b) Código da peça: identifica o código de registro do produto que acompanha o cartão;
- c) Descrição da peça: descreve, sucintamente, o nome do produto que acompanha o cartão;
- d) Capacidade do contêiner: aponta a quantidade de produto que o cartão representa;
- e) Locação no estoque: identifica o local onde o contêiner cheio, acompanhado do cartão, deverá ser estocado até que seja transportado para o centro consumidor;
- f) Materiais necessários: identifica o nome, o código, o centro de trabalho e o local do estoque de saída de todos os materiais que comporão o produto identificado no cartão.

Pace (2003, p. 15) acredita que as informações que devem ser encontradas no cartão kanban de movimentação são:

- a) Descrição da peça: descreve, sucintamente, o nome do produto que acompanha o cartão;
- b) Código da peça: identifica o código de registro do produto que acompanha o cartão;
- c) Capacidade do contêiner: aponta a quantidade de produto que o cartão apresenta;

- d) Número do cartão: é um número de controle que mostra a quantidade total de cartões de movimentação existentes entre o centro de produção e o centro de consumo, além do número seqüencial do cartão. Esse campo é muito útil, considerando-se que, nos constantes vai-e-vem dos cartões, um ou outro pode extraviar-se;
- e) Processo anterior: descreve o processo, o código do processo e o local de estoque de saída referente ao centro produtor do produto;
- f) Processo posterior: escreve o processo, o código do processo e o local de estoque de entrada referente ao centro consumidor do produto.

Segundo Ohno (1997) o kanban deve ser usado corretamente, pois seu uso incorreto causa problemas para a empresa. Ele descreve no Quadro 6, as principais funções do *kanban* e suas regras para utilização.

<b>Funções do kanban</b>	<b>Regras para utilização</b>
Fornecer informação sobre apanhar ou transportar	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo kanban no processo precedente.
Fornecer informação sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo kanban
Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	Nenhum item é produzido ou transportado sem um kanban
Servir como uma ordem de produção afixada às mercadorias.	Serve para afixar um kanban as mercadorias
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que produz.	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.	Reduzir o número de kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Quadro 6 - Funções do Kanban x Regras para utilização  
 FONTE: Ohno, 1997.

## 2.24 Tempo Takt (*Takt Time*)

***Takt Time*** (“Ritmo”) – A taxa de demanda do cliente. *Takt* é o pulso de um sistema lean. O *Takt time* é calculado pela divisão do tempo de produção pela quantidade que o cliente requer naquele tempo (SETEC, 2006).

Segundo Kosaka (2006) podemos dizer que o tempo *takt* – pulsação do Sistema Toyota de Produção (TPS). O TPS liga todas as atividades da produção à demanda real do cliente. A linguagem desta ligação é o tempo *takt*. Assim é na Toyota. A observância inconteste e aplicação disciplinada e total deste conceito é o grande diferencial da Toyota, se comparada com aqueles que não observam este pequeno, porém determinante detalhe e por isso têm dificuldade em suceder na jornada *lean* na essência.

Para Leiker e Méier (2007) muitas pessoas confundem a diferença entre takt-time e tempo de ciclo. O *takt time* não é uma ferramenta. É um conceito usado para projetar o trabalho e ele mede o ritmo da demanda do cliente, em termos de cálculo, ele é o tempo disponível para produzir peças em um intervalo específico de tempo dividido pelo número de peças demandadas naquele intervalo. Assim o número obtido diz, por exemplo, que uma peça precisa ser produzida a cada minuto para satisfazer a demanda do cliente. Já o tempo de ciclo é o tempo necessário para se completar uma tarefa, não leva em consideração a demanda do cliente.

Para melhor exemplificar o *takt time* e seu cálculo veja a Figura 33:

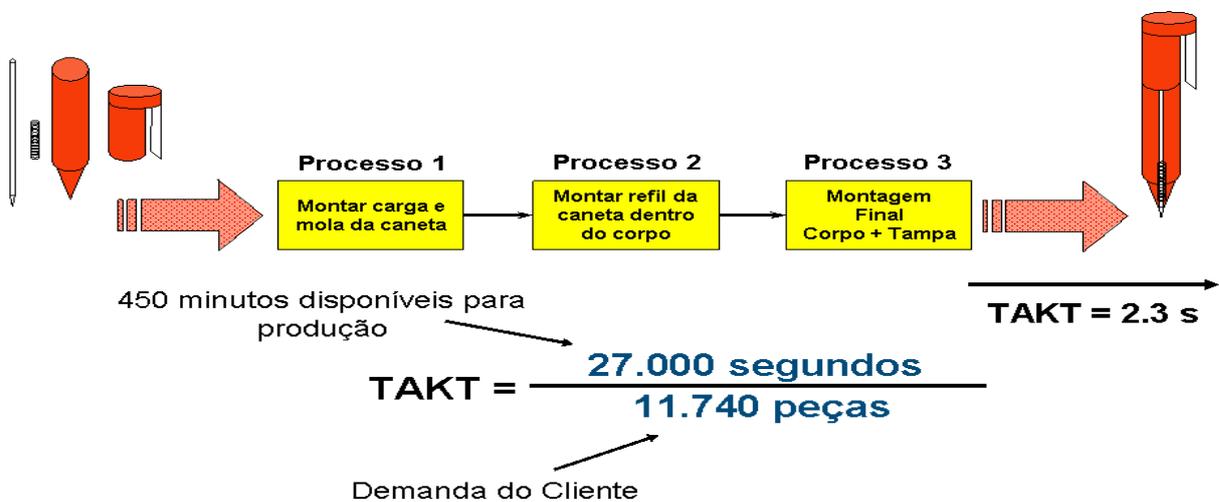


Figura 33 - Exemplo de *takt time* e seu cálculo  
FONTE: Setec, 2006.

O *Takt time* serve como uma “batida” comum para todas as operações no fluxo de valor, ditando o ritmo que a produção deve seguir para atender a demanda do cliente (LEIKER e MEIER, 2007).

## 2. 25 Gerenciamento Visual / Andon

Para Leiker e Méier (2007) o uso de controle visuais é o passo mais importante no processo de desenvolvimento da padronização e ele de vê atuar junto com a filosofia dos 5's. Gerenciamento Visual é a técnica utilizada para facilitar o dia-a-dia de uma fábrica ou processo e melhorar ainda mais o ambiente de trabalho.

O Gerenciamento visual pode ser dividido em:

1. Display Visual: Comunica informações importantes, mas não necessariamente controla o que as pessoas e as máquinas executam;
2. Controle Visual: Transmite informações importantes, normalmente padrões, de maneira que as atividades sejam controladas.

*Andon* para Leiker e Méier (2007) é uma ferramenta do gerenciamento visual que ajuda a mostrar o estado das operações em uma determinada área ou ainda avisar quando está ocorrendo algo anormal na produção. De qualquer maneira ele fornece as informações necessárias às pessoas envolvidas por meio de dispositivos luminosos, como painéis e luzes.

Um Andon pode indicar o status da produção (por exemplo, quais máquinas estão operando), uma anormalidade (por exemplo, parada de máquina, problema de qualidade, erros de ferramental, atrasos do operador e falta de materiais) e as ações necessárias, como a necessidade de trocas, conforme a Figura 34.



Figura 34 - Modelos de gerenciamento visual  
 FONTE: Setec, 2006.

## **2.26 Heijunka (Nivelamento da produção)**

Segundo Niimi (2004) o heijunka significa produção nivelada, produção nivelada é algo que pode dar benefícios impressionantes a qualquer produto. O heijunka é um dos fundamentos principais do TPS, juntamente do trabalho padronizado e do kaizen, ou melhoria contínua.

Para Carraro (2005) Heijunka é a criação de um "cronograma nivelado" por meio do seqüenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo e eliminação das variações cotidianas nos pedidos totais, de modo a corresponder à demanda de longo prazo.

Setec (2006) diz que nivelamento da produção é produzir somente o que o cliente precisa, equalizar o volume e os tipos de produção e Nivelar a seqüência de produção. Nivelamento da produção, ou Heijunka, é a equalização dos tipos e quantidades de produtos ou serviços dentro do processo, com base nos requisitos do cliente.

Nivelamento é o termo usado para descrever o equilíbrio entre a carga de produção e a capacidade de produção

Carga de produção - volume de trabalho que precisa ser realizado;

Capacidade de produção - habilidade da máquina e do operador para completar o trabalho.

A produção nivelada é a base de um sistema Lean.

O nivelamento da produção tem como base a produção da quantidade utilizada por um processo em um processo que o preceda imediatamente. Os processos são organizados para facilitar a produção Just in Time – a quantia necessária no tempo necessário, com pessoas e equipamentos organizados para esta finalidade.

O sistema Lean tem como base a eliminação contínua do desperdício. A habilidade de desenvolver um sistema de produção nivelada, com mínimo excesso de estoque, é um resultado desejado do gerenciamento do desperdício. Fazer isto ajudará a atingir a verdadeira meta – a redução dos custos.

### **2.26.1 Produção e programação nivelada:**

- Determinada por volume de vendas e variedade do produto (ordem);
- Equaliza o volume e os tipos de produção ao longo de todo o processo de manufatura;

- Depende de produção de pequeno lote, facilitada pelo sistema SMED de troca rápida;
- Reduz significativamente o risco de desperdício no sistema, produzindo somente o que o cliente precisa;
- Permite o planejamento flexível da produção para atender às mudanças de necessidades;
- Usa o Kanban como uma ferramenta de comunicação que dispara uma quantidade de estoque em processo no sistema;
- Fornece uma base suave para o JIT.

Se a produção estiver exatamente de acordo com os pedidos do cliente, a produção de alguns dias seria muito alta e alguns dias seria muito baixa. Mas, você sempre precisaria ter máquinas, mão-de-obra e material para fazer pico de produção. Claro, haveria um tempo inativo significativo durante os vales. Chamamos esse desperdício de “muda” (desperdício).

O *heijunka* precisa que a companhia re-pense como deve comprar do fornecedor, como projetar as máquinas e ferramentas, como desenvolver os processos de trabalho e como planejar as suas equipes. O *heijunka* direciona a criação de processos flexíveis. Mas sem o *heijunka*, uma companhia termina com recursos sobrando, tempo ocioso, elevados estoques, custos altos e muito mais. As pessoas normalmente perguntam sobre a relação entre *heijunka*, just-in-time e qualidade. Bem, o *heijunka* é uma idéia para alcançar a produção just-in-time. E, sem agregar qualidade, o *heijunka* seria impossível. Defeitos, claro, fazem a nossa produção flutuar (NIIMI,2004).

Para Marchwinski e Shook (2003) Heijunka consiste em padronizar a produção informando qual item e qual quantidade deve ser produzida durante um período fixo de tempo, permitindo que a produção atenda às exigências do cliente. Ao mesmo tempo que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e lead time de produção em todo o fluxo de valor.

Shingo (1996) ressalta que o sistema de troca rápida de ferramenta é essencial, pois a empresa consegue eliminar o desperdício de superprodução ao produzir pequenos lotes sem perder a eficiência do processo. Além da produção em pequenos lotes, o TRF garante a empresa competitividade uma vez que possibilita o aumento do mix de produtos facilitando respostas rápidas às demandas.

O *heijunka* pega o volume total de pedidos em um período e os nivela para que sejam produzidos a mesma quantidade e o mesmo mix a cada dia. Em um verdadeiro sistema build-to-order, os produtos A e B são produzidos na seqüência de produção dos pedidos do cliente

(ex: A, A, B, A, B, B, B, A ...). Isto resulta na produção irregular do produto, Figura 35. Se os seus pedidos forem duas vezes maiores na segunda-feira, se comparados aos da terça-feira, você acabará fazendo horas extras na segunda-feira e enviará os funcionários para casa na terça-feira (SETEC, 2006).

<b>Segunda-feira</b>							
<b>Terça-feira</b>							
<b>Quarta-feira</b>				Troca	Troca		
<b>Quinta-feira</b>					Troca	Troca	
<b>Sexta-feira</b>							

Figura 35 - Produção desnivelada  
FONTE: Setec, 2006.

O método comum desnivelado, segundo Setec (2006), cria quatro problemas: 1) Os clientes geralmente não compram produtos previsivelmente. Se o cliente decidir comprar B no início da semana, a planta terá problemas. 2) O risco de produtos não vendidos que devem ser guardados no estoque. 3) O uso de recursos não é equilibrado e 4) Há uma demanda desigual nos processos *upstream*.

Para a Setec (2006) Os quatro benefícios do cronograma nivelado são: 1) Flexibilidade para fazer o que o cliente deseja, quando ele deseja. 2) Redução do risco de produtos não vendidos. 3) Uso balanceado da mão de obra e das máquinas e 4) Demanda suavizada nos processos e fornecedores *upstream*

A Figura 36, mostra um modelo de produção nivelada de acordo com a teoria *Heijunka*.

<b>Segunda-feira</b>					Troca Rápida 	Troca Rápida 	
<b>Terça-feira</b>			Troca Rápida 		Troca Rápida 	Troca Rápida 	
<b>Quarta-feira</b>				Troca Rápida 			
<b>Quinta-feira</b>	Troca Rápida 			Troca Rápida 			Troca Rápida 
<b>Sexta-feira</b>			Troca Rápida 			Troca Rápida 	

Figura 36 - Produção Nivelada  
FONTE: Setec, 2006.

Segundo Ohno(1997) em uma linha de produção, as flutuações no fluxo do produto fazem aumentar o desperdício. Isto se dá porque equipamentos, operários, inventários, e outros elementos exigidos para a produção precisam estar sempre preparados para um pico. Se um processo posterior varia sua retirada das peças em termos de tempo e quantidade, a extensão destas flutuações aumentará conforme elas forem avançando na linha em direção aos processos.

Afim de evitar flutuações na produção mesmo nas associadas externas, precisamos tentar manter a flutuação na linha de montagem final em zero. A linha de montagem final da toyota nunca monta o mesmo modelo de carro em um “volume”. A produção é nivelada fazendo-se primeiro um modelo, depois outro e então outro (OHNO, 1997).

## **2.27 Manutenção Produtiva Total (TPM)**

A Manutenção Produtiva Total (TPM) tem sido uma ferramenta muito importante para os setores de manufatura intensivos em equipamentos. É um fator fundamental para o aumento da disponibilidade das máquinas, e um passo vital para conectar as máquinas visando criar um fluxo melhor (SMALLEY, 2005).

Segundo Smalley (2005) a essência do TPM foi desenvolvida na Denso, um fornecedor automotivo de primeira camada do grupo de fornecedores da Toyota, durante as décadas de 60 e 70 no Japão. A idéia central do programa é a completa eliminação de tudo que faz parte das chamadas “seis principais perdas nas máquinas”: quebras, tempos de set up, perdas de ciclo, paradas curtas, sucata e retrabalho, e perda por instabilidade no início do turno. Enquanto o pensamento *lean* tenta eliminar desperdícios em relação à mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos, o TPM mergulha fundo na área específica de perdas na produção relacionadas ao componente ‘máquina’.

A abordagem é chamada de total por três razões. Primeiro, requer a total participação de todos os funcionários, não apenas do pessoal de manutenção, mas também de gerentes de linha, engenheiros de produção, profissionais da qualidade e operadores. Segundo, busca a produtividade total do equipamento (OEE), focando nas 6 perdas principais sofridas pelas máquinas; quebra, tempo de troca, pequenas perdas, perdas de velocidade, refugo e retrabalho. Terceiro, concentra-se no ciclo de vida total do equipamento, revisando as práticas e as atividades de manutenção em relação ao estado em que se encontra o equipamento em seu ciclo de vida (SETEC, 2006).

TPM é algo vital tanto para a melhora da qualidade, como para reduzir os inventários e diminuir os tempos ociosos das máquinas e dos trabalhadores. A manutenção Produtiva total tem o enfoque principal nos equipamentos de forma que eles sempre estejam prontos para uso sem necessidade de reparos (SMALLEY, 2005).

Para Takahashi (1993) *apud* Ferreira, F., (2004, p.74), a Manutenção Produtiva Total é uma campanha que abrange a empresa inteira, com participação de todo o corpo de empregados, para conseguir-se a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento. Com essa campanha, eles entendem que, melhorando as máquinas, dispositivos e acessórios, para torná-los mais confiáveis, seguros e de fácil manutenção, e treinando todo o pessoal, para operá-los com eficiência e segurança, será possível despertar o interesse dos operadores, educando-os para que cuidem das máquinas da fábrica, garantindo, assim, a qualidade do produto.

Segundo Querner (2001), a evolução de acordo com os resultados da pesquisa conduzida nos anos de 1976 e 1979 pela JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), no Japão, entre as 124 empresas associadas, as conclusões foram o estabelecimento de quatro estágios distintos na condução da manutenção, no Japão, como demonstrado na Figura 37:

Estágio 1 – Manutenção corretiva

Estágio 2 – Manutenção preventiva

Estágio 3 – Manutenção do sistema de produção

Estágio 4 – TPM

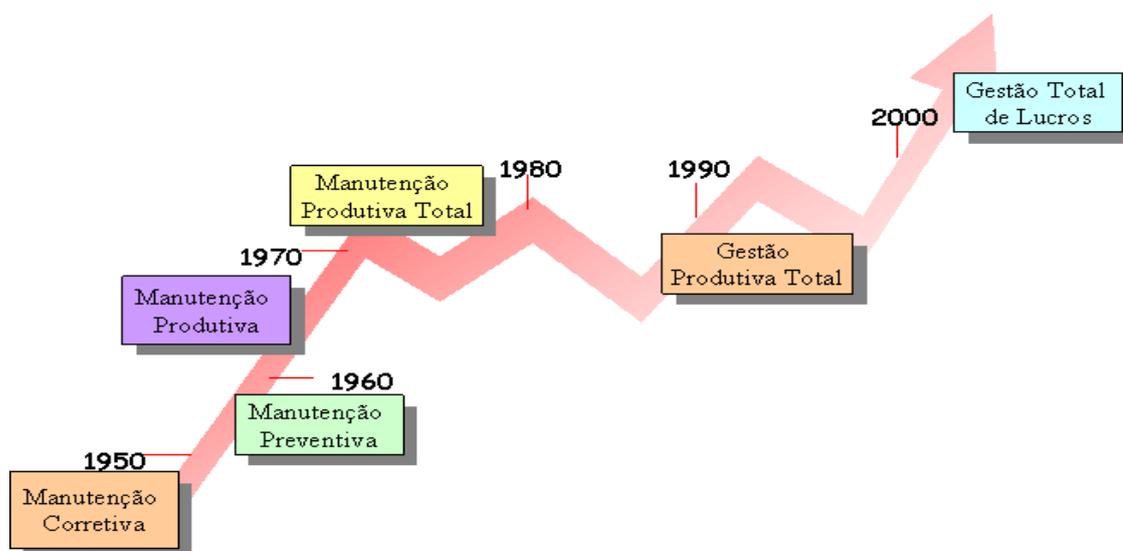


Figura 37 - Evolução da manutenção no Japão  
 FONTE: Setec , 2006.

Segundo Ferreira, F., (2004) a TPM possui oito pilares fundamentais:

1. Manutenção autônoma – envolve e ensina os operadores, por meio de trabalhos nos equipamentos, a trabalhar em equipe, a conhecer e utilizar melhor os equipamentos. O TPM se baseia no princípio de que ninguém conhece o equipamento/ ferramenta melhor do que o trabalhador que o opera diariamente, que pode ajudar a prevenir quebras e danos, junto com a equipe de manutenção.

2. Melhorias específicas – ajuda a entender as maiores perdas de cada área ou equipamento e a implantar melhorias para reduzi-las.

3. Manutenção planejada – tem como objetivo aumentar a eficiência do equipamento, buscando a quebra zero.

4. Educação e treinamento – todo o trabalho de implantação de novas tecnologias exige mudanças nas pessoas. O treinamento em operação e manutenção é a ação ou o processo de fornecer instruções para qualificar ou especializar o pessoal em determinadas atividades ou capacidades, O objetivo do treinamento é tornar os funcionários mais proficientes e capazes no que eles fazem.

5. Fase inicial de controle – Tem como objetivo a garantia a melhora do desempenho do equipamento.

6. Manutenção de qualidade – busca zerar o número de defeitos que afetam o consumidor. A busca dessa redução é feita de duas maneiras: prevenindo e corrigindo os problemas.

7. Eficiência das áreas administrativas e indiretas – o objetivo desse pilar é aumentar a velocidade e, principalmente, a qualidade das informações que passam por essas áreas, e eliminar a “papelada” desnecessária.

8. Saúde e segurança e meio ambiente – objetiva a prevenção de acidentes, elaborando programas de treinamento preventivo, auditorias de riscos, gestão visual e de acompanhamento das providências.

## 2.28 Overall Equipment Efficiency (OEE)

Segundo a Setec (2006) OEE é um indicador fundamental para o *Lean* e o TPM. O objetivo é avaliar a eficácia global de um equipamento específico. Ele é calculado considerando perdas de Disponibilidade, Produtividade e Qualidade.

**Disponibilidade** considera Perda por *Down Time* e é calculada como:

- Disponibilidade = Tempo Operacional / Tempo de Produção Planejada.

Podemos incluir as seguintes categorias de perda:

Quebras – Definido como o tempo entre quando o equipamento é parado devido ao mau-funcionamento até ele ser reparado e estar pronto para operar. O tempo de quebra não inclui o tempo quando o equipamento quebrado não está programado para operar.

Exemplos:

Falhas no equipamento;

Manutenção não-planejada;

Quebras em geral;

Desgaste do componente;

Erro do operador.

Desempenho considera Perdas por Velocidade, e é calculado como:

*Desempenho = Peças Produzidas Realmente / Produção Ideal.*

Inclui as seguintes categorias de perda:

Pequenas Paradas e Ociosidade – Perdas resultantes de downtime da máquina devido a interrupções no fluxo do processo, o que requer intervenção do operador ou ajustador da tarefa. A perda não é necessariamente o resultado de um mau-funcionamento do equipamento, pode ser resultado da máquina começar a perder o ajuste. Também pode resultar de variâncias no material ou acúmulo de resíduo / scrap, causando atolamento ou bloqueio.

Exemplos:

- Fluxo de produto obstruído;
- Máquinas emperradas;
- Reinicialização da máquina;
- Má-alimentação;
- Sensor bloqueado.

## **Qualidade**

*Qualidade considera Perdas de Qualidade, e é calculada como:*

*Qualidade = Peças Boas / Total de Peças*

Inclui a seguinte categoria de perda :

Defeito de Qualidade – Perda associada à produção de peças que não atendem às especificações do produto final (incapazes de passar no controle de qualidade na primeira tentativa). A produção fora da especificação que requer retrabalho e scrap representa uma

atividade que não agrega valor, perda de tempo, perda de material e perdas significativas à maioria das operações de manufatura

Exemplos:

- Produto Fora da Cor;
- Garrafas arranhadas ou desbotadas;
- Danos dentro do processo;
- Montagem incorreta.

Fórmula para calcular o OEE:

**Eficácia Global do Equipamento** = Disponibilidade x Desempenho x Rendimento da Qualidade, conforme o Quadro 7:

Para Seiichi Nakajima, no cálculo do Rendimento Operacional Global deve-se incorporar, tanto o índice do tempo operacional, como o da performance operacional e o dos produtos aprovados (FERREIRA, F., 2004).

Tempo Operacional Total			
Disponibilidade	A. Tempo Operacional Líquido		Quebras Set-up / Ajuste Perda de Ferramental
	B. Tempo de Execução		
Desempenho	C. Meta de Saída		Pequenas Paradas Ociosidade Velocidade Reduzida
	D. Saída Real		
Qualidade	E. Saída Real		Retrabalho Scrap
	F. Saída Boa		
<b>OEE = B/A x D/C x F/E</b>			

Quadro 7 - Eficiência global do Equipamento  
FONTE: Setec (2006).

## 2.29 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio Para Reparo (MTTR)

Sendo a Setec (2006) Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) – Confiabilidade – É a probabilidade da máquina/equipamento operar continuamente, sem falhar, por um intervalo de tempo sob condições pré-determinadas.

Forma de calcular:

$$MTBF = \frac{T. Disp - (Horas paradas não planejadas)}{N^{\circ} de Intervenções}$$

Horas Paradas Não Planejadas = Horas Manut. Corretiva + Horas Falta M.O. + Horas Falta M. P. + Falta Pessoal.

M.O = Mão de Obra;

M. P = Matéria Prima.

Tempo Médio Para Reparo (MTTR) – Manutenibilidade – É a característica do projeto, instalação e operação, normalmente expressada como a probabilidade na qual a máquina / equipamento pode ser reabilitada a uma determinada condição de operação, em um intervalo de tempo pré-determinado, quando a manutenção é feita de acordo com os procedimentos.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas de Manutenção Corretiva}}{\text{Nº de Intervenções}}$$

## 2.29 Lean - Seis Sigma

Para Dirgo (2006) o Seis Sigma é uma metodologia focada principalmente da redução das variações dos processos ou sistemas de negócios, ele usa o DMAIC para Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar os processos ou sistemas de negócio, nesta metodologia deve-se analisar as entradas, os processos e as saídas destes processos.

Já para Werkema (2004) Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores. O *Lean Manufacturing*, por sua vez, é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa. Como o *Lean* pode ser aplicado em todo tipo de trabalho, uma denominação mais apropriada é *Lean Operations ou Lean Enterprise*.

O Programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o *Lean Manufacturing*, por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles, é denominado Lean Seis Sigma, uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz que cada uma das partes individualmente e adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos.

O Seis Sigma é relativamente novo em comparação com o *Lean*, pois alguns argumentos e ferramentas usadas pelo *Lean* são datados de 1913 ou antes, desde quando a Ford Company usava os fluxos contínuos de produção, porém muitos destes conceitos foram

incorporados a outros e difundidos pela Toyota no Sistema Toyota de Produção. O Lean é uma coleção de práticas usadas pela Toyota todos os dias visando reduzir ou eliminar os desperdícios, estas práticas vão desde as linhas de produção até para fora da empresa nas cadeias de suprimentos. (Dirgo, 2006).

Para Abraham (2006) o Lean Seis Sigma pode ser entendido como a perfeita integração e adaptação da filosofia Lean e da metodologia Seis Sigma, Figura 38, o *Lean Seis Sigma* é um modelo focado na obtenção de processos mais enxutos e estáveis na organização. O pensamento *Lean* lida com conscientização e mudança cultural focadas na redução de desperdícios através de ferramentas de análise da cadeia de valor, implementação da manutenção autônoma e a idéia de um fluxo enxuto dentro da organização. Quando unimos a cultura *Lean* com a metodologia Seis Sigma, que esta baseada na redução de variabilidade e defeitos por meios de projetos, fortalecemos um canal entre os processos e as estratégias da organização, aumentando significativamente a sustentação dos ganhos.

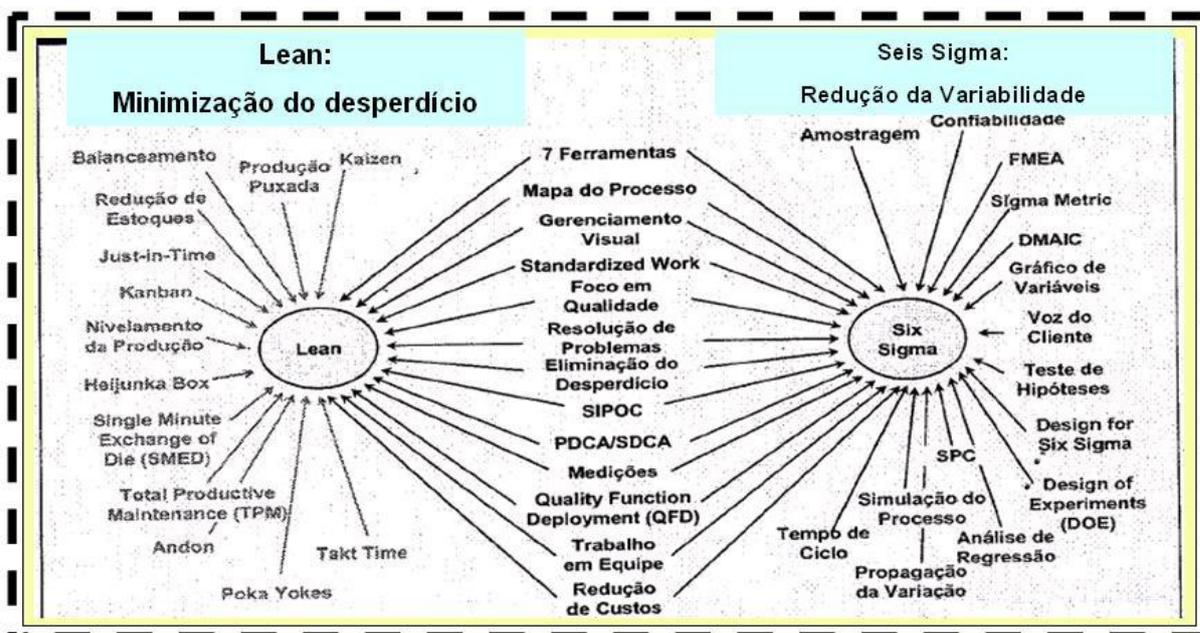


Figura 38 - Integração do Lean com Seis Sigma  
 FONTE: Setec (2006).

Para Deloitte (2005) como respostas ao conjunto de desafios que as organizações enfrentam hoje no mundo competitivo, as empresas buscaram desenvolver uma abordagem metodológica, cuja base assenta na integração de dois métodos complementares, que foi a integração dos conceitos e métodos associados a Produção Enxuta com abordagem estruturada do Seis Sigma.

Manufatura Enxuta

- Focada na eliminação de desperdícios;
- Disponibiliza conceitos e ferramentas para obtenção de melhorias na geração de valor acrescentado.

#### Seis Sigma

- Ferramenta metodológica para a redução de variações em processos e aplicações;
- Baseada em conceitos científicos e ferramentas estatísticas;
- Metodologias provadas (DMAIC, DMADV).

Segundo Deloitte (2005) Produção Enxuta e Seis Sigma são aliados naturais para a obtenção de melhorias de desempenho nos negócios;

- Produção Enxuta reduz a complexidade dos processos e do negócio;
- Seis Sigma melhora a fiabilidade e a eficiência dos processos de negócio;
- Produção Enxuta e Seis Sigma amplificam-se e aceleram a obtenção de benefícios estratégicos.

Juntos, Produção Enxuta e Seis Sigma oferecem uma significativa e elevada probabilidade de sucesso.

Para George (2002) algumas companhias melhoraram seus processos com a aplicação da metodologia Seis Sigma, porém o *lead time* para alguns processos não foram reduzidos, foram apenas entendidos, Estas Companhias também conseguiram modestas melhorarias nos seus materiais e estoques em processo e na rotação de seus inventários de produtos finais, mas também se elas estivessem somente o utilizando a Manufatura Enxuta demonstrariam poucas reduções e melhoras nestes processos por isso para se buscar uma excelência operacional elas buscaram a utilização integrada da metodologia Lean com Seis Sigma.

Segundo George(2002) o *Lean Six Sigma* é uma metodologia que maximiza os valores do negócio para os acionistas e alcança rapidamente uma melhoria na taxa de satisfação dos clientes, redução de custos, aumento da qualidade, velocidade de processo e capital investido.

A fusão do *Lean* com o Seis Sigma é requerida porque o *Lean* não traz os processos para um controle estatístico e o Seis Sigma sozinho não melhora rápido e drasticamente os processos e não reduz os desperdícios do capital investido.

Segundo a Setec (2006), o problema que você enfrenta dita a escolha das ferramentas que você usa, veja na Figura 39 quando devemos usar o Seis Sigma ou *Lean*.

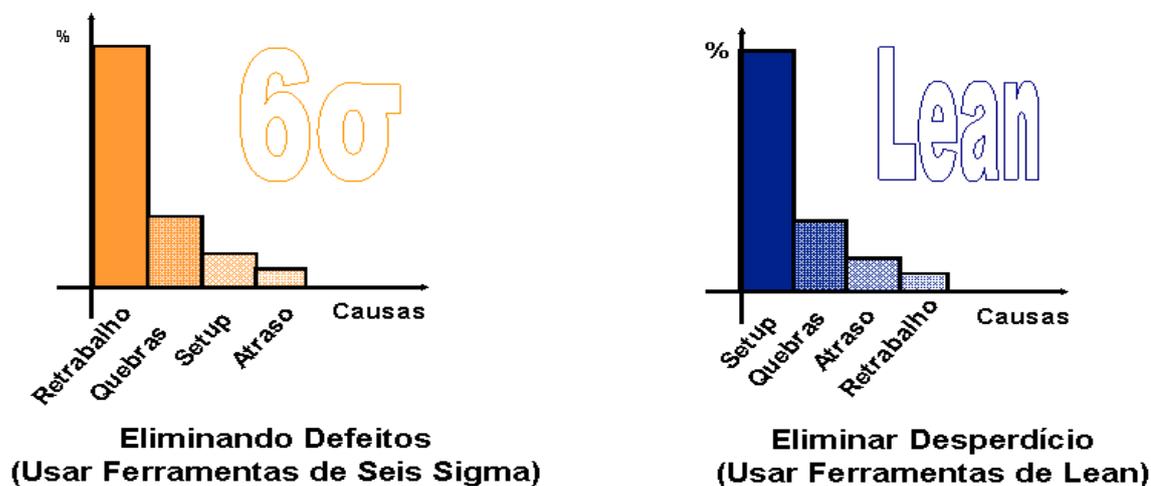


Figura 39 - Utilização do Seis Sigma versus *Lean*  
 FONTE: Setec (2006)

Segundo a Setec (2006) quando se utilizar o Lean Seis Sigma o roteiro e ferramentas para cada etapa de projetos DMAIC são as seguintes:

- Ferramentas de DEFINIR
  - CTQ's;
  - Mapeamento dos processos e subprocesso;
  - Definição do problema.
- Ferramentas de MEDIR
  - Mapeamento de Fluxo de Valor (Estado Atual);
  - Eficácia Global do Equipamento;
  - *Work in Process*.
- Ferramentas de ANALISAR
  - *Takt Time*;
  - Teoria das Restrições;
  - *Single Minute Exchange of Die* (SMED).
- Ferramentas de MELHORAR
  - Empurrar/ Puxar;
  - 5S;
  - Poka Yoke;
  - Kanban;

- Heijunka;
- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Kaizen;
- Mapeamento de Fluxo de Valor (Estado Futuro).
- Ferramentas de CONTROLAR
  - PMCS;
  - Gerenciamento Visual/ Andon.
- Análise e Ferramentas de CONFIABILIDADE

### 2.30 Teoria das Restrições (TOC – Theory of Constraints)

Segundo Jardim e Costa (2005) a Teoria das Restrições é uma filosofia de gerenciamento com a premissa básica de que a otimização de todas as etapas de um processo não necessariamente gera melhorias ao sistema como um todo e que deve-se trabalhar para identificar, minimizar ou eliminar os principais problemas, chamados de restrições ou gargalos.

Para Jardim e Costa (2005) O ciclo de melhoria da teoria das restrições é composto de cinco passos:

1. Identificação de quais são os recursos críticos que restringem a capacidade de processamento do sistema;
2. Busca da melhoria do desempenho do sistema através da utilização plena dessas restrições críticas;
3. Subordinação de tudo ao ritmo de produção desse recurso crítico;
4. Remoção dessa restrição, identificando-se o novo “gargalo” do sistema e;
5. Reinício do roteiro de melhoria

Segundo Setec (2006) a teoria das restrições, foi desenvolvida nos anos 1970 pelo físico Eliyahu Goldratt, que escreveu o livro *The Goal*.

Para Nave e Lacerda (2002) a teoria das restrições concentra-se no aperfeiçoamento do sistema. Um sistema é definido como uma série de processos interdependentes, ou seja, um sistema é como uma corrente: um grupo de elos interdependentes trabalhando juntos em direção a um objetivo geral. A restrição é como um elo fraco.

O desempenho de toda corrente é limitado pela força do elo mais fraco. Em processos de produção, a teoria das restrições concentra-se no processo que reduz a velocidade do produto no do sistema.

Por se concentrar nas restrições, esta metodologia produz efeitos positivos no tempo de fluxo do produto ao longo do sistema. A redução do desperdício na restrição aumenta o índice de saída e melhora o tempo de ciclo. Quando a restrição é melhorada, o mesmo acontece com a qualidade, já que há redução na variação. A teoria das restrições supera uma crítica à maioria dos programas de melhoria de processos: a de que muitos deles utilizam uma abordagem de massa para conseguir o resultado desejado. Com a abordagem de massa, as empresas esperam que o resultado do sistema como um todo seja melhorado, por meio do refinamento e do aperfeiçoamento de cada processo individual e independentemente, até sua capacidade máxima. (NAVE; LACERDA, 2002).

Segundo Zaffani (2005) a Teoria das Restrições foca o aperfeiçoamento do sistema como um todo. Assim, o sistema compreende vários processos interdependentes, de tal forma que assemelha-se à uma corrente na qual todos os elos trabalham na mesma direção e objetivo. O elo mais fraco da corrente é a restrição.

As maiores críticas à Teoria das Restrições referem-se à mínima influência dos funcionários e à não valorização das análises de dados já os defensores sustentam que a Teoria das Restrições melhora o tempo de fluxo no sistema, reduz o desperdício, aumenta o índice de saída e melhora os tempos de ciclo. Além disso, argumentam que o foco na restrição não exige um conhecimento mais profundo de análise de dados (ZAFFANI, 2005).

### **3 A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Neste capítulo, é descrita de forma detalhada a metodologia usada para alcançar o objetivo proposto nesta dissertação. São descritas as perguntas da pesquisa, o delineamento, a coleta e a análise dos dados, além de descrever como esta sendo a implementação da Manufatura Enxuta em conjunto com a Metodologia Seis Sigma em uma empresa do setor de bebidas não alcoólicas no Pólo Industrial de Manaus. Este estudo foi realizado com base nos dados da implementação no período de 2004 ao primeiro semestre de 2007, com o acompanhamento de uma empresa de consultoria de implementação e treinamento em Manufatura Enxuta e Seis Sigma.

#### **3.1 Perguntas da Pesquisa**

Esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de apresentar os conceitos relacionados à Manufatura Enxuta e as metodologia Seis e a interação entre a Manufatura Enxuta e o Seis Sigma, além de avaliar a sua aplicação através de um estudo de caso realizado na empresa Gama S.A., que é uma empresa de grande porte do setor de bebidas não alcoólicas, com o intuito de avaliar a eficiência operacional do setor de produção de partes sólidas após a implantação das ferramentas da Manufatura Enxuta em conjunto com a metodologia Seis Sigma e propor um roteiro de procedimentos para a aplicação da Manufatura Enxuta e da metodologia Seis Sigma em uma organização. A Manufatura Enxuta e o Seis Sigma estão difundidos em toda a organização, este trabalho se limitará analisar a sua implementação em apenas um processo da organização que é a área de produção de partes sólidas, porém no decorrer desta pesquisa serão abordados alguns outros processos que foram aplicados os princípios da Manufatura Enxuta, estes processos serão comentados superficialmente. Esta pesquisa pretende-se ainda responder as seguintes questões:

- a) Quais os principais fatores para a implementação da Manufatura Enxuta e Seis Sigma na Gama S.A.?
- b) Quais os problemas, defeitos e desperdícios que mais influenciam os indicadores de Desempenho da Empresa Gama S.A.?
- c) Quais ferramentas da Manufatura Enxuta e da Metodologia Seis Sigma são apropriadas para a resolução de problemas, gerando efeito na melhoria operacional da Gama S.A.?

d) Quais foram os benefícios obtidos pela Gama S.A. com a implementação da Manufatura Enxuta e da Metodologia Seis Sigma?

### 3.2 Delineamento da Pesquisa e caracterização

Gil (2002) afirma que o estudo de caso possui uma natureza detalhista analisando de forma profunda e exaustiva poucos objetos.

Yin (2005) Caracteriza o estudo de caso como a estratégia de pesquisa preferida quando o pesquisador possui pouco controle sobre os eventos e quando o foco se dá em um fenômeno contemporâneo, dentro de um contexto de vida real. Acredita que quanto ao estudo de caso “[...] sua utilização maior é em estudos exploratórios e descritivos, mas também pode ser importante para fornecer respostas relativas à causa de determinados fenômenos”.

Na mesma linha, Gil (2002) defende que este tipo de pesquisa constitui o estudo em profundidade de um ou de poucos objetos, de maneira que permita conhecimento amplo e específico do mesmo. Assim, o estudo de caso é uma categoria de pesquisa essencialmente qualitativa, cujo objeto é uma unidade que se analisa intensamente. Ele deve possuir uma orientação teórica bem estabelecida, extremamente necessária para a orientação do trabalho a ser desenvolvido.

Segundo Gil (2002), o estudo de caso está sofrendo uma crescente utilização com diferentes propósitos:

- Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- Preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- Formular hipóteses ou desenvolver teorias; e
- Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

Para Gil (2002), a pesquisa é classificada segundo a sua natureza, a forma de abordagem do problema, os seus objetivos e os procedimentos técnicos.

Quanto à sua natureza esta pesquisa é de caráter aplicativo, ou seja, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigido à solução de problemas específicos. Ela envolve uma situação real e se destina à solução de problemas de interesse do setor industrial.

No que diz respeito aos propósitos deste estudo, a pesquisa realizada é de natureza quantitativa, ou seja, considera tudo que pode ser quantificável com o objetivo de traduzir em números, opiniões e informações para posteriormente classificá-las e analisá-las (SILVA; MENEZES, 2005). A pesquisa quantitativa é uma interpretação de dados, que serão utilizados para estabelecer relações entre os parâmetros em diferentes situações.

De acordo com Hoppen et al (1998), todas as pesquisas ou trabalhos científicos podem ser classificados com relação aos objetivos propostos, para encontrar a resposta ou a solução de um problema. Em geral, esses autores descrevem três grupos de estudo, exploratórios, descritivos e explicativos.

Dentre esses estudos, este trabalho enquadra-se no método exploratório, “que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 1991 *APUD* SILVA, 2001).

Quanto aos procedimentos, o método utilizado foi o estudo de caso por simbolizar uma análise aprofundada e exaustiva de um contexto ou situação, a respeito de uma investigação permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1991 *APUD* SILVA e MENEZES, 2005).

O método do estudo de caso é adequado neste trabalho, pois nesta pesquisa busca-se descrever e analisar quais são os impactos que devem ser observados na implantação da Manufatura Enxuta e da metodologia Seis Sigma para buscar aumento na melhoria operacional da Gama S.A.

Segundo Miguel (2007) a condução de um estudo de caso deve seguir seis passos:

1. Definir uma estrutura conceitual-teórica, onde se faz um mapeamento da literatura, delinea as proposições e delimita as fronteiras e grau de evolução;
2. Planejar o(s) caso(s) nesta etapa seleciona a (s) unidade (s) de análises e contatos, escolhe os meios para coleta e análises de dados, desenvolve o protocolo para coleta dos dados e definem-se os meios de controle da pesquisa;
3. Conduzir teste piloto para testar os procedimentos de aplicação, verificar a qualidade dos dados e fazer os ajustes necessários;
4. Coletar os dados, para isto deve-se contatar os casos, registrar os dados e limitar os efeitos do pesquisador, já que ele é externo ao processo;

5. Analisar os dados, para isto deve-se produzir uma nova narrativa para os dados, agrupar de forma a reduzir os dados, construir painel de informações com os dados e identificar causalidade;
6. Gerar relatório, desenvolver implicações teóricas e prover estrutura para replicação.

Para a construção da fundamentação teórica, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, cuja finalidade é obter as informações que embasem os conceitos e ferramentas utilizadas na Manufatura Enxuta e na metodologia Seis Sigma. Esta pesquisa bibliográfica consiste em pesquisas em publicações nacionais e internacionais, buscando uma fundamentação teórica relacionada ao tema estudado.

Foram utilizados materiais publicados em livros, revistas, artigos, dissertações e internet visando obter informações atualizadas a respeito do tema.

Para que fosse possível responder aos questionamentos propostos neste trabalho foram adotados os seguintes procedimentos:

- Realização de uma análise aprofundada do projeto de implementação da Manufatura Enxuta e nos projetos de Seis Sigma implementados na organização em estudo no período de 2004 até o primeiro semestre de 2007, concentrando-se principalmente no ano de 2005 e 2006.
- Análise dos indicadores de desempenho da organização no período de 2004 até o primeiro semestre de 2007, que foram impactados pela implementação desta nova forma de produzir. Para execução dessa análise, será necessária a realização da coleta e análise de dados conforme a metodologia descrita no próximo item deste trabalho.

Segundo Yin (2005), um ponto importante a considerar é a etapa de seleção do caso (unidade de amostra) a ser estudado. Um estudo de caso pode ser único ou múltiplo. Yin (2005) propõe que as estruturas metodológicas do caso único e dos casos múltiplos sejam idênticas e que os casos múltiplos devem seguir uma lógica de replicação visando prever resultados semelhantes ou produzir resultados contrastantes.

A escolha da referida Empresa como objeto de estudo foi devido a maior acessibilidade e interesse por parte da direção da empresa em promover uma análise da implantação da Manufatura Enxuta em conjunto com a metodologia Seis Sigma que já está bem consolidada neta empresa.

### 3.3 Procedimentos de Coleta e Análise dos Dados

A elaboração de um protocolo para o estudo de caso, contendo o instrumento de coleta e os procedimentos e regras gerais a serem seguidas na utilização do instrumento são recomendadas por Yin (2005).

Como possíveis FONTES de evidência a serem utilizadas em um estudo de caso, Yin (2005) sugere a documentação disponibilizada pela organização e os registros em arquivos, as entrevistas, as observações diretas, a observação participante e os artefatos físicos. Cada um destes tipos de evidência apresenta pontos fortes e fracos. Nenhum deles deve ser visto como tendo uma distinção especial em relação aos outros. Ao contrário, as várias FONTES são complementares.

Como procedimento de coleta de informações, utilizou-se dados secundários. Dados secundários são aqueles já disponíveis na organização, contidos em manuais, fluxogramas e demais documentos organizacionais. A técnica de coleta para obtenção de dados secundários baseou-se na consulta a esses documentos. Richardson (1999, *apud* Moura, 2002, p. 70) ressalta que a análise documental “pode ser definida como a observação que tem como objeto não os fenômenos sociais, quando e como se produzem, mas as manifestações que registram estes fenômenos e as idéias elaboradas a partir deles”.

Para Miguel (2007) a coleta de dados deve ser feita através de entrevista com os envolvidos no processo, anotações de observações do processo, estes registros devem ser feitos no momento que o evento ocorre, pesquisa em dados secundários, quando se analisa dados históricos e para caracterizar o objetivo da análise (por exemplo uma empresa).

Para analisar os dados coletados deve-se fazer uma descrição detalhada deles, depois criar uma espécie de painel para visualizar se todas as informações coletadas estão presentes e permitir uma visão detalhada de todo o processo e ajudar a tirar conclusões válidas a partir destes dados (MIGUEL, 2007).

Foram utilizadas as mesmas ferramentas de coleta de dados e indicadores desenvolvidos na Gama S.A. para avaliação das etapas da implementação da Manufatura Enxuta e nos projetos Seis Sigma:

- registros de reclamações de clientes;
- taxa de defeitos por produtos (*Product Defect Rate*);
- análise dos Indicadores de Desempenho da Empresa: taxa de defeitos de serviço (*Service Defect Rate*), Tempo Médio entre Falhas (MTBF), Tempo Médio de Reparo

(MTTR), Custo Unitário, Produtividade Homem/mês por (SU) *Standard Unit*, parada de linha por quebra de equipamento, Tempo *Takt* e tempos de *Set Up*, OEE e Nível de Estoque.

### 3.4 A Empresa

A empresa Gama S.A. faz parte de uma organização multinacional fundada em maio de 1886 em Atlanta, Estados Unidos. Hoje, ela está presente em mais de 200 países e responde por mais de 400 marcas de bebidas não-alcoólicas.

Entre as décadas de 40 até 1960, praticamente dobra o número de países com operação de engarrafamento desta bebida. O período pós-guerra nos Estados Unidos é marcado pelo otimismo e a prosperidade ambiente propício para o desenvolvimento desta empresa.

A missão da empresa é fornecer produtos, serviços, atendendo às necessidades do negócio, com responsabilidade ambiental e social. Além disso, promove o desenvolvimento dos seus colaboradores e colabora para o sucesso de seus clientes.

Ser reconhecida como uma organização líder que contribui para o crescimento daqueles com quem a empresa se relaciona é a visão desta Empresa.

Sua política busca o comprometimento com o desenvolvimento de parcerias e o crescimento mútuo em seus relacionamentos, atuando de forma a promover a melhoria contínua do negócio, do meio ambiente e da segurança de seus associados.

Com atuação de destaque no país desde 1942, a Divisão Brasil é a terceira maior operação, produção e vendas desta companhia no mundo. O Sistema dela no Brasil é composto por uma unidade de concentrado em Manaus e 17 grupos empresariais independentes, distribuídos nas cinco regiões geográficas do Brasil, chamados de fabricantes autorizados ou franquias, que elaboram o produto final em suas 41 unidades industriais e o distribuem aos pontos de venda.

Em 2007, a empresa Gama S.A. completou 17 anos de atuação no Pólo Industrial de Manaus (PIM). São 17 anos de desafios, conquistas e contribuições com o desenvolvimento do Brasil. Ela possui 156 colaboradores, e aproximadamente 120 prestadores de serviço, gerando em torno de 2000 empregos indireto no Amazonas. A empresa produz concentrado para fabricação de refrigerantes, atendendo 37 clientes localizados no território nacional, e na América Latina (Paraguai, Colômbia, Chile e Venezuela).

### **3.5 O Sistema de Manufatura Enxuta e a Metodologia Seis Sigma na Gama S.A.**

A introdução da metodologia Seis Sigma em 2003 veio apoiar as iniciativas do Sistema de Gestão Integrado (SGI) que já é bastante forte na empresa, este sistema conta hoje com normas internacionais implementadas e certificadas, ISO 9001:2000 Gestão da Qualidade, ISO 14001:2004 Gestão Ambiental, OHSAS 18001:1999 Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional, ISO 22000:2005 Gestão da Segurança do Alimenta, além da acreditação pelo INMETRO da norma ISO/IEC 17025:2005 Gestão da Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

A implementação da metodologia Seis Sigma através de um projeto global de melhoria da excelência operacional apóia o SGI, pois ajuda a tomar ações preventivas e corretivas, além de ajudar a reduzir o número defeitos por unidade produzida.

A matriz da Gama S.A. fez um contrato nos Estados Unidos da América com a Consultoria *Oriel Incorporated* e sua representante no Brasil *Setec Consulting Group* que desenvolveu toda a parte de consultoria, treinamentos e acompanhamento dos projetos de Seis Sigma e Manufatura Enxuta.

Esta iniciativa foi uma estratégia para melhorar a qualidade de seus processos e serviços e aumentar a satisfação de seus clientes, buscando o atendimento de metas e sustentação de resultados, eliminando resultados que não agregam valor ao trabalho cotidiano, reduzindo tempos de operação e adicionando bons resultados à corporação.

A Manufatura Enxuta começou a ser difundida na empresa em 2005, pela mesma iniciativa da busca constante da excelência, principalmente na parte operacional, onde existem oportunidades de melhorias e redução ou eliminação de desperdícios. Como a Manufatura Enxuta não neutraliza a metodologia Seis Sigma, a empresa Gama S.A. resolveu utiliza-las juntas para buscar melhores resultados para suas operações integrando esta forma de gestão ao SGI já existe na empresa.

Na implementação da Manufatura Enxuta, os indicadores da Gama S.A. tiveram que ser revistos, pois estava iniciando um nova forma de pensar na empresa e alguns indicadores da forma antiga, talvez não fossem os mais adequados para a nova filosofia de produção, uma vem que toda a estrutura produtiva estava mudando. Os principais indicadores operacionais da Gama S.A. estão descritos no Quadro 8.

Produtividade – Neste grupo tem-se alguns outros indicadores que mostram tendências de como está a produtividade da empresa: manutenção preventiva x corretiva,

tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo das falhas, OEE (eficiência global dos equipamentos).

Qualidade – Taxa de produtos defeituosos, taxa de serviços defeituosos, entrega perfeita, reclamações dos clientes.

Financeiros – Custo de produção por unidades, valor do inventário.

<b>Indicador</b>	<b>Como ele é avaliado</b>
Ordem Perfeita	% de ordens perfeitas
Custo de manufatura por unidade	Custo Total de Manufatura por unidade
Perda de inventário	Valor de inventário perdido no período
Taxa de defeito no serviço	Reclamações dos clientes no período
Taxa de defeito no produto	Produtos defeituosos no período
Novos produtos lançados em tempo	Quantidade de produtos planejados e lançados
Produtividade	Produção / por overhead
Manutenção Preventiva x Corretiva	Manutenção Preventiva / Manutenção Corretiva
Ambientais	Consumo de água por SU, Energia por SU
Saúde e segurança Ocupacional	Número de acidentes e tempo de afastamento por acidentes.

Quadro 8 - Principais indicadores da Gama S.A  
 FONTE: Gama S.A., 2007.

Todos os indicadores foram alinhados com os objetivos macros da companhia, que busca atender as metas corporativas descritas em seu manifesto para o crescimento, que é a diretriz maior desta companhia para os próximos 15 anos. Os indicadores selecionados foram os que mais impactam o negócio da GAMA S.A. de forma a não gastar esforços com programas que não tragam resultados significativos para alcançar todas as metas corporativas.

### **3.6 Formação da Equipe de implementação da Manufatura Enxuta**

Para o início da implementação da Manufatura Enxuta na Gama S.A. o primeiro passo foi a contratação de uma empresa de consultoria que com sólidos conhecimentos na implementação e treinamento em sistema de produção enxuta. Criação de uma equipe multidisciplinar, de forma que todos os departamentos tivessem representantes. Esta escolha foi baseada na capacidade que cada associado tem de influenciar e difundir a cultura enxuta

nos seus centros de trabalhos, pois eles funcionarão como multiplicadores e mantenedores da filosofia enxuta na Gama S.A.

Esta equipe foi formada por pessoas de áreas estratégicas da empresa conforme demonstrado no Quadro 9, que relaciona os cargos da empresa e suas funções no grupo de implementação.

<b>Cargo</b>	<b>Função no Grupo</b>
Gerente de Geral	Prover suporte e recursos financeiros para que todas as atividades sejam realizadas.
Gerente de Produção	Liderar o projeto e selecionar as pessoas chaves de cada área da Gama S.A.
Supervisores de Produção	Implementar e executar as atividades em seu departamento apoiando as iniciativas do gerente de produção.
Supervisor de Manutenção	Implementar e executar as atividades em seu departamento apoiando as iniciativas do gerente de produção e auxiliar a produção nos processos de melhorias que envolva a manutenção.
Coordenador de Embarque	Implementar e executar as atividades em seu departamento, apoiando as iniciativas do gerente de produção
Coordenador de Recebimentos	Implementar e executar as atividades em seu departamento, apoiando as iniciativas do gerente de produção
Coordenador de Qualidade	Implementar e executar as atividades da Manufatura Enxuta em seu departamento, apoiando as iniciativas do gerente de produção
Supervisor de Recursos Humanos	Implementar e executar os planos de treinamentos e desenvolvimento dos colaboradores, apoiando as iniciativas do gerente de produção.
Coordenador de Planejamento	Implementar e executar as atividades em seu departamento, apoiando as iniciativas do gerente de produção, tais como <i>heijunka</i> e gerenciar a demanda.

Quadro 9 - Função do grupo da Manufatura Enxuta

FONTE: Gama S.A, 2006.

Após a formação da equipe e distribuição das responsabilidades iniciou-se a fase de treinamentos para os facilitadores da implementação do pensamento enxuto.

O programa inicial de treinamento foi direcionado para o grupo de implementação com o objetivo de que eles aprendessem a utilizar a Manufatura Enxuta em um ambiente de Seis Sigma. Desenvolver habilidades para a identificação de desperdícios nos diversos tipos de atividades fabris, mostrar que esses desperdícios devem ser eliminados por meio das seguintes ferramentas para se obter uma melhor produtividade:

- *Kaizen* / Trabalho padronizado;
- Mapeamento do fluxo de valor;
- Atividades dos pequenos grupos;
- 5s, Gerenciamento visual/ Andon;
- Troca rápida (SMED);
- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Sistemas a prova de erros (*poka yokes*);
- *Kanban*;
- Métodos para a resolução de problemas.

Com a equipe treinada foi criada a agenda de reuniões da Manufatura Enxuta e foi desenvolvido uma estrutura de suporte para manter a empresa funcionando, de forma que as pessoas envolvidas no projeto trabalhassem sem interromper as rotinas fabris.

Um fator de fundamental importância é a comunicação de forma que toda a equipe mantenha informações claras, para melhor envolvimento dos colaboradores com os objetivos e metas.

Tendo a equipe de implementação recebido os treinamentos e capacitada para iniciar os trabalhos da implementação, iniciou-se o trabalho de comunicação e treinamento para toda empresa. Todos da empresa receberam treinamentos com o objetivo principal de mudança cultural. Esta é a fase mais difícil da implementação, não somente ser treinados, mas tornar este treinamento vivo em seu dia-a-dia, ou seja, a mudança cultural de sair de uma produção em massa para uma produção enxuta. Sendo este o fator determinante para o sucesso da Manufatura Enxuta.

Na filosofia enxuta, os associados e supervisores trabalham com maior autonomia para planejar, coordenar e melhorar as condições de trabalho, pois são eliminados os desperdícios de gerenciamento centralizado, uma vez que a fábrica pode gerenciar-se por si própria.

O fluxo de treinamento da Manufatura Enxuta que a empresa realizou para todos os seus associados, incluído a equipe de implementação é apresentado na tabela 3:

<b>Item</b>	<b>Treinamento nas ferramentas</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
1	<i>Lean manufacturing - Gerência</i>	13		
2	<i>Six Sigma – Lean (green Belt)</i>		19	
3	Kanban		6	
4	SMED		5	
5	OEE		7	62
6	Introdução a filosofia lean		46	69
7	Valor Stream Map		19	81
8	Reuniões Atividades de Pequenos Grupos			17
9	Kaizen			18
10	Gerenciamento Visual			23
11	Takt Time			73
12	Mudanças da Cultura			123
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>102</b>	<b>466</b>

Tabela 3 - Treinamentos nas ferramentas e quantidade de pessoas treinadas  
 FONTE: Gama S.A., 2007.

A equipe gerencial da Gama S.A. foi treinada nas ferramentas e filosofia da Manufatura Enxuta e os colaboradores também estão sendo treinados nas ferramentas e filosofia da Manufatura Enxuta e Seis Sigma. Além dos treinamentos de mudança cultural. Este trabalho de treinamento, até outubro de 2007 havia sido concluído cerca de 45% dos treinamentos planejados para todo o projeto e os restante dos treinamentos serão intensificados de modo que até abril de 2008 sejam concluídos.

### **3.7 Avaliação preliminar da Gama S.A.**

Com a equipe formada e com os associados treinados nos princípios da Manufatura Enxuta a empresa Gama S.A. com o apoio da consultoria realizou uma auditoria inicial em todos os seus processos, de forma a tirar uma “fotografia” do estado atual e para saber quais as áreas que necessitam de maior apoio e investimentos para se iniciar o processo de implementação da Manufatura Enxuta. Conforme a Figura 40 vemos o resultado desta

auditoria, o objetivo da empresa é que em 2009 todos estes pontos identificados estejam 100% completos.

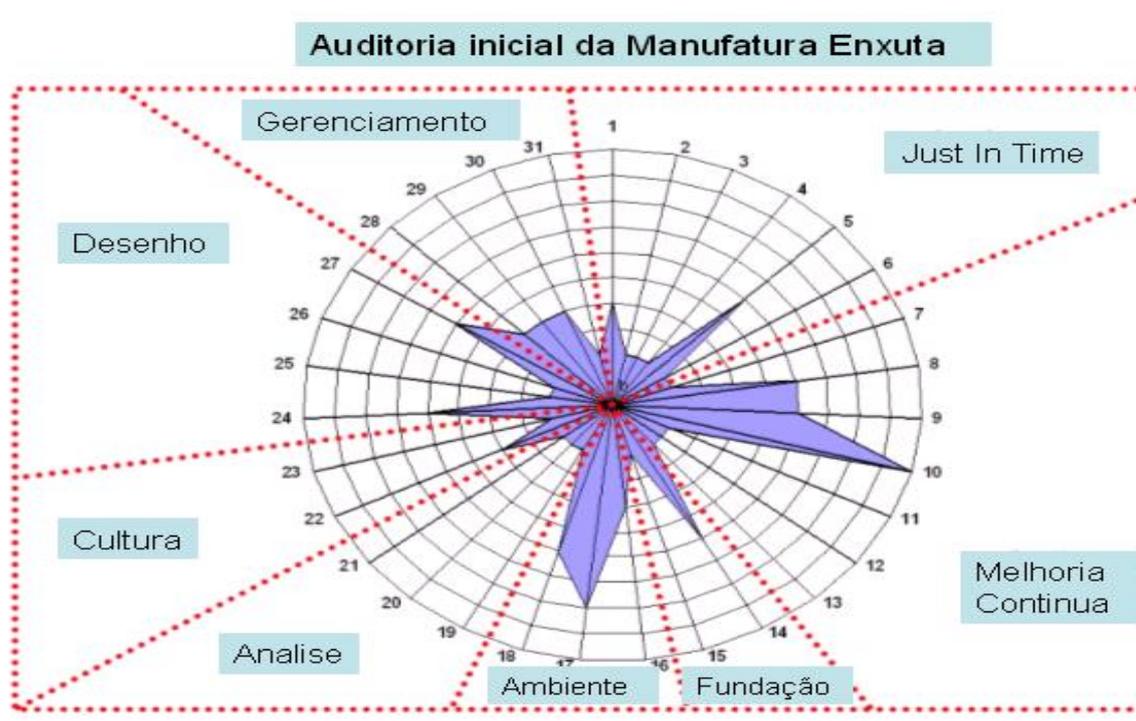


Figura 40 - Radar da situação da empresa em relação a Manufatura Enxuta  
FONTE: Gama S.A, 2006

Após esta auditoria pode-se verificar que o *just in time* é um dos itens que precisa ser melhorado na empresa, bem como a parte de análises, cultura enxuta e projetos. Suportado pelo SGI os processos de melhoria contínua e gestão ambiental demonstraram os melhores resultados nesta avaliação. De posse deste resultado foi criado o planejamento de trabalho para os próximos anos e estabelecidas às metas que deverão ser alcançadas para os anos de 2007, 2008 .

Com este resultado da auditoria foram estabelecidas as prioridades para a implementação da Manufatura Enxuta, as atividades ou processos que necessitavam de maior atenção, juntando as observações da auditoria e analisando os critérios da árvore decisória, Figura 41, a equipe gerencial decidiu criar um projeto piloto na área de produção de partes sólidas.

A árvore decisória é um fluxograma que de acordo com as perguntas que são feitas em relação ao processo que está sendo analisado, a empresa pode escolher um projeto Seis Sigma DMADV, DMAIC ou um projeto *Lean DMAIC*, unindo a filosofia da Manufatura Enxuta com a metodologia Seis Sigma.

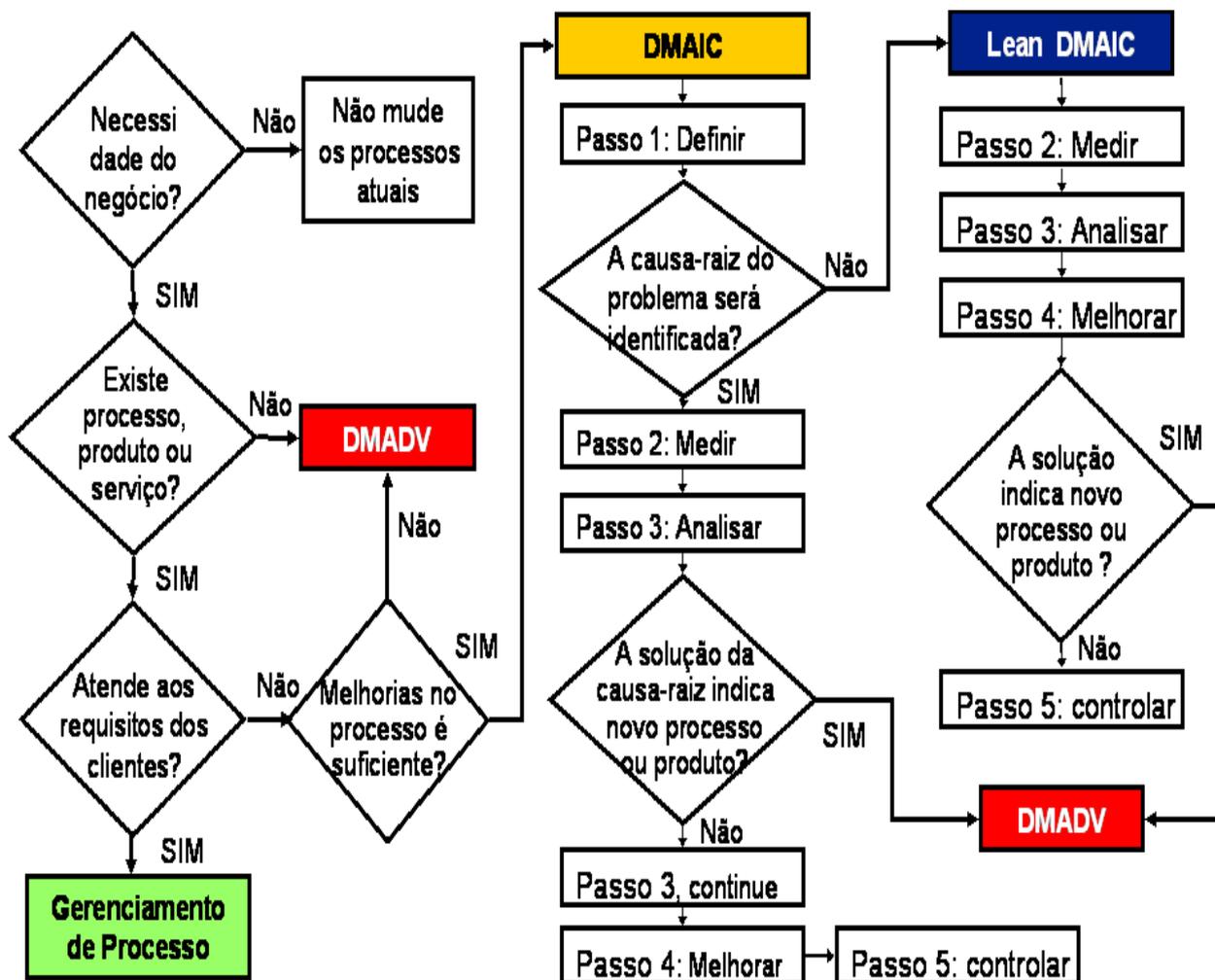


Figura 41 - Árvore decisória  
 FONTE: Setec, 2005.

### 3.8 Implementação da Manufatura Enxuta e Seis Sigma na linha de produção de partes sólidas.

Todas as bebidas não alcoólicas são compostas de uma parte de concentrado líquido e outra parte sólida, esta parte sólida é onde vão adicionados muitas vezes o corante, os acidulantes, os conservantes e anti-oxidantes. Este ingredientes são adicionados ao xarope final e ao gás carbônico para gerar as bebidas carbonatadas que são engarrafadas e distribuídas para os consumidores.

Para apoiar a decisão da Gama S.A. sobre qual ferramentas ou metodologia utilizar em um projeto, a gerência utilizou a árvore decisória para suportar esta decisão.

Com o uso da árvore decisória e o resultado da auditoria foi tomada à decisão sobre o projeto para a sala de produção de parte sólidas. Como a Gama S.A. já havia iniciado um projeto Seis Sigma nesta sala de produção de partes sólidas, algumas ferramentas da

Manufatura Enxuta foram usadas de acordo com as etapas do projeto, utilizando-se assim um *Lean DMAIC*, como descrito nas etapas seguintes deste trabalho.

### 3.8.1 Etapa Definir

A equipe iniciou o projeto a partir da oportunidade de melhoria identificado pela equipe de liderança: as reclamações de clientes e as horas-extras na área de produção de partes sólidas estavam aumentando em 2005.

O aumento de horas-extras se dava principalmente devido a baixa eficiência global da máquina enchedora e montadora de caixa Klockner, como demonstrado na Figura 42.

Em média esta eficiência global chegava a 40% do tempo total que a máquina tinha disponível para produzir, o que levou a equipe de liderança da Gama S.A. escolher esta sala de produção como uma oportunidade de melhorar o negócio da empresa.

Nesta etapa foram utilizadas as seguintes ferramentas: Voz do Cliente, Diagrama de Serpente, Gráfico de Gantt e Gráfico de Tendência.

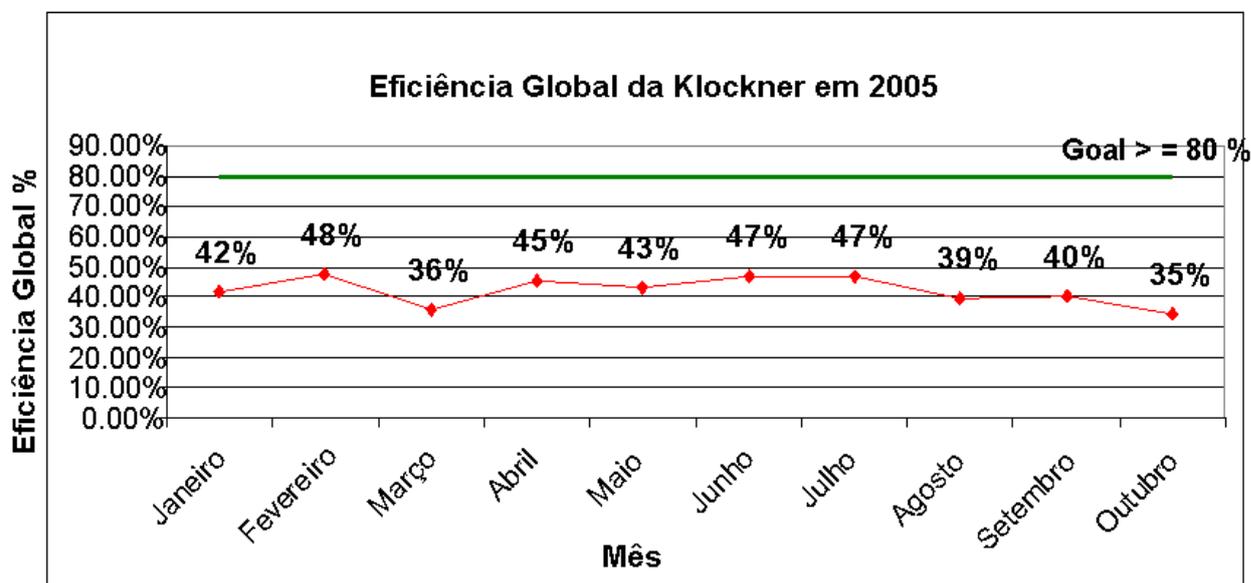


Figura 42 - Eficiência Global da Klockner  
FONTE: Gama S.A, 2005.

A equipe identificou três principais clientes da empresa interessados no projeto:

- Os clientes externos: Fabricantes / Engarrafadores;
- Internos: Departamento de Logística e Departamento de Produção.

Após pesquisa junto aos clientes e a equipe de liderança definiu-se que as característica Crítica para a Qualidade (CTQ's), são:

- Conformidade do produto em atender na quantidade, qualidade, rotulagem e selada de acordo com os requerimentos dos clientes.
- Eficiência Global do Equipamento (OEE) = Disponibilidade, eficiência e qualidade deveria ser maior que 80%.

Foi elaborado o diagrama de cobras e escadas, Figura 43, para definir os processos principais e subprocessos e em qual processo o projeto deveria ser focado.

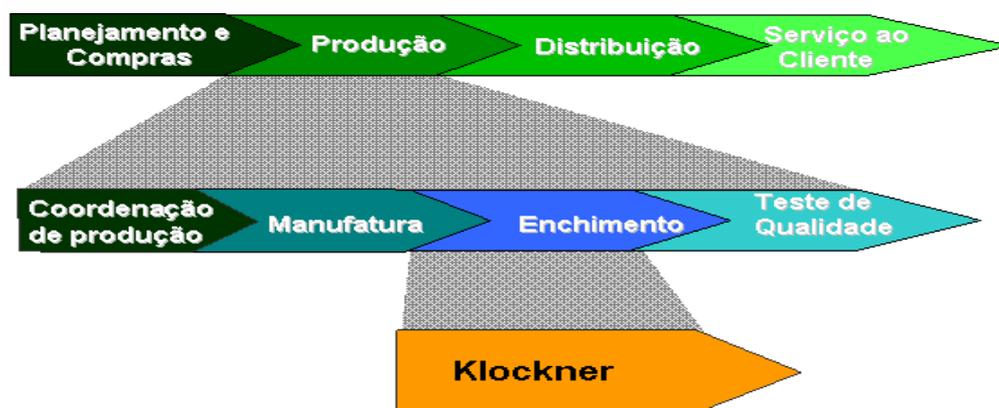


Figura 43 - Diagrama de serpente para desdobramento de enchimento de partes sólidas  
FONTE: Gama S.A, 2005.

Verificou-se que de janeiro a outubro de 2005 o indicador Taxa de Defeitos em Serviços (SDR) da empresa Gama S.A. teve a enchedora de partes sólidas Klockner colaborando em média 0,2 % e um pico de 1,02% conforme Figura 44. O objetivo geral da Gama S.A. é 1,2%. Isto demonstra que só esta sala estava contribuindo com aproximadamente 17 % para este indicador o que não é bom para a empresa.

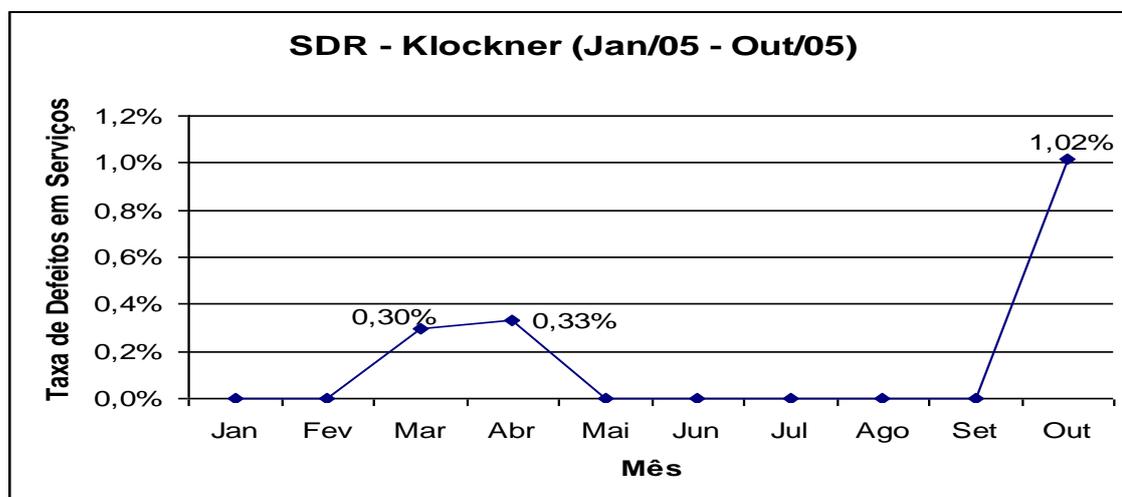


Figura 44 -Taxa de defeito em serviços da Klockner  
FONTE: Gama S.A, 2005.

Verificou-se que de janeiro a outubro de 2005 a média de horas-extras mensal, na sala de enchimento de partes sólidas Klockner foi de 92 horas conforme demonstrado na Figura 45. Sendo que a empresa trabalha em média 9 horas por dia, isto significa quase uma pessoa a mais durante 10 dias de trabalho.

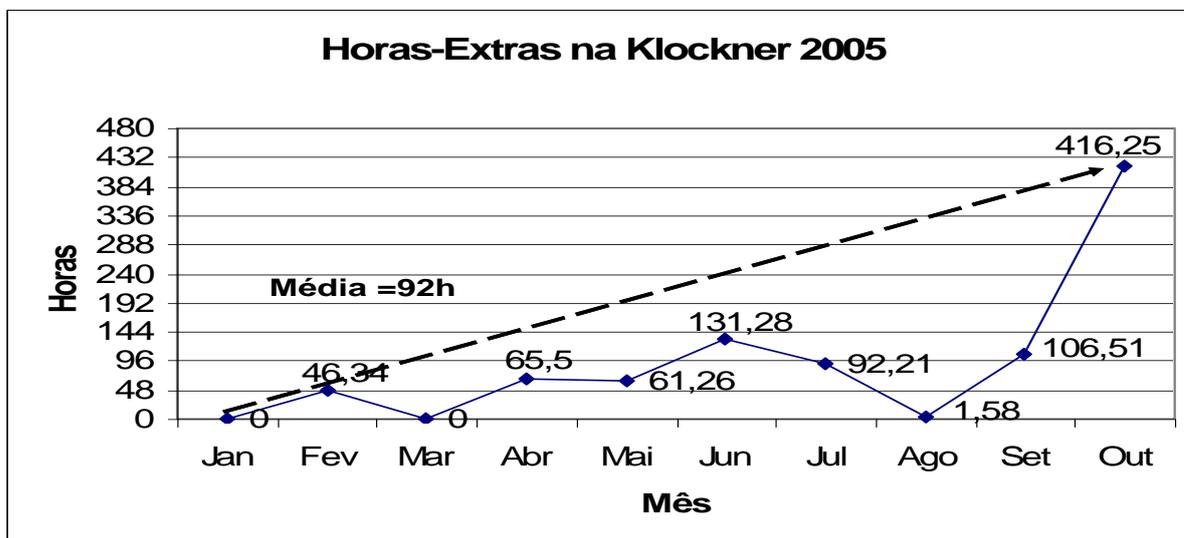


Figura 45 - Horas-extras de janeiro a outubro de 2005 na sala de enchimento Klockner  
FONTE: Gama S.A., 2005.

Nesta análise de definição do problema verificou-se também que de janeiro a outubro de 2005 esta sala de produção teve em média 22 horas de paradas de linha conforme mostrado na Figura 46. Contribuindo estas paradas para a redução da disponibilidade do equipamento e influenciando negativamente o indicador OEE.

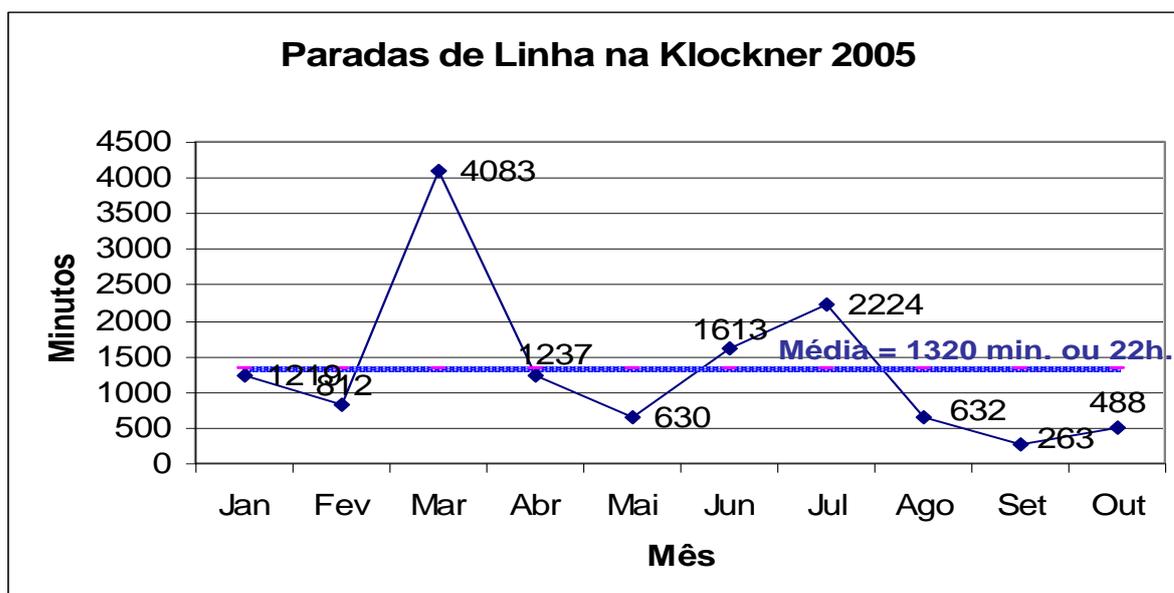


Figura 46 - Paradas de linha de janeiro a outubro de 2005 na sala de enchimento  
FONTE: Gama S.A., 2005.

Após a análise foi constatado que o problema na Klocker era baixa produtividade, a eficiência global em média estava em 40%, gerando horas-extras. Além disso foi verificado que esta sala de produção possuía processos instáveis e existiam desperdícios nesta área.

A gerência de produção optou por trabalhar com um projeto Lean Seis Sigma, como uma forma de atacar os principais problemas de instabilidade de processo e redução dos desperdícios e melhorar a eficiência desta área de trabalho na Gama S.A. Criou-se o cronograma e plano de desenvolvimento do projeto conforme demonstra a Figura 47, com as fases, responsáveis, principais ferramentas que serão utilizadas em cada fase, prazo para conclusão de cada fase do projeto e a oportunidade do negócio.

Com estas análises a equipe pode fazer uma definição preliminar do problema: A máquina enchedora de partes secas Klockner possui uma Eficiência Global do Equipamento (OEE) de 40%, uma média de horas-extras de 92 horas impactada pelas paradas de linhas e uma taxa de defeito no serviço de 0,2%.

Unidade de Negócio: Manaus Área: Partes Secas																																																		
Oportunidade de Negócio: A eficiência da enchedora Klockner é 40%																																																		
Membros		Posição		%		Patrocinador: João Paulo						Qualificação da Equipe:																																						
Maria Tereza		Produção(BB)		40		Recursos:						Equipe multifuncional com conhecimentos em processos produtivos, mecânica e elétrica.																																						
Roberto Carlos		Produção		25		MBB		João da Silva		Marcelo Ramos																																								
Marcelo Silva		Manutenção		25		M. Abraham		Carlos Reis		Jean Souza		Oportunidade Financeira: Está em avaliação – este projeto possui alto impacto na produtividade.																																						
						F. Lopes		Renato Oliveira		Carlos Souza																																								
								Ângelo Melo		Sidney Silva																																								
Período: Novembro 2005 – Aut 2006																																																		
Cronograma do Projeto	Mês	Nov				Dez				Jan				Fev				Mar				Abr				Mai				Jun				Jul				Ago				Set				Out				Ferramentas Usadas:
		Semana				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4				1 2 3 4												
Definir	Planejado	■																																				Diagrama de serpentes/SIPOC Pareto, Gráfico de tendência												
	Atual	■																																																
Medir	Planejado					■																																Gráfico de tendência, pareto, mapa de processo.												
	Atual					■																																												
Analisar	Planejado									■																												Fluxograma de processo, Causa-Efeito, Tabela de contigência												
	Atual									■																																								
Melhorar	Planejado													■				Melhorar II																Matriz de seleção, Análise de custo benefício e FMEA																
	Atual													■				Melhorar I				Mel II																												
Controlar	Planejado																									■								Gerenciamento de processo, Gráfico de controle, Gráfico de tendência.																
	Atual																									■																								

Figura 47 - Planejamento do projeto de aumento da eficiência da Klockner  
 FONTE: Gama S.A, 2005.



Para coletas de dados foram estabelecidos os seguintes indicadores conforme mostra o Quadro 10, Os indicadores de entrada receberam a denominação X e os indicadores de saída, a denominação Y.

Indicador	Pontos de medidas	O que medir
Y3	M1	OEE – Parte Sólidas
X2	M2	OEE Klockner
X5	M3	Parada de linha Klockner
X7	M4	Disponibilidade = MTBF/(MTBF+MTTR)

Quadro 10 - Indicadores da sala de parte sólida para Klockner  
FONTE: Gama S.A, 2005.

Para cada indicador definido foi criado um plano de coleta, tabela 4 , estabelecendo a frequência, o responsável e como calcular o indicador.

Indicador	Ponto de coleta dos dados	O que	Como (fórmula de cálculo)	Onde	Quem	Quando	Manuseio dos Dados	Segmentação dos dados
Y3	M1 OEE - Parte Seca	M1 OEE – Parte Seca	(Disponibilidade X Eficiência X Qualidade) / Volume de produção(SU)	Ordem de Produção	Operador de Produção	Acontecer	SAP (Standard Report Tree) e EXCEL	Por linha de enchimento
X2	M2 OEE Klockner	M2 OEE Klockner	Klockner (Disponibilidade X Eficiência X Qualidade) / Volume de produção(SU)	Ordem de Produção	Operador de Produção	Acontecer	SAP (Standard Report Tree) e EXCEL	Pela Klockner
X5	M3 Parada de linha Klockner	M3 Parada de linha Klockner	Total mensal de paradas de linha	Livro de registro de Parada de linha da Klockner	Operador de Produção	Acontecer	SAP (Standard Report Tree) e EXCEL	Por tipo e causa
X7	M4 MTBF/ MTTR Klockner	M4 Disponibilidade da Klockner (Ai)	MTBF/(MTBF+MTTR)	Livro de registro de Parada de linha da Klockner	Supervisor de Manutenção	Mensal	EXCEL	Pela Klockner

Quadro 11 - Indicadores da sala de parte sólida para Klockner  
FONTE: Gama S.A., 2005.

### 3.8.2.1 Cálculo da Eficiência Global do Equipamento (OEE)

Conforme analisado na etapa definir o OEE para a sala de produção de partes sólidas na enchedora Klockner estava em 40% de sua eficiência, como pode-se ver na tabela 4, o que dá um sigma para o processo de 1,2. A equipe propôs uma melhoria de 50% no OEE o que dará um novo sigma de 1,8 e um OEE de 60 %, para este equipamento.

	OEE	Defeito	Sigma
Atual	40%	60%	1,2
Proposta	60%	40%	1,8

Tabela 4 - Rendimento atual da Klockner e proposta de melhoria  
 FONTE: Gama S.A., 2005.

Analisando as informações estratificadas sobre os desperdícios de tempo com paradas e *set up*, conforme mostra a Figura 49, de todas as salas de produção de partes sólidas, verificou-se que as paradas do equipamento Klockner representa 30% de todos estes desperdício e que 36 % estão relacionadas com *set ups* e 34% são relativas a outro problemas.

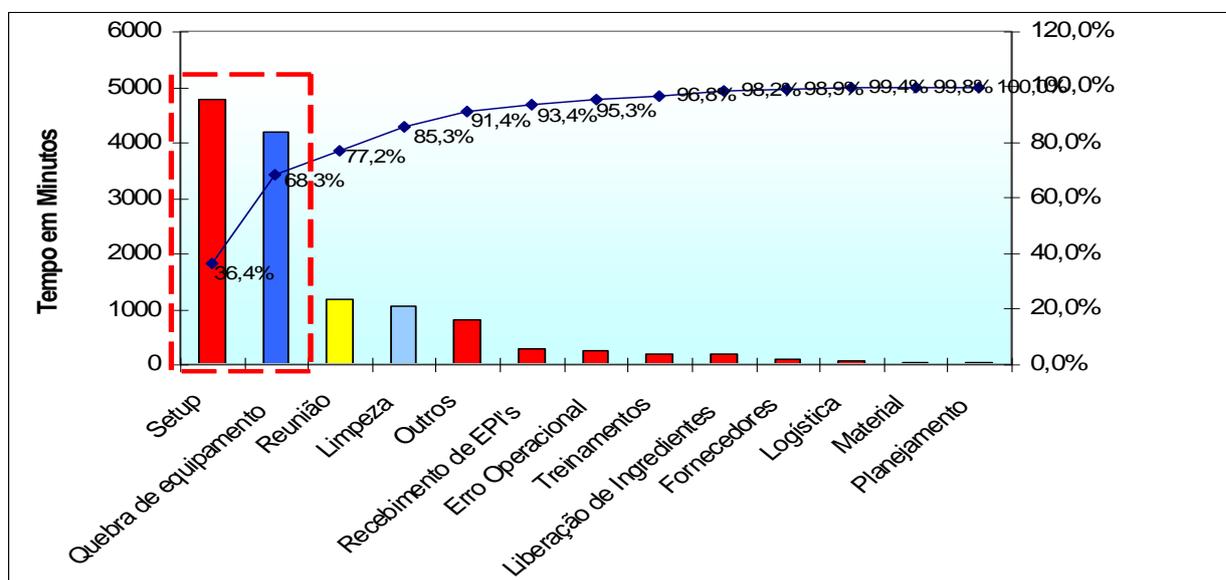


Figura 49 – Estratificação das paradas de linhas da Klockner de jan a out de 2005  
 FONTE: Gama S.A., 2005.

Destas paradas de linha na sala de partes secas observou-se, Figura 50, que 70% das paradas de linha estavam relacionadas a problemas no equipamento da Klockner, 16% por problemas de fornecimento de energia e 9% por problemas na máquina de injetora de tinta que faz as identificações nas bolsas plásticas.

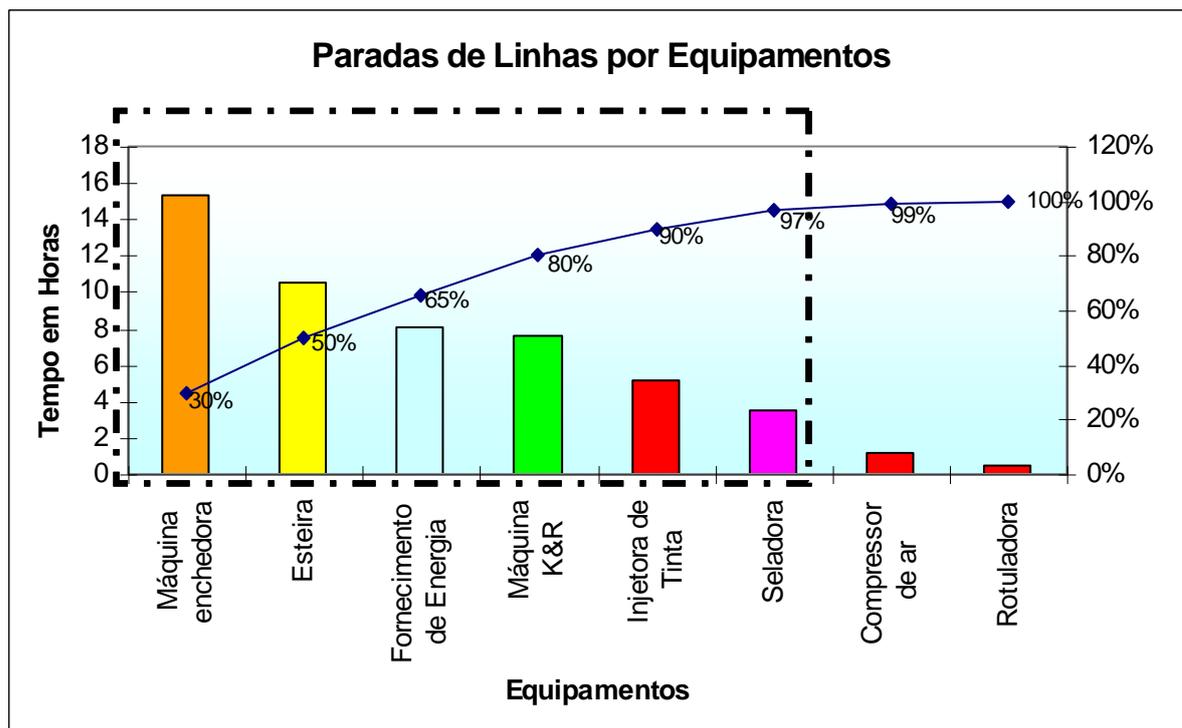


Figura 50 - Gráfico das causas de Paradas da Klockner  
 FONTE: Gama S.A, 2005.

Analisando-se os tempos de ciclo e *setups* da máquina Klockner, conforme demonstrado no Figura 51, verifica-se que todo o tempo de clico é menor que o tempo de *setup* deste equipamento, mostrando que há uma enorme oportunidade para redução de *setup* e aumento da eficiência desta operação.

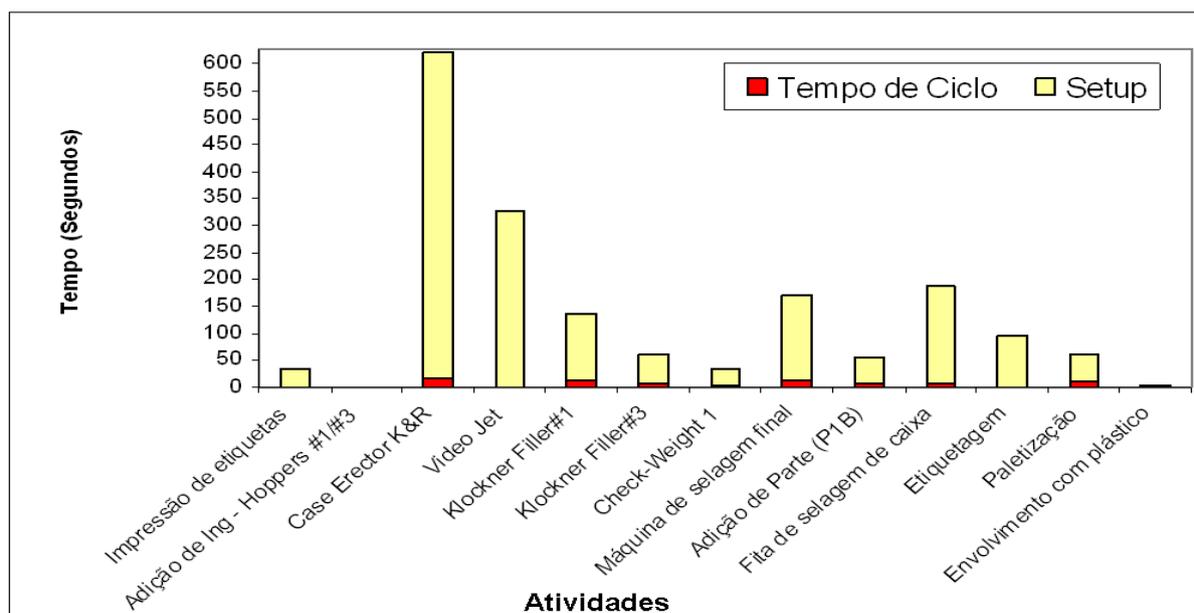


Figura 51 - Tempo de ciclo por atividade e Setup  
 FONTE: Gama S.A

### 3.8.2.2 Cálculo do MTBF e MTTR

Fazendo os cálculos de MTBF e MTTR para a máquina Klockner chegou-se aos seguintes dados descrito no tabela 6, abaixo:

<b>Klockner Disponibilidade 2005</b>						
	<b>Tempo Disponível</b>	<b>Paradas</b>	<b>Nº de Manutenção Corretivas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidade (Ai)</b>
	<b>h</b>	<b>h</b>	<b>MC</b>	<b>h</b>	<b>h</b>	<b>%</b>
<b>jan-out 2005</b>	<b>1848</b>	<b>69,72</b>	<b>117</b>	<b>15,2</b>	<b>0,6</b>	<b>96,23</b>

Tabela 4 - Cálculo MTBF e MTTR  
FONTE: Gama S.A., 2005.

Com base nas análises destes valores fez-se as seguintes propostas de melhorias, descritas na tabela 7.

<b>Klockner Proposta para o final do projeto</b>		
<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidade (Ai)</b>
<b>h</b>	<b>h</b>	<b>%</b>
<b>25,7</b>	<b>0,6</b>	<b>97,74</b>

Tabela 5 - Proposta de melhoria do MTBF e MTTR  
FONTE: Gama S.A., 2005.

### 3.8.2.3 Mapeamento do estado atual

Nesta etapa foi realizado o mapeamento do estado atual, da sala de produção de partes sólidas. Avaliando-se os processos chave em toda a sua extensão, porta-a-porta. Os quais foram divididos por famílias de produtos que possuem as mesmas característica e que utilizavam os mesmos recursos.

Foram realizadas observações por todo o fluxo de valor da empresa, procurando obter-se entendimento das operações, de suas seqüências e dos principais pontos a serem

abordados. Foram medidas e coletadas informações, de tempo de ciclo, atividades realizadas pro cada operador, atividade realizada por máquinas e equipamentos, fluxos de informação e fluxo de materiais.

Verificou-se que o tempo real de agregação de valor era baixo, em comparação com os tempos de preparação dos equipamentos conforme demonstrado no gráfico de tempo de ciclo e *setup*, de com estes dados foram identificados onde existiam os maiores desperdícios e tomadas às ações para eliminá-los, estas ações serão analisadas na etapa Analisar.

A elaboração de um mapa de estado atual é extremamente importante para a avaliação das oportunidades, pois devem ser discutidas projeção do estado futuro.

Também foi criado o diagrama de espaguete, Figura 53, para se analisar o *layout* da sala de produção atual e propor alterações no *layout*, verificou-se que havia muito desperdício por excesso de movimentação, pois os operadores de produção de deslocavam em média 76 metros para realizar uma operação. Com base nesta informação foi possível reorganizar a sala de produção e reduzir algumas etapas de deslocamento reduzindo-se assim o desperdício de movimentação desnecessária, tendo agora que o operador se deslocar somente 45,6 metros e não mais os 76 metros do layout inicial da sala.

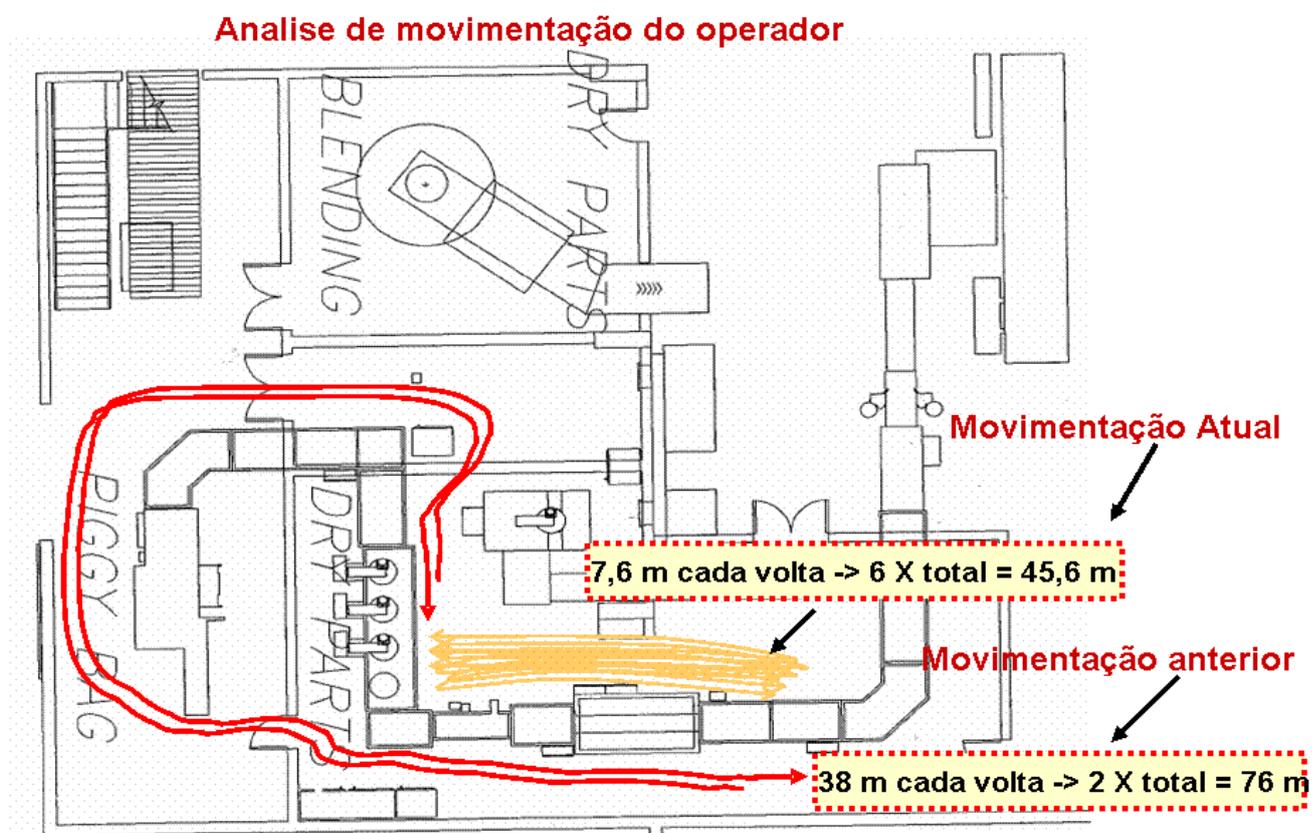


Figura 52 - Diagrama de espaguete da sala de produção de partes sólidas  
FONTE: Gama S.A., 2006.

### 3.8.3 Etapa Analisar

Nesta fase analisar, buscou-se analisar os dados e mapas do processo para determinar as causas-raiz e as oportunidades de melhoria. As ferramentas da Manufatura Enxuta que apoiaram as ferramentas do Seis Sigma para as análises dos problemas foram: A análises do Tempo Takt e Trocas Rápidas de Ferramentas (SMED).

O *Brainstorming*, ou chuvas de idéias, foi utilizada como um método de geração de causas-raiz potenciais, onde procurou identificar através de questionamentos, quais seriam os porquês de determinado problema ter ocorrido. As causas potenciais foram posteriormente organizadas em diagramas de causa e efeito, conhecidos também como diagrama de espinha de peixe ou Ishikawa, esta ferramenta foi escolhida para estruturação das causas potenciais para que as causas-raiz pudessem ser identificadas e ações corretivas pudessem ser tomadas e assim proporcionar um entendimento.

Foram criados quatro diagramas de causas-efeitos, para os principais problemas da Klockner, com o objetivo de validar as causas potenciais, eles foram: Parada da maquina de enchimento, esteiras, montadoras de caixas e seladoras de sacos, estes diagramas estão demonstrados nas Figuras 54, 55, 56 e 57.

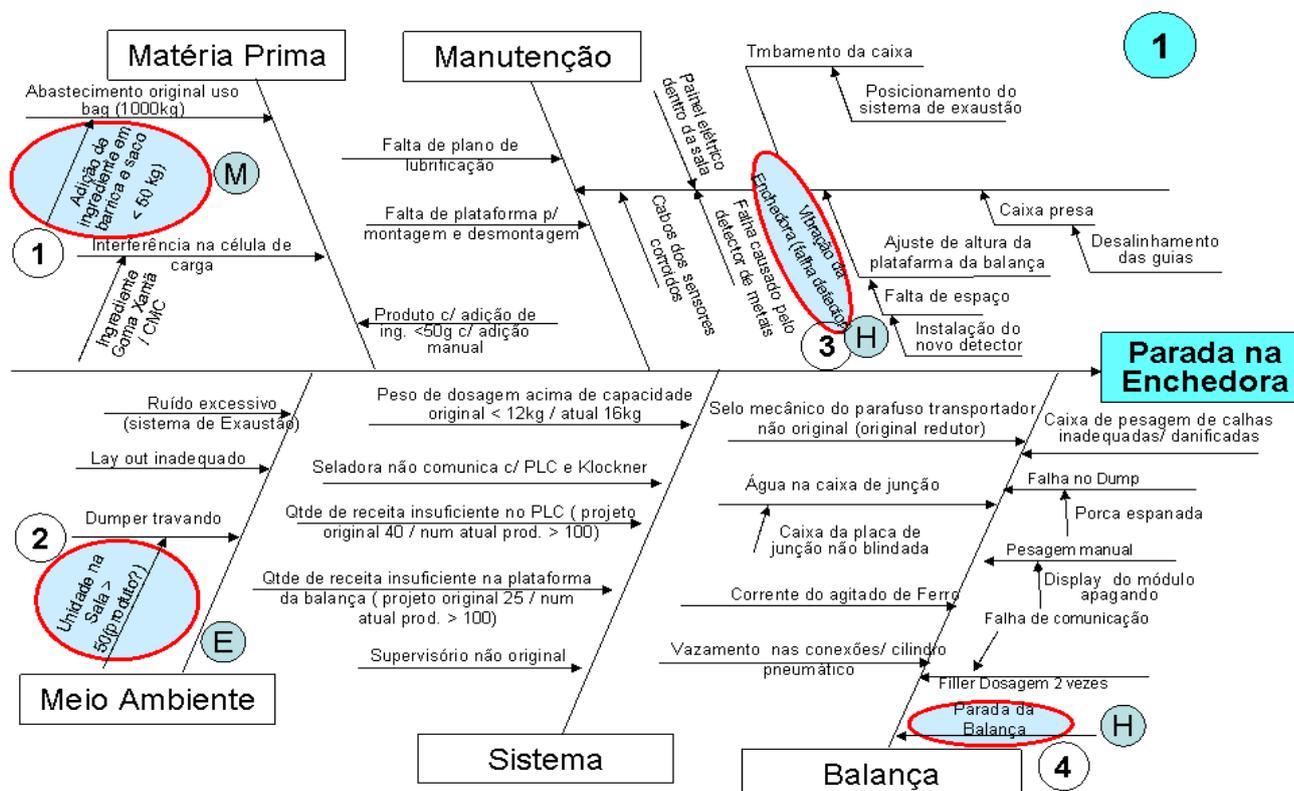


Figura 53 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na enchedora  
 FONTE: Gama S.A., 2005.

Analisando o diagrama de causa-efeito relativo às paradas na máquina enchedora Klockner, foram consideradas quatro possíveis causas-raiz para as paradas da enchedora, estas possíveis causas serão analisadas e testadas.

Como critério de validação das causas à equipe de trabalho estabeleceu que somente problemas que no método de verificação apresentassem uma significância estatística superior a 40 % seriam considerados neste momento como causa-raiz e as outras que apresentassem valores menores. Porém se a equipe julgasse adequada seriam abertas ações para elas também.

Foram analisadas quatro causas como as maiores responsáveis pelas paradas da máquina enchedora:

1. Adição de ingredientes em sacos menores de 50 kg, pois quando se trabalhava com sacos de 25kg o tempo de adição no tanque era de aproximadamente 10 minutos para enchê-lo. Quando utilizavam ingredientes em embalagens de 600kg o tempo de abastecimento do tanque era de apenas 1,22 minutos, logo esta causa foi validada pela equipe do projeto.
2. Nível de umidade: Não pode ser maior que 50%, pois este problema pode causar parada na enchedora porque a matéria-prima pode ter capacidade de absorver a umidade do ambiente, causando o empedramento da matéria-prima, e isto causará problemas para enchimento, pois a máquina foi projetada para encher matéria-prima em pó. Esta validação foi feita com medidor de umidade, onde o mesmo foi instalado e calibrado. Fizeram a medição em toda trajetória da matéria-prima durante o processo produtivo, desde o recebimento da matéria-prima até o enchimento para isto foram coletadas amostras e verificado o nível de umidade e como ela influenciava no processo, observou-se que para umidades superior a 50% o operador precisaria às vezes para a máquina para desfazer os empedramentos que se formava na matéria-prima, porém estas paradas não representavam mais de 40% como havia sido estabelecido nos critérios de validações da equipe, logo esta causa não foi validada. Porém por requisitos de qualidade da empresa este problema foi tratado.
3. Falha no detector de metais da matéria-prima que é utilizada durante o processo produtivo. Este equipamento é acoplado a klockner, ele é detectar materiais metálicos que possam causar danos à saúde do consumidor, ele detecta partículas metálicas de no mínimo 1,2mm. O equipamento ao detectar uma partícula metálica na matéria-prima, interrompe a linha de produção para

que se possa fazer a retirada do material detectado. Na análise dessa possível causa-raiz, verificou-se a possibilidade da vibração no detector de metal causada pelo sistema, interferir no desempenho, porém quando a medição da vibração foi realizada, verificamos que apenas 9 % das paradas na enchedora estavam relacionadas com o detector de metal, sendo assim esta causa-raiz foi descartada por não apresentar significância estatística segundo o critério estabelecido pelo grupo;

4. Balanças de pesagem da matéria-prima. Diariamente antes de qualquer enchimento as balanças que pesaram os produtos são verificadas quanto a sua exatidão e durante os enchimentos todos os pesos são registrados através do controle estatístico do processo. Quando ocorre alguma interferência, ou falha nestes equipamentos a manutenção é informada e estas paradas e problemas são registrados nos livros de controles das balanças, a equipe do projeto analisou todos estes dados e pode verificar que os problemas com a balança representavam 67 % das paradas na enchedora, e destes problemas, os elétricos representavam 98 % das paradas enquanto que os mecânicos representavam apenas 2 %. Sendo assim pelo critério estabelecido pela equipe do projeto esta causa-raiz foi validada.

Na tabela 8, esta mostrando resumidamente quais causas foram validadas e quais as metodologias usadas para estas validações, como podemos ver das quatro principais causas analisadas somente duas foram validadas, mas por requisitos de qualidade foram tomadas ações para três.

<b>Nº Causa Raiz Potencial</b>	<b>Descrição da causa-raiz</b>	<b>Método de verificação</b>	<b>Confirmação da causa-raiz (S/N)</b>
1	Adição de ingredientes em barricas u sacos menores que 50Kg	Significância estatística	SIM
2	Umidade na sala maior que 50%	Delineamento do Experimento(DOE)	Não, mas foi criado um projeto Jun/2006
3	Falha no detector de metal	Significância estatística	Não
<b>4</b>	<b>Falha na Balança</b>	<b>Significância estatística</b>	<b>SIM</b>

Tabela 6 - Validação das causas-raiz para enchedora  
 FONTE: Gama S.A, 2005.

Para o problema de parada da esteira, conforme demonstra a Figura 55, foram identificadas três causas-raiz potenciais:

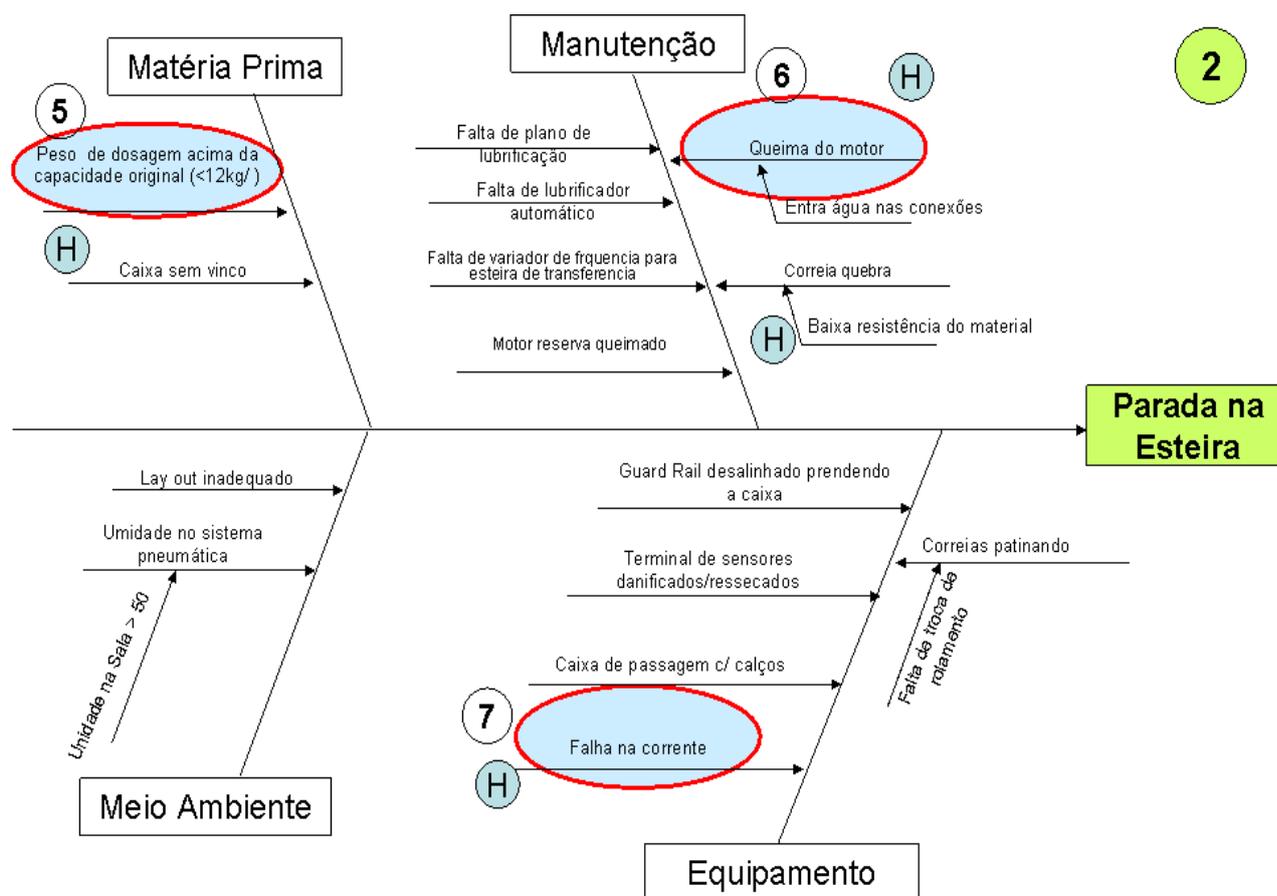


Figura 54 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na esteira  
 FONTE: Gama S.A, 2005.

1. Peso de dosagem acima da capacidade original do projeto. Foi verificado que atualmente a esteira estava transportando até 30 kg. Enquanto que a mesma havia sido projetada para fazer enchimentos com peso máximo de 12 kg, validada pela equipe como causa-raiz;
2. O tempo de linha parada pela queima do motor, ou falhas mecânicas representava 81% das ocorrências, de acordo com os registros históricos da área de manutenção, sendo assim esta causa foi validada;
3. Desgaste das correntes gerando quebras nas esteiras de acordo com os dados históricos representava 66 % das ocorrências, sendo assim validada como causa-raiz.

Na tabela 9, esta mostrando resumidamente quais causas foram validadas e quais as metodologias usadas para estas validações, obtem-se as três causas analisadas e validadas para a parada da esteira.

Nº Causa Raiz Potencial	Descrição da causa-raiz	Método de verificação	Confirmação da causa-raiz (S/N)
5	Peso de dosagem acima da capacidade original do projeto > 12Kg	Análises de capacidade	SIM
6	Motor queimado	Significância estatística	SIM
7	Falha das correntes	Significância estatística	SIM

Tabela 7 - Validação das causas-raiz para enchedora  
FONTE: Gama S.A., 2005.

Para o problema de parada na montadora de caixas, conforme demonstra a Figura 56, foram identificadas três causas-raiz potenciais:

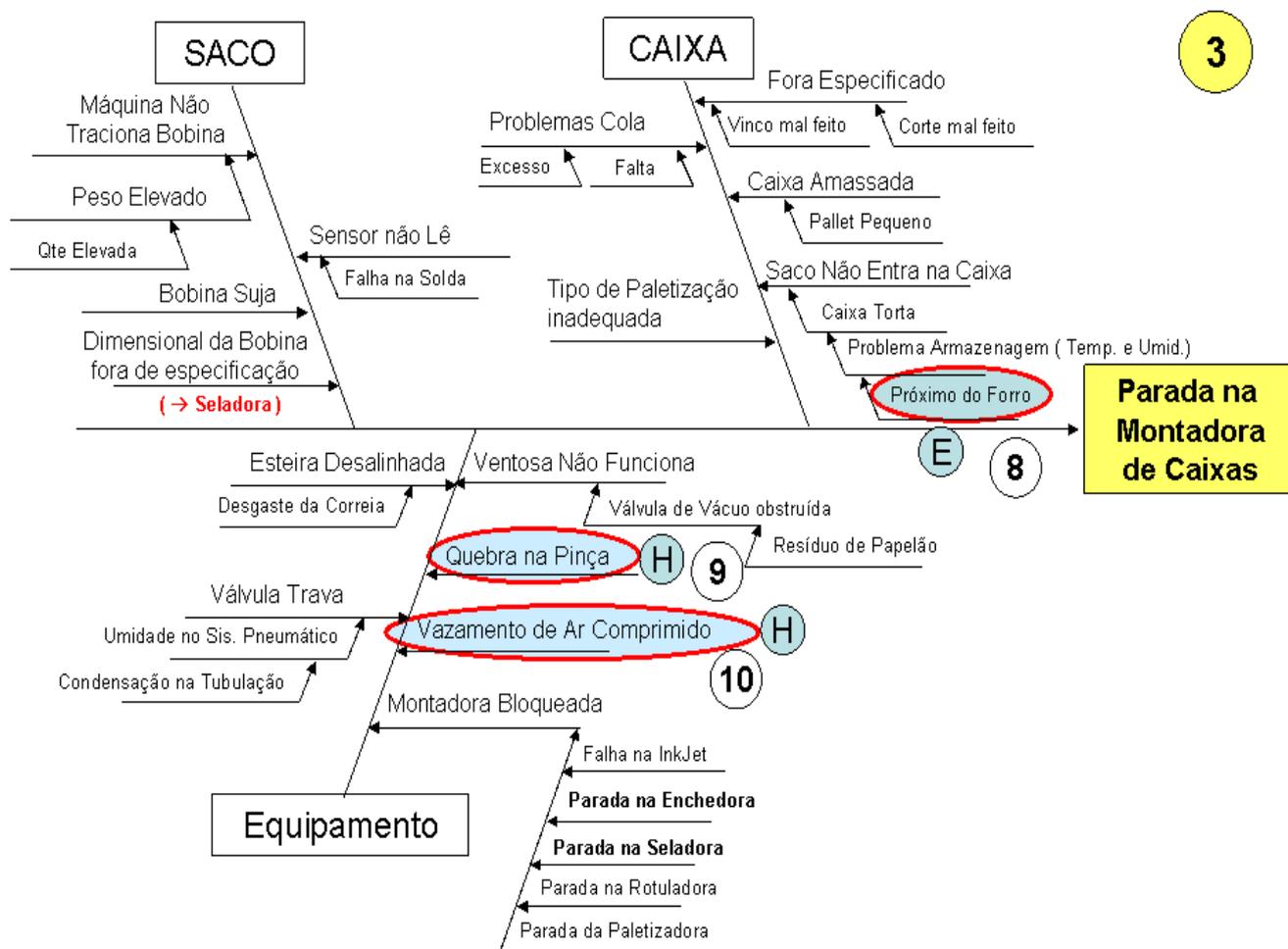


Figura 55 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na montadora de caixas  
FONTE: Gama S.A., 2005.

1. Caixas danificadas devido estar próxima do forro. Esta causa não foi validada, pois as ocorrências foram inferior a 40% de significância, mas foram tomadas ações para evitar problemas de qualidade nestes produtos. As ações foram mudanças no modo de estocagem, armazenando as caixas que ficavam na parte superior dos palletes foram trocadas de lugar ficando agora nas partes inferiores das paleteiras. Quanto às caixas que sofriam deformidade na base do pallet a solução foi reduzir a quantidade de caixas empilhadas em um único pallet.
2. Quebra das pinças. Esta causa não foi validada, pois representava apenas de 19 % das ocorrências, já que todo o processo de montagem das caixas e sacos são automáticos.
3. O vazamento de ar comprimido também não foi validado como causa- raiz pois representava apenas 26 % das falhas, porém a equipe tomou como ação preventiva substituir todas as mangueiras de ar comprimido, pois este vazamento ocorre devido ao ressecamento e desgaste natural do material das mangueiras.

Na tabela 10, esta mostrando resumidamente quais causas foram validadas e quais as metodologias usadas para estas validações, como podemos ver das três causas analisadas apenas uma foi validada, porém foram tomadas ações para as outras duas causas para evitar possíveis problemas de qualidade dos produtos.

<b>Nº Causa Raiz Potencial</b>	<b>Descrição da causa-raiz</b>	<b>Método de verificação</b>	<b>Confirmação da causa-raiz (S/N)</b>
8	Caixa avariada	Delineamento do Experimento (DOE)	Jun/2006
9	Quebra da pinça	Significância estatística	Não
10	Vazamento do compressor de ar	Significância estatística	Não

Tabela 8 - Validação das causas-raiz para parada de linha na montadora de caixa  
 FONTE: Gama S.A (2005)

De acordo com o demonstrado na Figura 57, foram analisadas três potenciais causas como as maiores responsáveis pelas paradas da máquina seladora de sacos:

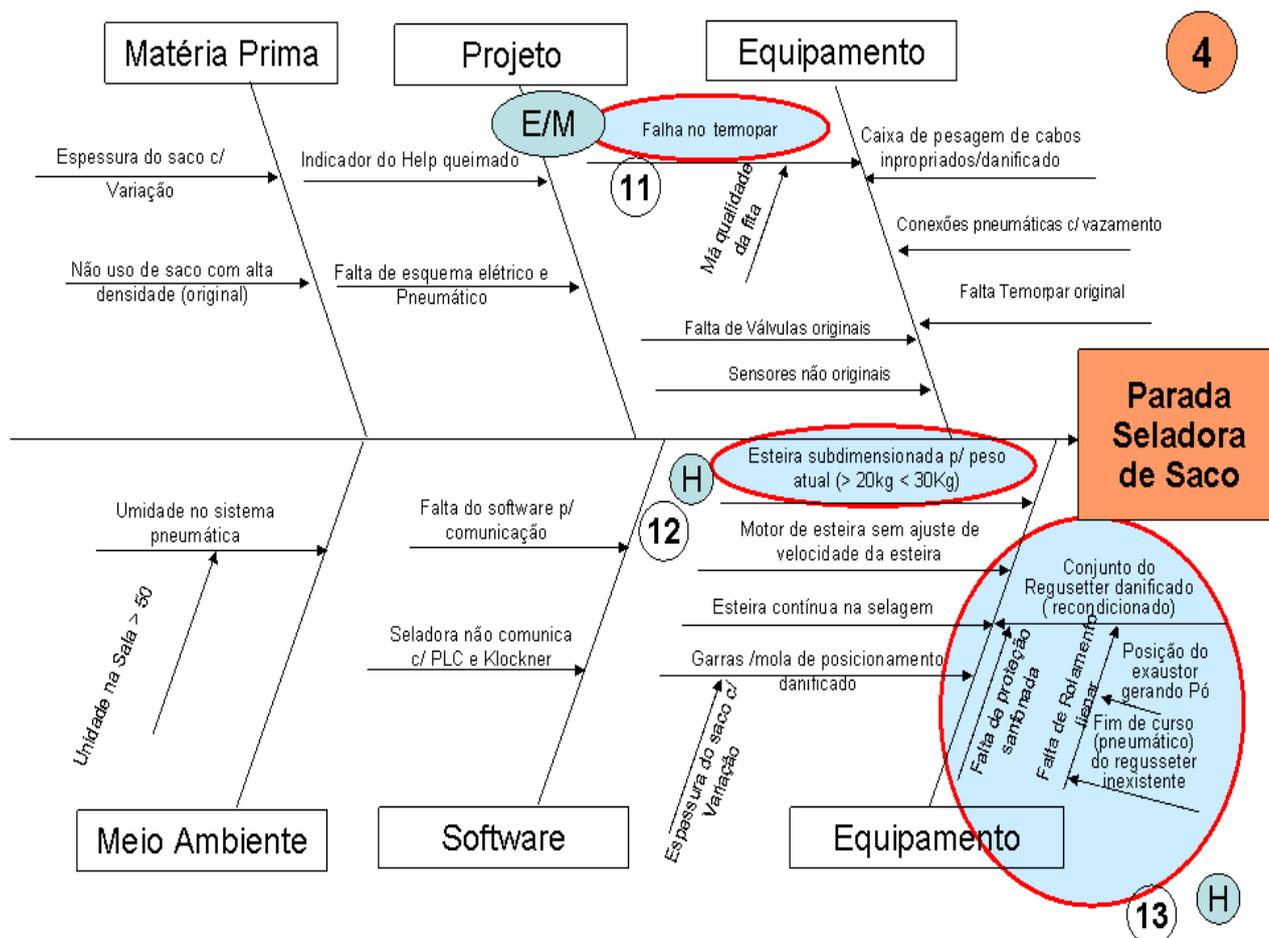


Figura 56 - Diagrama de causa-efeito para as paradas na seladora de sacos  
 FONTE: Gama S.A, 2005.

1. Falha no termopar. O termopar ou termostato é um equipamento que controla a temperatura da barra de selagem dos sacos, promovendo uma selagem adequada para as bolsas plásticas, Analisando o efeito desta barra de selagem nas paradas ou ineficiência da enchedora Klockner, verificou-se que ele representava 38% das falhas, logo esta causa não foi validada como causa-raiz;
2. Esteira subdimensionada p/ peso atual (> 20kg < 30Kg), esta causa foi validada pois o equipamento havia sido projetado para trabalhar com no máximo 12kg de peso e atualmente ela estava trabalhando com até 30 kg.
3. Conjunto do *Regussetter*, Figura 58, danificado (recondicionado), o *regussetter* é um sistema automático formado por um conjunto de pinças responsável por abrir os sacos dentro das caixas e ergue-los na forma ideal para serem selados, analisando-se os registros verificou-se que os problemas mecânicos existentes no *regussetter*, representava 82 % das falhas, validando assim como uma causa-raiz.



Figura 57 - Conjunto do Regusetter  
 FONTE: Gama S.A, 2006.

Na tabela 11, esta mostrando resumidamente quais causas foram validadas e quais as metodologias usadas para estas validações, como podemos ver das três causas analisadas apenas duas foram validada, porém foram tomadas ações para a outra causa para evitar possíveis problemas de qualidade dos produtos.

<b>Nº Causa Raiz Potencial</b>	<b>Descrição da causa-raiz</b>	<b>Método de verificação</b>	<b>Confirmação da causa-raiz (S/N)</b>
11	Falha no termopar	Dados Históricos	Não
12	Esteira subdimensionada p/ peso atual (>20kg <30kg)	Dados Históricos	SIM
<b>13</b>	<b>Conjunto do Regusetter danificado</b>	Dados Históricos	SIM

Tabela 9 - Validação das causas-raiz para parada na seladora de sacos  
 FONTE: Gama S.A, 2005.

Além das ações para estas causas-raiz que foram validadas foram implementadas outras ações que serviram para melhorar o funcionamento desta sala de produção, entre estas ações implementadas destacam-se:

1. Substituição do tipo de correia está em teste uma correia com perfil cilíndrico resistente a umidade. (Fornecedor local)
2. Substituição dos cilindros pneumáticos com vazamentos
3. Substituição dos reparos dos cilindros tol-o-matic da montadora de caixas.

4. Substituição de válvulas com vazamentos e instalação de unidade de conservação.
5. Substituição do reparo do cilindro *Tool Matic* RKBC 220 juntamente com os Reguladores ( cilindro que empurra a caixa )
6. Substituição do reparo do cilindro *Tool Matic* RKBC212 ( Quadro de pinça lado esquerdo )
7. Substituição do cilindro *NORGREN* RT 57240 ( empurra Quadro pinça lado direito )
8. Válvulas tipo Mac ação simples e ação dupla em estoque
9. Treinamento em *Lean* para Atividades de Pequenos Grupos (APG) Klockner
10. Treinamento em VSM para desenvolvimento de mapeamento interno
11. Treinamento em PMCS como sistema de gerenciamento de processo
12. Criação de Quadro (gerenciamento visual) para divulgação de indicadores operacional
13. Tratamento químico das pinças para evitar oxidação
14. Aplicação de resina nos componentes elétricos do motor, para proteção contra umidade.
15. Substituição de atuadores pneumáticos, para eliminar vazamento de ar.

As ferramentas da Manufatura Enxuta utilizadas nesta etapa permitiram a visualizar o processo e verificar quais desperdícios poderia ser reduzidos ou eliminados.

Foi calculado o tempo *takt* , ou seja, a taxa de demanda do cliente que é o pulso do sistema enxuto.

O tempo *takt* é calculado pela divisão do tempo de produção pela quantidade que o cliente requer naquele tempo, vejamos como ficou este cálculo na tabela 12:

<b>Klockner – Produto AA321</b>							
<b>Departamento</b>	<b>Processo</b>	<b>Descrição/ Part number</b>	<b>Data</b>	<b>Demanda mês</b>	<b>5000</b>	<b>Takt time (seg)</b>	<b>126,0</b>
<b>Parte sólida</b>	Enchimento Sólido – F_D001	3257429	15/06/06	Turnos	630000	Takt time (min)	<b>2,10</b>

Tabela 10 - Cálculo do tempo takt para a família de guaraná  
FONTE: Gama S.A., 2006.

Para esta família de produto o tempo *takt* foi de 126 segundos, isto significa que para atender a esta demanda dos clientes deve-se produzir a um ritmo que a cada 126 segundo saia uma unidade deste produto da linha de enchimento, com esta informação é possível programar a produção de forma a sempre buscar a melhor maneira de atender as necessidades dos clientes.

Também nesta etapa foi utilizado o SMED para melhorar o *setup* da Klockner, foram feitos três testes de *setups* nas segundas-feiras, sendo o dia que mais gastava-se tempo para ajustar a sala de produção.

Os *setups* para os processos adição de ingredientes, máquina enchedora, esteira e máquina *inkjet* ou *video jet* estão apresentados na Figura 59 a seguir, onde temos o valor do *setup* atual da Klockner, a meta estabelecida pela equipe e as três baterias de testes que foram realizados para modificação e melhoria do processo de *setup*. A primeira bateria de teste foi realizada no dia 17 de abril de 2006, a segunda dia 24 de abril e a terceira de 02 de maio, em cada teste foi realizado modificações no processo

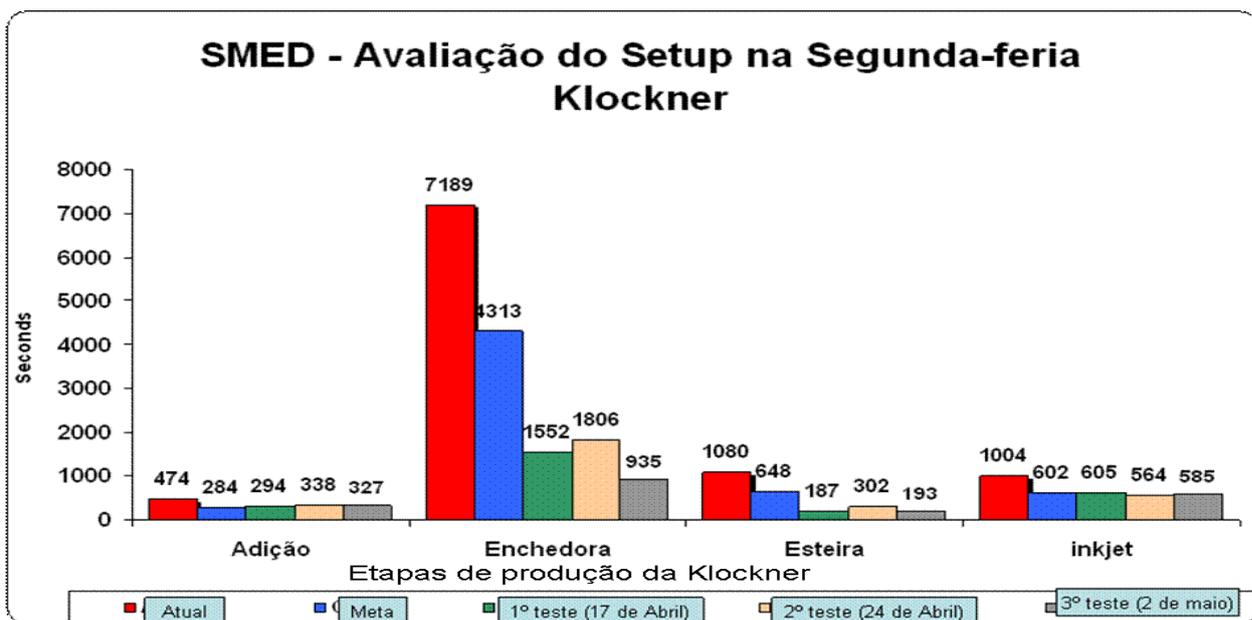


Figura 58 - SMED para os processos da Klockner na segunda-feira  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

A Figura 60 mostra o valor do *setup* atual da klockner após os vários exercícios de SMED, onde ele foi reduzido em 70% nas segundas-feiras, saindo dos valores de 162 minutos para apenas 47 minutos.

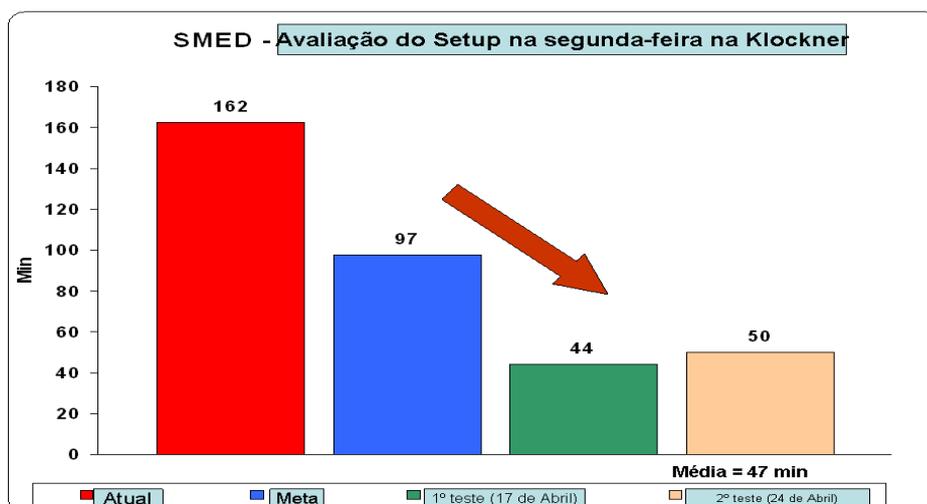


Figura 59 - Avaliação do setup nas segundas-feiras na Klockner  
 FONTE: Gama S.A, 2006.

Para se obter estes resultados foram feitas várias ações da equipe de implementação junto com os operadores da área, ações como as que estão na Figura 61, que representa o plano de ação de uma das reuniões de melhorias dos indicadores da Klockner.

Nesta Figura temos as ações sugeridas, os responsáveis por fazerem elas acontecerem e os prazos que elas devem ser realizadas e o status de como está o andamento destas ações.

Melhorias e Indicadores Lean Klockner (F_D01)							Plano de Ação Setup Inicialização Semanal									Redução de 60% do tempo de Setup entre produções: de 162 min para 97 min			
CRONOGRAMA																			
Legenda	Atividades	Ref. Element	Atividades	Resp	Class	O.S.	Abril			Maio			Junho			Status			
							14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
concluído	1		Realizar filmagem do Setup	Ubirajara/Marcos															concluído
	2		Realizar filmagem do Setup	Ubirajara/Marcos															concluído
em andamento	3		Reunião com técnicos label para substituir Video Jet	Marcelo C./Martha															em andamento
	4		Compra jogo de chaves(Inglesa/francesa) e Kit(maleta com divisórias para identif. Ferramentas	Martha/Andrea N.															em andamento
	5		Compra do Kit de pesos padrão 1,2 e 5Kg	Martha/Andrea N.															em andamento
Risco de atraso	6		Compra de 2 MOP's p/ limpeza das salas de produção.	Martha/Andrea N.															Risco de atraso
	7		Providenciar cópia de chave da sala de limpeza	Martha															Risco de atraso
Atrasado	8		Pegar EPI's de acordo c/ necessidades ou entrega direto na sala de produção	Simone M./Fernanda															Atrasado
	9		Avaliar o melhor acoplamento do parafuso para sanitização do tanque Mini-hopper montado	Marcelo C.															?
	10		Avaliação da fixação do sistema de exaustão entre o parafuso transportador-Mini-hoppers- tamanho único	Marcelo C.															Atrasado
Não iniciado	11		Cuba será utilizada na plataforma sobre enchedora Klockner	Marcelo C.															concluído
	12		Desenvolvimento da plataforma sobre a enchedora Klockner	Márcio W.															em andamento
	13		Desenvolvimento de um sistema de secagem das peças lavadas e sanitizadas	Márcio W.															em andamento
	14		Verificar especificação da temperatura estabelecida p/ novos produtos lácteos avaliando impactos na umidade/temperatura	Andrea N.															em andamento

Legenda  
■ Programado  
■ Realizado  
■ Atrasado

Figura 60 - Melhorias e indicadores Lean da Klockner  
 FONTE: Gama S.A, 2006.

### 3.8.4 Etapa Melhorar

Aqui buscou-se identificar e selecionar soluções, analisar o custo/benefício, observando o risco, desenvolver planos de ação para implementação Total, desenvolver plano piloto, quantificar resultados do piloto, atualizar indicadores de saída de formas a atender todas as necessidades dos clientes, com o intuito de melhorar a eficiência operacional.

Para esta etapa as ferramentas da Manufatura Enxuta que apoiaram as análises das ações a serem implementadas e que ajudaram na melhoria dos processos foram: *Just in time*, Sistema Puxado, *Poka yoke*, Heijunka, TPM, *Kaizen*, mapeamento do fluxo de valor (estado futuro).

A matriz de seleção de soluções foi a ferramenta empregada para escolha das ações mais propícias e viáveis que seriam tomadas para eliminar as causas-raiz identificadas na etapa analisar do projeto.

São apresentadas nesta etapa as matrizes de seleção de soluções para os modos de falha: parada na enchedora, parada na esteira e parada na seladora de sacos.

Para as parada na enchedora, foram geradas quatro soluções para as causas-raiz identificadas através do diagrama de causa-efeito, a Figura 62 apresenta o problema, as causas-raiz, as possíveis soluções e a matriz de priorização, onde são analisados, três fatores, a eficiência de cada ação, a facilidade de implementação, os custos desta ação. O resultado do produto destes três fatores é o que vai determinar se a ação será ou não implementada, quanto maior for o resultado deste produto maior é a prioridade de implementação da ação.

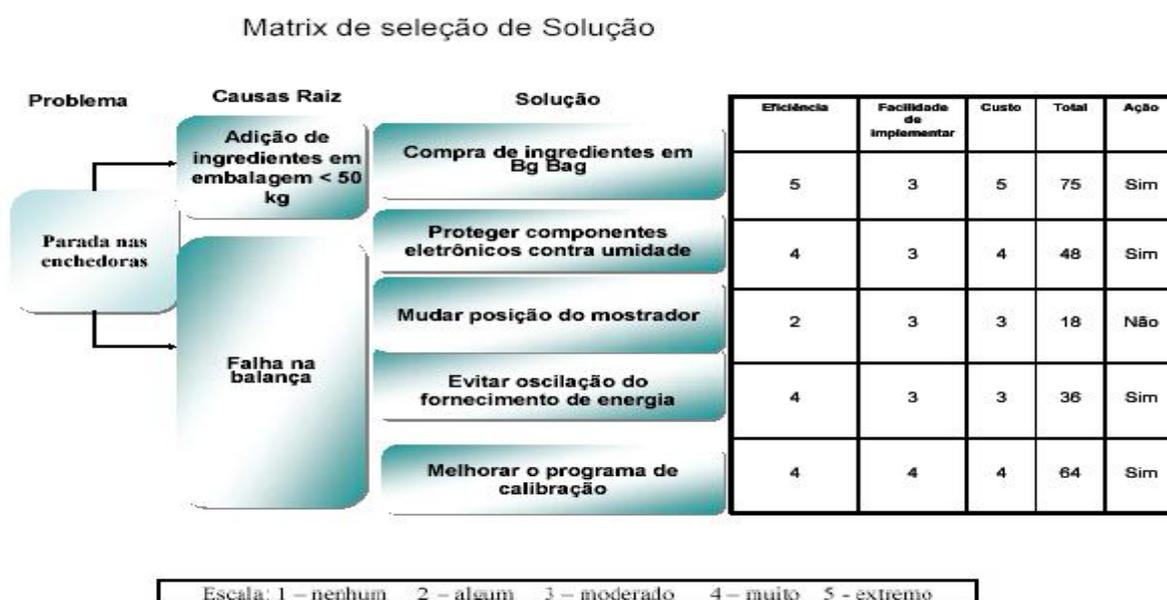


Figura 61- Matriz de seleção de soluções para parada nas enchedoras  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

Das cinco soluções proposta, após o uso da matriz de seleção de soluções, forma implementadas quatro, pois a solução de mudança da posição do mostrador obteve uma pontuação baixa, quando se fez o produto dos três fatores.

Houve um trabalho conjunto entre a equipe do projeto, produção e área de compras de matérias-primas e onde foi possível comprar ingredientes em embalagens acima de 50kg. Estas compras f realizadas, obtem-se uma ganho de 88% no tempo de abastecimento de ingredientes nos tanques, eliminando paradas na enchedora por causa do abastecimento de matéria-prima.

Para as parada na esteira, foram geradas quatro soluções para as causas-raiz identificadas através do diagrama de causa-efeito, conforme mostra a Figura 63, nesta matriz todas as soluções avaliadas foram implementadas, pois o produto dos três fatores ficou elevado.

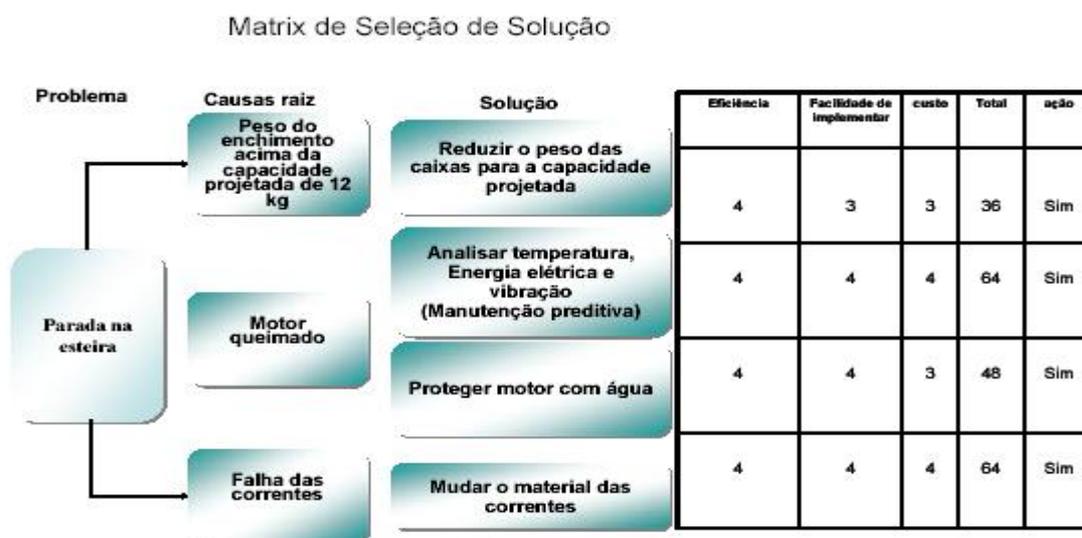


Figura 62 - Matriz de seleção de soluções para parada das esteiras  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

Para a causa-raiz, peso de enchimento acima da capacidade projetada de 12kg, houve um trabalho da área de pesquisa da companhia para reduzir os tamanhos dos produtos de forma que o equipamento trabalhasse dentro dos limites para o qual o mesmo foi projetado, com isto houve uma redução dos pesos das embalagens, diminuiu as avarias na área de armazenagem e facilitou o manuseio destas caixas pelo operadores.

Para a causa-raiz, queima do motor, foi reanalisada a forma de como era feita à manutenção deste equipamento, pois não havia uma lista de verificação deste equipamento e as manutenções eram feitas mais corretivas que preventivamente. Agora foi desenvolvida uma lista de verificação onde semanalmente os técnicos de manutenção fazem uma análise do

equipamento e realizam manutenção preventiva, também os operadores receberam treinamentos em TPM e os mesmos ao perceberem qualquer alteração nos equipamentos fazem uma vistoria, lubrificação e quando eles não conseguem resolver algum problema acionam a área de manutenção, além destas ações foi comprado um motor reserva para substituição imediata caso o motor em uso venha a queimar.

Para a causa-raiz, quebra das correntes das esteiras, foi comprada uma corrente de aço inox com mais flexibilidade mais resistente ao ataque químico dos produtos que são manuseados nas salas de produção e também foi criada uma rotina de inspeção mensal de inspeção avaliar a necessidade de manutenção ou troca das correntes.

Para o problema de parada na seladora de sacos, foram analisadas duas possíveis causas-raiz as quais geraram quatro possíveis soluções através do diagrama de causa-efeito, porém na matriz de seleção de soluções somente duas soluções foram validadas para a implementação, conforme mostra a Figura 64.

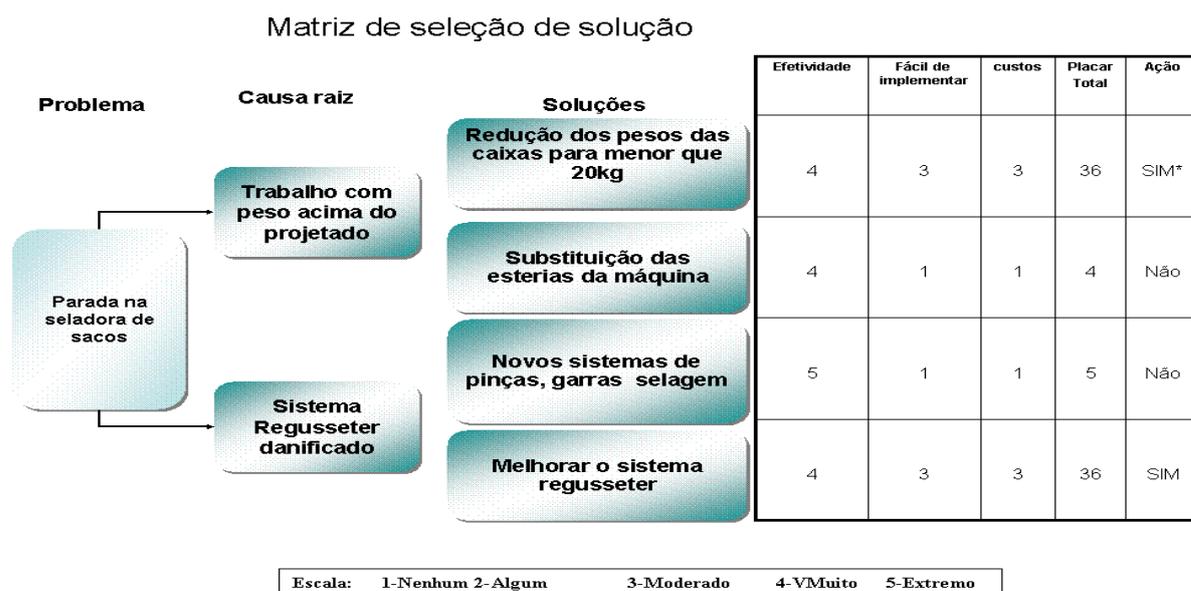


Figura 63 - Matriz de seleção de soluções para parada na seladora de sacos  
FONTE: Gama S.A., 2006.

A solução para a esteira trabalhando com peso acima da capacidade projetada para o equipamento, houve um trabalho da equipe do projeto junto a área de pesquisa da companhia para reduzir os tamanhos das embalagens dos produtos de forma que o equipamento trabalhasse dentro dos limites para o qual o mesmo foi projetado, com isto houve uma redução dos pesos dos produtos, diminuiu as avarias na área de armazenagem e facilitou o manuseio destas caixas pelo operadores.

Na busca da solução para a causa-raiz, Sistema *Regusseter* danificado, a área de manutenção elaborou um projeto, onde incluiu a visita do fabricante as instalações da empresa para dar suporte técnico para efetuar as mudanças necessárias que possibilitem a melhoria do desempenho do equipamento.

Para ações como redução de tamanhos de produtos e ordem de produção, foi necessário um trabalho com a área de planejamento de forma a balancear a programação de produção para torná-la mais adequada as novas condições de trabalho das salas de produção. Utilizou-se dos conceitos de *Heijunka* e da teoria das restrições de forma que a produção passou a ser programada com base nas restrições do sistema.

Nesta etapa foram utilizadas ferramentas da Manufatura Enxuta que contribuíram para o desempenho da sala de produção de parte sólida, como descrito a seguir: just in time, kanban, FMEA e eventos kaizen.

Para cada problema foi criada uma equipe de trabalho de FMEA, para analisar possíveis modos de falhas e seus efeitos sobre o desempenho da produção, como uma forma de validar cada ação que estava sendo implementada.

Criou-se um sistema *just in time* integrado ao *kanban*, Figura 65, para as salas de produção sólida e líquida, para suprimentos de caixas, bombonas e palletes, com isto o estoque na fábrica que era de até um mês foi reduzido para um dia de estoque.

Estas mudanças foram possíveis devido ao trabalho de desenvolvimento de fornecedores locais, pela Gama S.A. O fornecimento de bombonas que era em São Paulo, passou para Manaus além desta redução de estoque o kanban, possibilitou a redução brusca de área para armazenagem destes materiais que por suas características são volumosos, além da eliminação dos fretes que a Gama S.A pagava para colocar estes produtos em sua fábrica.

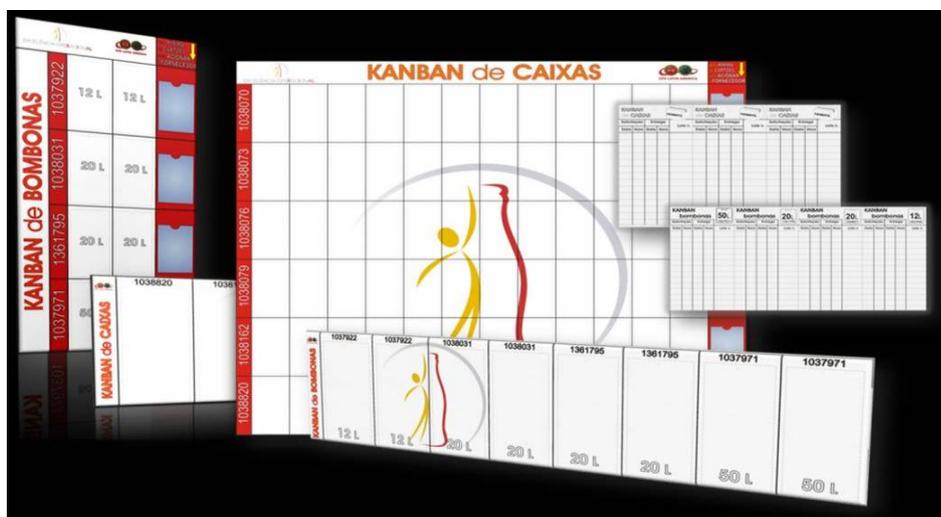


Figura 64 - Modelo dos cartões de kanban na empresa Gama S.A  
 FONTE: Gama S.A., 2007.

Foram realizados vários eventos de *Kaizen*, para melhorar os processos produtivos na empresa conforme descrito na tabela 13, onde relaciona os eventos *Kaizen* com as oportunidades de melhorias encontradas. Todos estes eventos de *Kaizen* foram suportados pelas práticas dos 5s, os quais foram fundamentais para organização dos locais de trabalho.

Data	Área	Nº.Oportunidades	Concluídas	% Concluídas
22/05/06	Parte Sólidas	50	34	68%
30/05/06	Enchimento Líquido	51	21	41%
24/02/06	Mistura de BB	7	3	43%
24/02/06	Recebimento	21	11	52%
15/02/06	Enchimento BB	26	7	27%
<b>31/03/07</b>	Enchimento FL-03	38	5	13%

Tabela 11 - Eventos Kaizen na Gama S.A  
 FONTE: Gama S.A., 2007.

Foram realizadas 19 reuniões com o time de implementação e as áreas produtivas da Gama S.A. para realização dos mapas de fluxo de valor, destas e observações *in loco* os seguintes mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping - VSM*) foram realizados:

1. VSM geral;
2. Serviço ao Cliente;
3. Estoque de material;
4. Estoque de produto acabado;
5. Produção;
6. Recebimento de caminhões tanques;
7. Expedição.

O VSM, é uma ferramenta visual que está ajudando a empresa a desenvolver uma análise descritiva completa dos fluxos do processo e com isso realizar um desdobramento detalhado do valor em direção ao produto ou serviço final.

Na Figura 66, pode-se ver o *lead time* dos processos de *setup*, impressão de etiquetas, abastecimento dos tanques de enchimento e montadora de caixas, além das oportunidades de melhorias identificadas nestes processos.

Foi possível analisar o fluxo de valor destas áreas de forma que toda a ação necessária para transformar matérias-primas no produto entregue ao cliente foram verificadas e analisadas.

Com estes fluxos a Gama S.A pode ter uma imagem real das atividades de cada área verificando-se o fluxo de materiais, informações e produto, para mostrar relações com processos adjacentes. Com isto foi possível reduzir significativamente o *lead time* do cliente e entregando um produto com custo menor, pois eliminou-se os desperdícios.

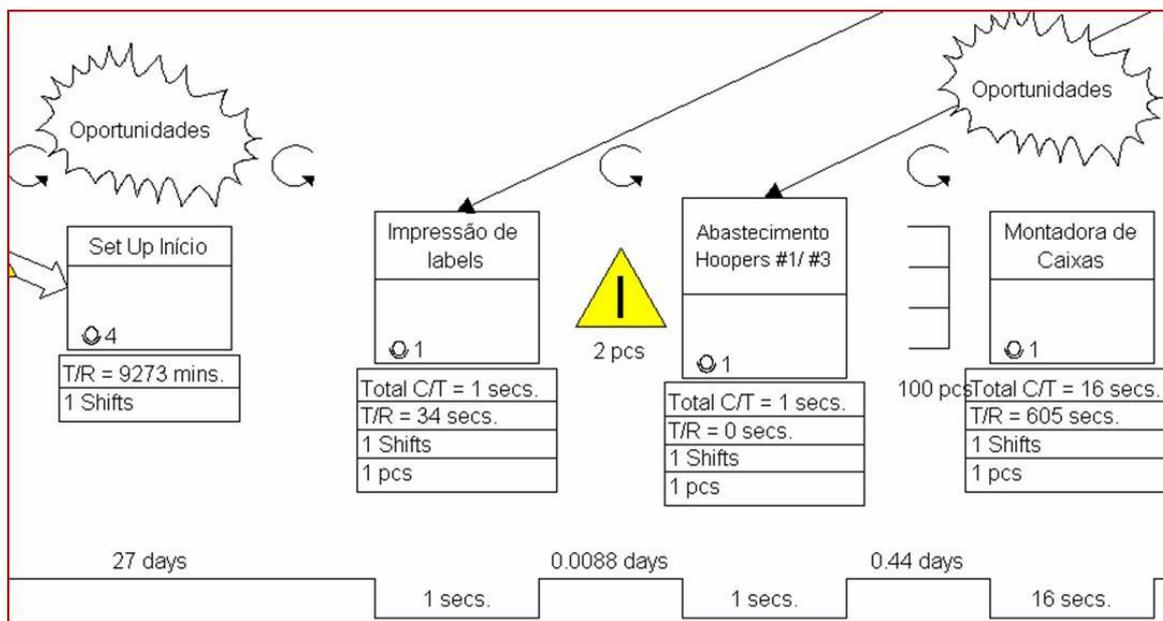


Figura 65 - Detalhe de um VSM da Gama S.A  
FONTE: Gama S.A., 2006.

### 3.8.4.1 Avaliação dos Resultados

Após as implementações das ações proposta, na fase anterior, iniciou-se as avaliações para confirmar se os resultados obtidos estavam de acordo com os esperados, para isto foram analisadas as ações tomadas.

A troca das embalagens menores de matérias-primas por embalagens maiores trouxe benefícios não só para a Gama S.A como também para os fornecedores, pois com a troca do tamanho da embalagem otimizou a utilização dos tanques e enchedora de caixas, houve aumento da produtividade que conseqüentemente aumentou sua velocidade de resposta aos pedidos emitidos;

Na área de recebimento reduziu-se o tempo de recebimento de 5:23 para 1:31 minutos, reduzindo-se em 75 % do tempo operacional da atividade;

Na entrega do material para as salas de produção, eliminou-se o uso de palletes de madeiras para estes ingredientes, pois eles agora vem em super sacos de 600kg. O tempo de

entrega dos ingredientes dos empilhadores para os operadores de produção reduziu-se de 4:57 para 1:32 minutos, uma redução de 71 % nesta operação;

Pode-se observar também uma redução de tempo na operação de abastecimento dos tanques de enchimento do produto onde o tempo passou de 10 para 1:22 minutos, gerando uma redução de 88 % no tempo de abastecimento;

E por fim para esta ação de aumento do tamanho das embalagens dos ingredientes e matérias-primas houve uma redução no impacto ambiental gerado por esta atividade, pois a quantidade de resíduos geradas nesta atividade foi praticamente eliminada, uma vez que os big bags são utilizados para outros fins na empresa.

Com relação aos outros parâmetros operacionais vemos os benefícios que foram gerados.

A eficiência global do equipamento para a sala de partes sólidas, conforme vemos na Figura 67, antes estava em média 53 % houve um acréscimo para ficar em média 65%, o que mostra uma melhora de aproximadamente 20% neste período.

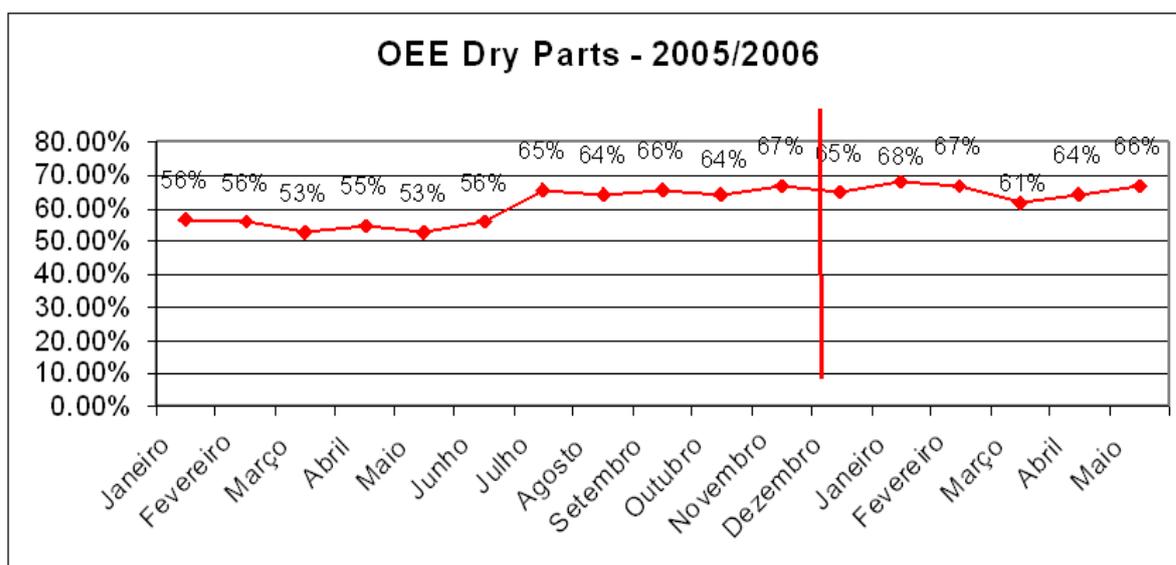


Figura 66 - OEE da Sala de Parte Sólida  
FONTE: Gama S.A., 2006.

Já o OEE da Sala da Klockner que tinha antes uma média de 40% de eficiência após as ações de melhorias, conforme demonstra a Figura 68, foi para 64% de eficiência o que representou uma melhora de 47 % neste indicador e também o sigma da eficiência do processo que era de 1,2 foi para 1,8 sigma, mostrando que as ações tomadas foram bastante benéfica para o processo.

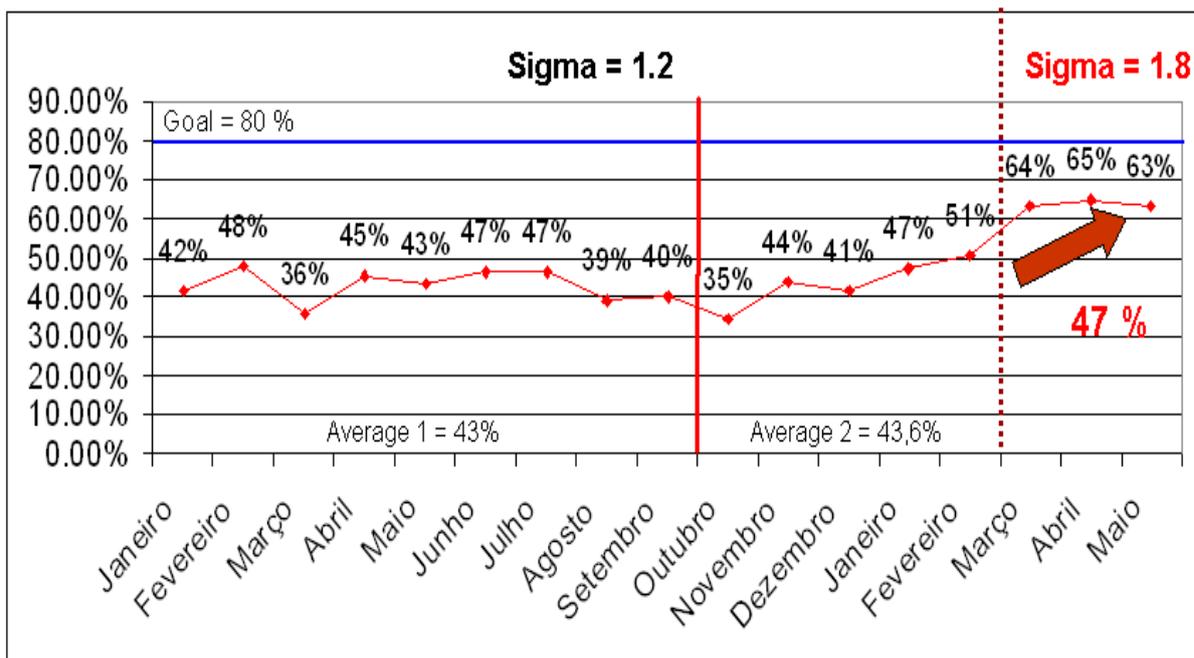


Figura 67 - OEE da Klockner  
FONTE: Gama S.A., 2006.

Para o indicador de Quebras na máquina Klockner, conforme a Figura 69, podemos ver que os tempos gasto em manutenção devido a quebra do equipamento foi reduzida de 6,9h para 3,7 horas o que representou uma melhora de 46% neste equipamento ajudando assim a melhorar a disponibilidade do equipamento.

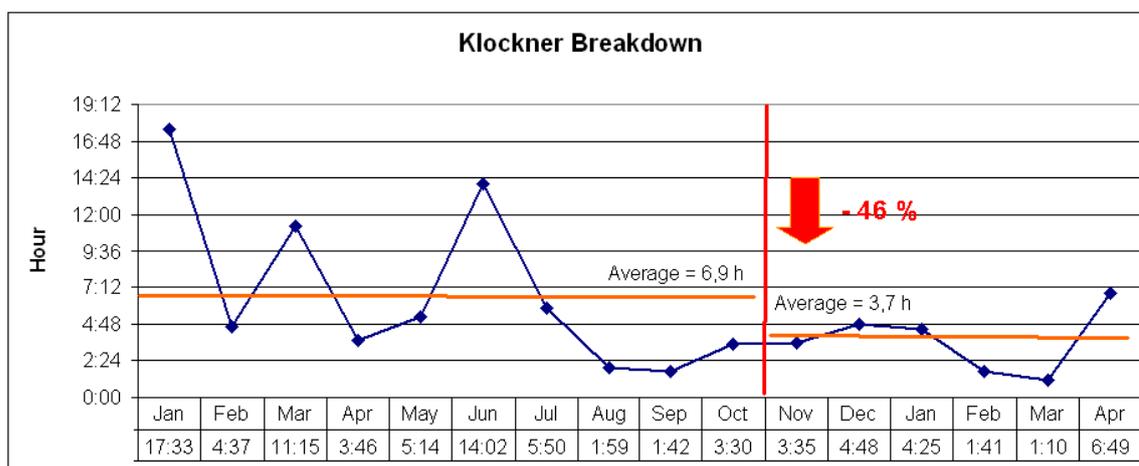


Figura 68 - Quebras da máquina Klockner 2005/2006  
FONTE: Gama S.A., 2006.

O indicador de paradas de linhas e *setups* da Klocner, conforme a Figura 70, teve uma redução de 23h de paradas e *set ups* para um tempo de 10 horas o que representou uma melhora de 57% .

## 2005 / 2006 - Klockner Paradas de linha e Setup

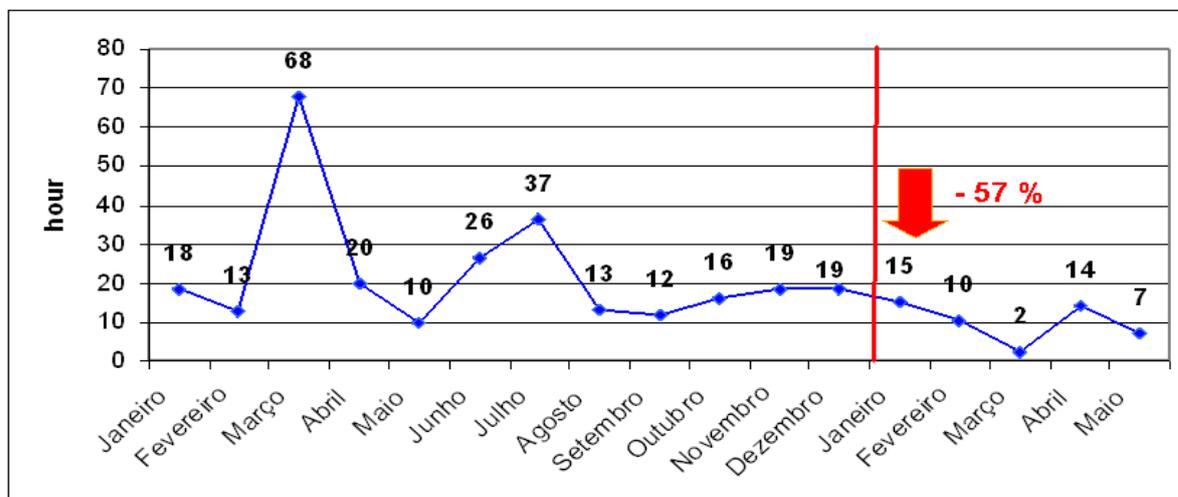


Figura 69 - Paradas de linhas e Setups Klocker 2005/2006  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

Para o indicador do Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), Figura 71, o mesmo ficou 27,2 horas, atingindo o objetivo que havia sido estabelecido que era de 25,7 horas.

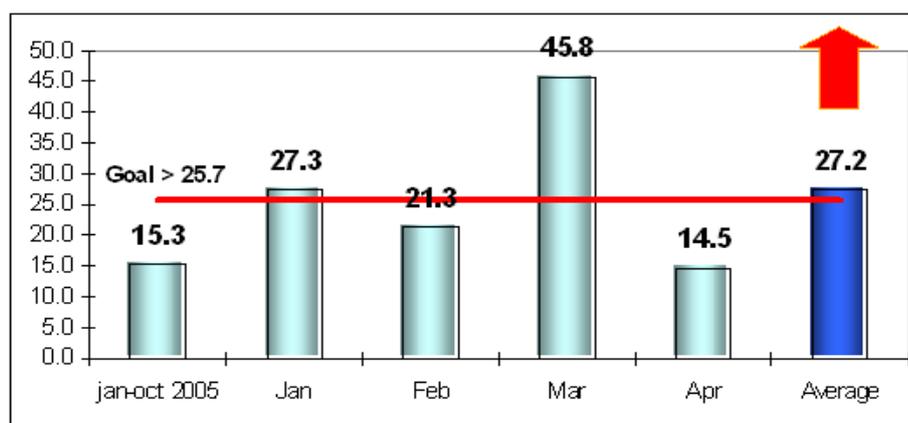


Figura 70 - Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)  
 FONTE: Gama., 2006

Já o indicador do Tempo Médio Para Reparo (MTTR), Figura 71, ficou em média 0,5 hora também alcançando o objetivo estabelecido pela equipe de melhoria que menor que 0,6 hora.

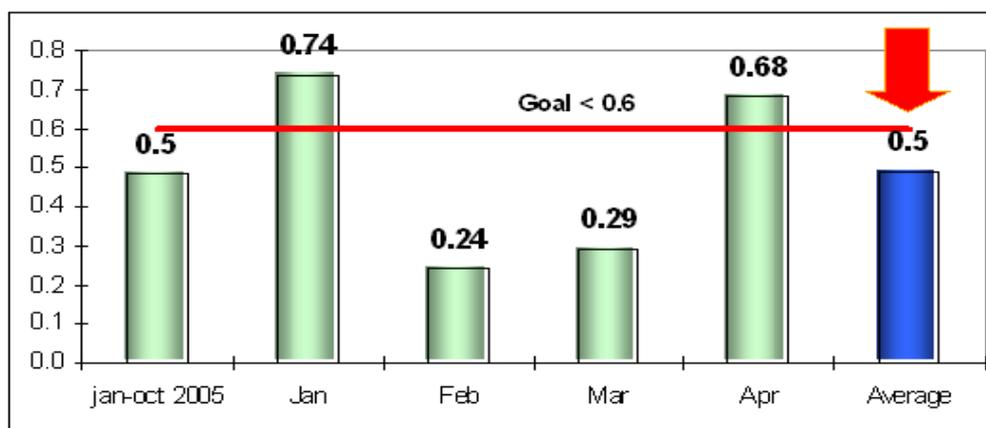


Figura 71 - Tempo Médio Para Reparo (MTTR)  
 FONTE: Gama., 2006

Na tabela 14, podemos visualizar os resultados obtidos com as ações implementadas e quanto de melhora cada processo obteve com estas ações.

Atividade/processo	Valor Anterior	Valor Atual	Melhoria %
Recebimento de materiais	5:23 min	1:31min	75%
Entrega de matariais a produção	4:57min	1:32min	71%
Tempo de abastecimento da Klockner	10 min	1:22	88%
Geração de resíduos	200 kg/d	20kg/d	90%
OEE (Parte Secas)	53 %	65%	20% (média)
OEE (Klockner)	40%	64%	47% (média)
Sigma do processo	1,2	1,8	33,33%
Parada de linha	6,9h	3,7h	46%
Setup	23h	10h	57%
MTBF	25,7h	27,2h	6%
MTTR	0,6h	0,5h	20%

Tabela 12 - Resultado das ações implementadas  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

A Figura 72 mostra o resultado da auditoria realiza após a implementação das etapas do projeto. Pode-se observar que houve melhoras significativas na organização, quando se compara com os resultados obtidos ma primeira auditoria antes de inciar o projeto.

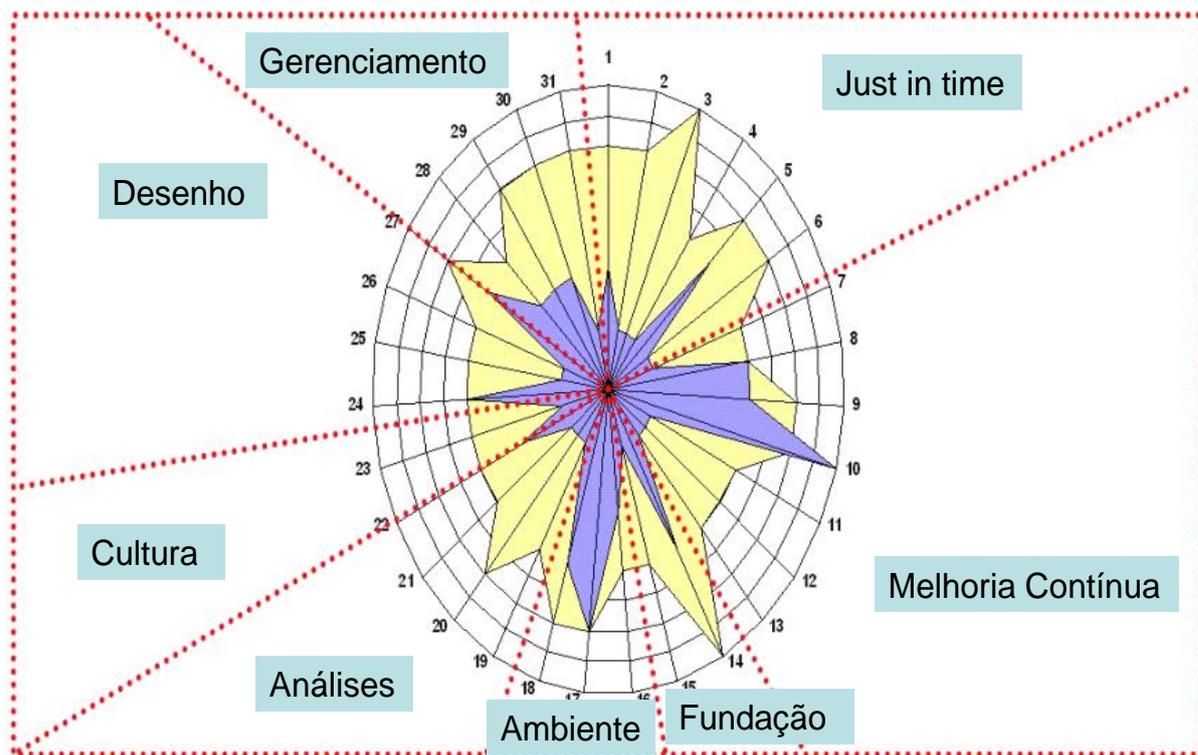


Figura 72 – Radar da situação da Gama S.A. em relação a Manufatura Enxuta em 2007  
 FONTE: Gama., 2007

### 3.8.5 Etapa Controlar

Nesta etapa o objetivo principal é controlar o processo para manter os ganhos e a transição para a implementação completa de todas as ações propostas nas etapas anteriores.

Esta fase iniciou-se com a criação e revisão da documentação para os novos métodos, onde os procedimentos padrões de operação foram revisados para refletir a nova realidade e também foram criadas novas instruções de trabalhos com um maior apelo visual, como forme demonstrado na Figura 73, para facilitar o trabalho dos operadores e gestores destes centros de manufatura.

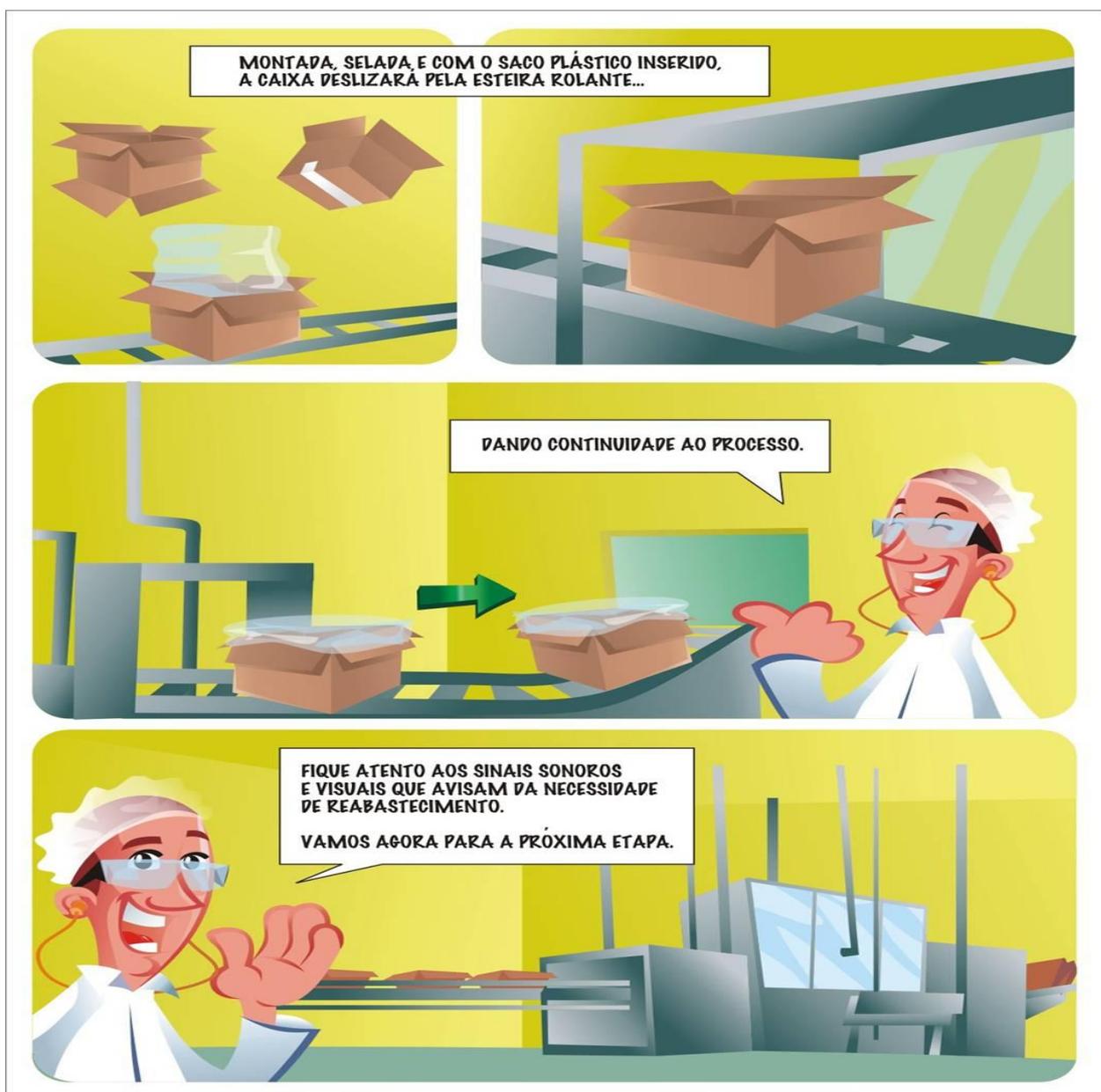


Figura 73 - Novas Instruções de trabalho  
 FONTE: Gama S.A., 2006.

A padronização é o que permite que a qualidade aconteça em uma base confiável e sustentável. Com ela temos certeza de que os elementos importantes de um processo são desempenhados de forma consistente e da melhor maneira possível e que as mudanças devem ser feitas apenas quando os dados mostram que uma nova alternativa é melhor e toda mudança nos padrões deve ser documentada.

Após as padronizações o passo seguinte foi o de prover treinamento para as equipes operacionais nestes novos métodos de trabalho, pois somente com as pessoas treinadas pode-se dar sustentação este projeto, os operadores também foram treinados em coletas de dados e preparação dos indicadores de maneira que eles atuam ativa e preventivamente nos processos.



- Estabelece um fundamento para gerenciar processos e focar nas melhorias futuras.

Como formas de manter os ganhos obtidos no projeto, foram criados vários Quadros de gerenciamento visual e espalhados pelas áreas de produção de forma que os associados tenha acesso as informações dos indicadores, e saibam como seu trabalho esta influenciado cada indicador.

### 3.9 Fechamento do Projeto

Quando se trabalha com projetos e com equipes a etapa de fechamento é muito importante para reconhecer o tempo e o esforço gastos nesta iniciativa, também retirar os aprendizados obtidos na iniciativa sobre o problema ou processo estudado, sobre o próprio processo de melhoria e transferir a responsabilidade da implementação em curso e do gerenciamento do PMCS para pessoas apropriadas, como o Dono do Processo, pois a melhoria deve ser contínua, mas as iniciativas individuais e as equipes de projeto devem chegar a um fim e deve-se comemorar cada etapa e cada vitória de forma a manter os associados o mais motivado possível para os próximos projetos.

Fechou-se o projeto Seis Sigma na sala de produção de partes sólidas, porém o trabalho de implementação da cultura da Manufatura Enxuta continua e sempre apoiada pelas metodologias Seis Sigma. De acordo com as análises realizadas na empresa, conforme mostra a Figura 75, até 2009 todos os principais pontos da Manufatura Enxuta estarão implementados e a empresa Gama busca com isso uma excelência operacional em todos os seus processos.

#### Status em Outubro de 2007

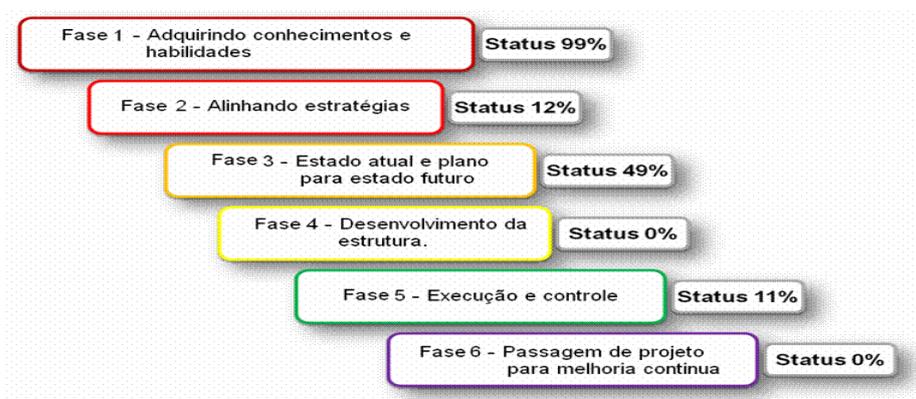


Figura 75 - Status da Implementação da Excelência Operacional na Gama S.A  
 FONTE: Gama S.A., 2007.

### 3.10 Roteiro para implementação da metodologia Seis Sigma e a Manufatura Enxuta

O objetivo deste roteiro é facilitar a utilização da metodologia Seis Sigma junto com a Manufatura Enxuta, em uma empresa ou em qualquer setor da sociedade.

O elementos comuns das iniciativas Seis Sigmas são:

- Comprometimento e envolvimento da liderança
- Atividades de melhoria são alinhadas aos objetivos dos negócios
- Defeitos são definidos como CTQs do cliente
- O foco é a redução dos defeitos e da variação
- O uso das metodologias disciplinadas de melhoria
- Metodologia disciplinada para sustentar os ganhos
- Tomada de decisão baseada em dados

Para iniciar um projeto Seis Sigma deve-se eleger uma equipe e fornecer os treinamentos necessários sobre a metodologia. Cada integrante do grupo Seis Sigma tem uma função bem definida como podemos ver na Figura 76.

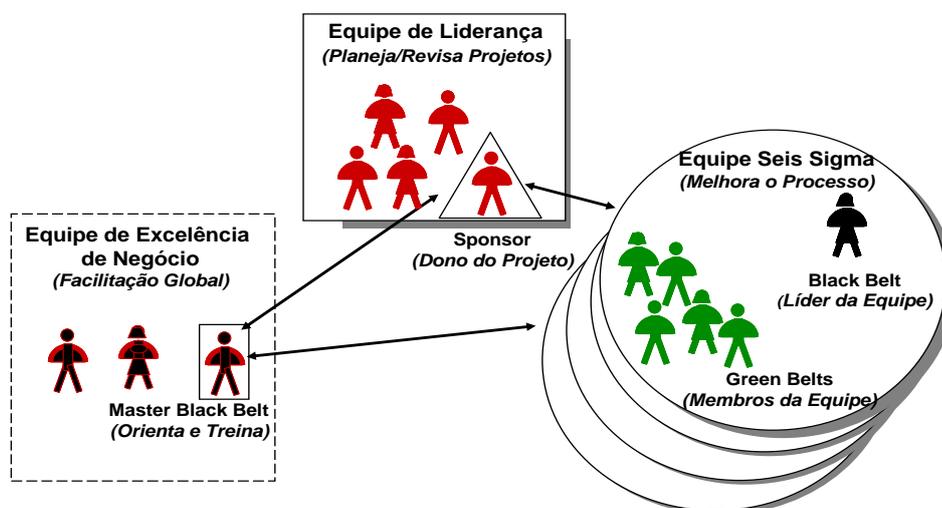
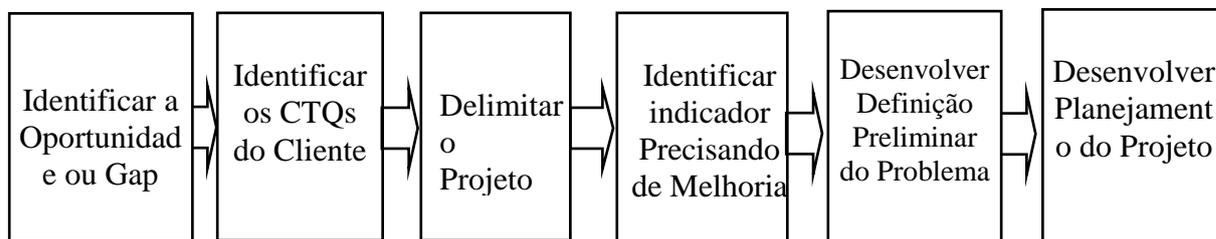


Figura 76 - Estrutura da Equipe Seis Sigma  
 FONTE: Setec, 2006

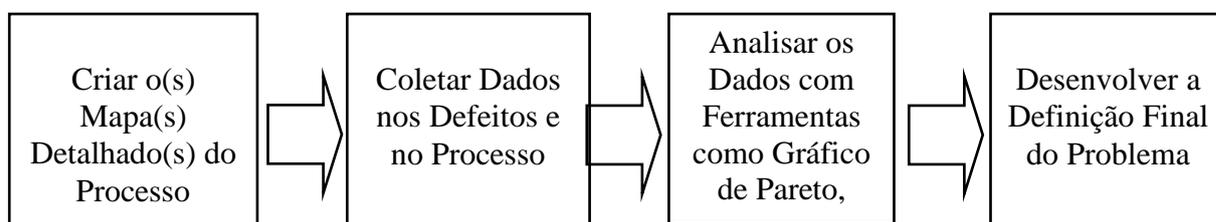
Definida a equipe elege-se o processo onde será implementado e defini-se se será um projeto DMAIC (resolução de problemas) ou DMADV (desenhar novo processo).

Se for um processo já existente e que precisa de melhorias para eliminar problemas, usa-se um projeto DMAIC o qual deverá obedecer ao seguinte fluxo:

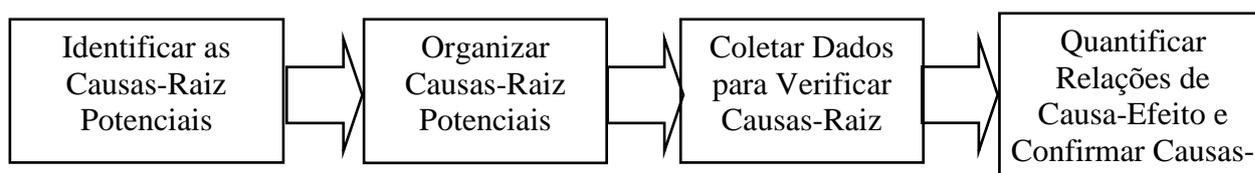
**Etapa Definir:** Definir o cliente, seus CTQs e os procedimentos da equipe, além de mapear processos core do negócio.



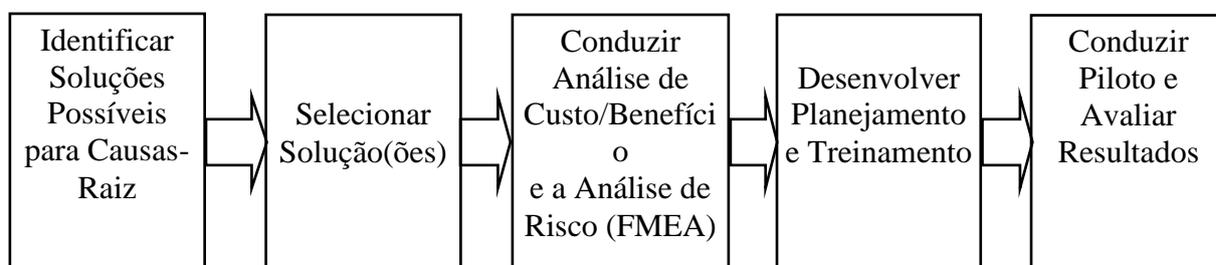
**Etapa Medir:** Medir o desempenho do processo.



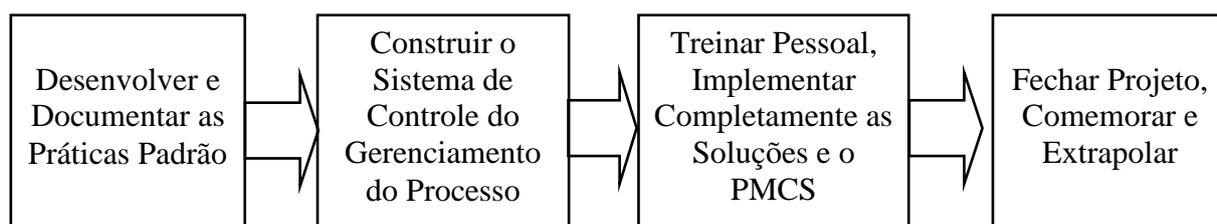
**Etapa Analisar:** Analisar os dados e mapas do processo para determinar as causas-raiz e as oportunidades para melhoria.



**Etapa Melhorar:** Criar, selecionar e implementar as melhorias.



**Etapa Controlar:** Institucionalizar a melhoria e implementar o monitoramento contínuo.



Se o processo for novo ou se houver mudanças significativas no processo existente, então a metodologia apropriada será o DMADV, também conhecido como DFSS (designed for Six Sigma) neste caso deve-se:

Definir os objetivos do negócio, escopo do projeto, objetivos de produto/serviço e desenvolver cronograma do projeto.

Medir e identificar os desejos e requisitos dos clientes e quais produtos ou serviços desejados.

Analisar e converter requisitos do produto/serviço em um desenho de processo estabelecendo um desenho de alto nível.

Desenhar é desenvolver, avaliar e selecionar o desenho detalhado do processo do produto/serviço.

Validar que os requisitos dos clientes são atendidos pelo novo desenho, e institucionalizar e monitorar o novo processo.

O roteiro de implementação da metodologia Seis Sigma e da Manufatura Enxuta pode variar dependendo da organização, complexidade dos processos e grau de adesão da direção com estas metodologias como a Manufatura Enxuta é uma filosofia, não há pré-definido um roteiro de como implementá-la, mas sim passos básicos definidos através das experiências de várias companhias que poderão ser seguidos na adoção desta filosofia de gestão.

A primeira fase para implementação da Produção Enxuta é obter conhecimento e habilidades, Entender o Sistema de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), para isto a organização deve investir em treinamento e capacitação dos líderes do projeto que serão os multiplicadores desta filosofia na organização.

A segunda Fase é fazer o alinhamento estratégico, definir as lideranças chaves do processo, iniciar a mudança cultural na organização, analisar os processos principais e processos de apoio, desenvolver a visão e missão da empresa.

A fase três é a fase de desenhar os VSM's do estado atual para analisar as barreiras, fazer uma avaliação nos processos atuais para definir os principais produtos ou processos que

necessitam de mudanças e criar uma análise de custo versus demanda para cada família de produto. A etapa seguinte é planejar e desenvolver o estado futuro e para isto criam-se os VSM's futuros e é feita uma análise de como eliminar as barreiras, confirmar os indicadores-chaves de desempenho, determinar causas-raiz e seus efeitos, definir e validar o retorno de investimento, revisar os papéis e responsabilidades e finalizar o estado atual planejar iniciar a implementação do estado futuro.

Na fase quatro, após ter sido feita a avaliação do estado atual e propostos os VSM's do estado futuro, faz-se o planejamento para a execução das mudanças propostas, dentre algumas atividades definem-se responsabilidades, orçamento do projeto, cronograma, indicadores para os processos.

A fase cinco é a etapa de execução e controle do planejamento realizado na fase anterior, onde temos o gerenciamento de projeto, medidas de desempenho, implementação das ferramentas da produção enxuta para redução dos desperdícios e melhorias operacionais. Serão realizados treinamentos, eventos *kaizens*, definição das equipes com atividade de pequenos grupos, incorporação da cultura *lean* em toda a organização, compartilhamento de informações e avaliação dos resultados alcançados.

A última fase é a etapa de transferência de responsabilidade, onde a equipe do projeto entrega o novo processo às pessoas que irão dar continuidade as melhorias alcançadas durante o projeto, ou seja, o processo é entregue aos seus donos.

## 4.0 CONCLUSÃO

Este trabalho focalizou os aspectos técnicos de implementação da filosofia da Manufatura Enxuta junto com a metodologia Seis Sigma em uma indústria de alimento instalada no PIM. Nesta abordagem foi possível desenvolver uma pesquisa detalhada das ferramentas que compõe a Manufatura Enxuta e a metodologia Seis Sigma, para que no processo produtivo da empresa analisada, os desperdícios e variações de processos fossem devidamente identificados e posteriormente eliminados.

O estudo de caso partiu da aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta e das ferramentas DMAIC do Seis Sigma, desdobrada nas fases definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Em cada fase foram utilizadas as ferramentas mais adequadas de acordo com a literatura existente. Através da aplicação do DMAIC e das ferramentas usadas na Manufatura Enxuta foi possível determinar e quantificar os principais defeitos e em quais processos havia mais desperdícios, como também analisar as causas dos defeitos para o estabelecimento de ações de melhoria.

Através do estudo de caso foi possível descrever a metodologia de implementação da filosofia da Manufatura Enxuta e Seis Sigma na Gama S.A possibilitando uma visão seqüencial dos passos a serem desenvolvidos no planejamento de cada etapa do projeto. Pode-se observar que a implementação do modelo de produção enxuta não é apenas um modelo diferenciado de produção, e sim uma mudança em toda a cultura da organização, e quando em conjunto com a metodologia Seis Sigma pode ser uma forma de gerenciar todo o sistema produtivo eliminando os desperdícios e reduzindo as variações dos processos.

Para a implementação da Manufatura Enxuta e Seis Sigma deve-se se selecionar a equipe responsável por esta implementação e provê-los de todos os recursos necessários de forma que eles se sintam “donos” dos processos e tenham um bom desempenho de suas atividades e possam lograr ótimos resultados. Ao final de cada etapa da implementação deve haver uma avaliação pela equipe e pessoal gerencial para discutirem os aprendizados e propor novas idéias. Devem-se reconhecer os integrantes da equipe para mantê-los motivados para novos desafios. Entregar os processos aos responsáveis para que os mesmo mantenham tudo que foi implementado no projeto, sem deixá-lo retroceder.

O entendimento destas ferramentas permitiu a elaboração de um mapa de fluxo de valor do estado atual e também deu orientação para que o mapa de fluxo de valor futuro fosse estabelecido, gerando a proposição de um roteiro devidamente enxuto e com poucas variações

nos processos produtivos. Este roteiro pode ser aplicado em toda a cadeia produtiva independente do seguimento de negócio da empresa, devendo-se cada empresa avaliar sua realidade.

Finalmente observamos que o resultado obtido pode ser visto como uma FONTE de consulta tanto por estudiosos da área como por empresários que estejam comprometidas com a melhoria contínua de seus processos e com a competitividade de seu produtos.

### **Recomendações**

Com a experiência adquirida nesta pesquisa e com base nos resultados alcançados pode-se propor algumas recomendações para trabalhos futuros, que serão apresentadas a seguir.

- Estudar a metodologia de implementação da Manufatura Enxuta e Seis Sigma em uma área diferente da qual a abordagem foi aplicada;
- Realizar uma pesquisa mais abrangente, em indústrias semelhantes, não se restringindo a apenas um caso de aplicação da abordagem estudada, o que não invalida este;
- As práticas e soluções implementadas sejam replicadas para as demais empresas do sistema de negócio o qual a Gama.S.A pertence;
- Recomenda-se que estas práticas de melhorias contínuas sejam difundidas principalmente aos fornecedores.

E, por fim, espera-se que as recomendações propostas acima possam despertar a curiosidade e estimular na academia o desejo de novas pesquisas nesta área.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, Márcio; GALBINSKI, Jeannette. **O Impacto da Gestão da Qualidade na Competitividade Empresarial, 2006.** Artigo disponível em <http://www.setecnet.com.br>. Acessado em 10/09/2007.
- Ballard, G; Howell,G. Implementing Lean Construction: Satilizing Flow in: Aliacón, L.(Ed) Lean Construction. Rotterdam:A, Balkema,1997.
- BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda (coordenação). **Administração da qualidade e da produtividade:** abordagens do processo administrativo. São Paulo: Atlas: 2001.
- BLAUTH, Regis. **Seis Sigma: uma estratégia para melhorar resultados,** revista FAE Business, n.5, abr. 2003. Disponível em [http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista\\_fae\\_business/n5/gestao\\_seissigma.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_fae_business/n5/gestao_seissigma.pdf) - acessado em 15 de agosto de 2007.
- BORCHARDT, Miriam. **Diretrizes para a implementação dos princípios da mentalidade enxuta: O caso das empresas de transporte coletivo rodoviário urbano.** Tese de doutorado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. 295p. Florianópolis, Santa Catarina. 2005.
- BRASSARD, Michael., Field, Carolyn. Oddo, Fran., Page, Bob.,Ritter, Diane. Smith, Larry. **The Six Sigma Memory Jogger™ II.**GOAL/QPC. Estados Unidos, 2002.
- BREYFOGLE, F. W. **Six Sigma: smarter solutions using statistical methods. 2.** ed. Austin: Wiley, 2003.
- BREYFOGLE, F. W., Cupello, J. M., Meadows, B., 2001, *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*, Wiley, NY.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total (No estilo Japonês).** 6. ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Bloch Editores S.A,1992.
- CARDOZA, Edwin; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. **Indicadores de Desempenho para o sistema de produção enxuto. Artigo 13p.** Revista Produção online ISSN 1676 - 1901 / Vol. 5/ Num. 2/ Junho de 2005. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC – Brasil. Disponível em <http://www.producaoonline.inf.br>, acessado em 10/06/2007.
- CARRARO, Reinaldo Viveiros. **Avaliação de um Processo de Implantação da Mentalidade Enxuta e seu Desempenho no fluxo de valor: Um estudo de caso.** Dissertação, 152f. Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté. 2005. São Paulo.
- CARVALHO, Marly M. **Selecionando Projetos Seis Sigma.** In: ROTONDARO, Roberto G. (Org) **Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

COSTA, Fernanda de Carvalho. **Desenvolvimento de um Projeto Seis Sigma na linha de montagem da Daimler Chrysler do Brasil**. Artigo, Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, departamento de produção. 2006, 15p. Disponível em <http://www.epr.unifei.edu.br/TD/producao2004/PDF/Fernanda%20de%20Carvalho%20da%20Costa.pdf>. Acessado em 15/08/2007.

CROSBY, P. B. **Qualidade falada a sério**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

CUSUMANO, Michael A. **The Japanese Automobile Industry**. Cambridge: Harvard University Press, 1989.

CUSUMANO, Michael A. **The Limits of Lean**. Cambridge: Sloan Management Review, Summer 1994.

DELLOITTE, Touche Quality Firm. **Manufacturing Six Sigma, Strategy e Operations Excellence**, 16p. Lisboa, Portugal. 2005.

DEMERS, Julie – The lean philosophy: Continuous improvement by any name can boost a company's performance. **The choice is up to you, CMA Management**. Oct 2002. Vol. 76, Num. 7, pág 31, acesso 10 de agosto 2007, disponível em [http://goliath.ecnext.com/coms2/gi\\_0199-2322331/The-lean-philosophy-continuous-improvement.html](http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-2322331/The-lean-philosophy-continuous-improvement.html)

DEMING, W. Edwards, **Saia da Crise**, as 14 lições definitivas para controle de qualidade, 1ª ed, São Paulo: Editora Futura, 2003.

DEMING, W.E., **Quality, Productivity and Competitive Position**. MIT Press, Cambridge, 1982.

DIRGO, Robert. **Look forward beyond Lean Six Sigma – A self Perpetuating Enterprise Improvement Method**. J.Ross Publishing. Fort Lauderdale. Florida. U.S.A. 2006.

ECKES, George. **A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2001. 270 p.

EGOSHI, Koiti. **OS 5 S DA ADMINISTRAÇÃO JAPONESA**, 2006. Artigo disponível em [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/5S/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/5S/Index.htm), acessado em 01/10/2007.

GODINHO FILHO, M; FERNANDES Flávio C.F. **Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futura**. Gestão e Produção V.11 nº1 p.1-19, jan-abr.2004.

FEREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986.

FERREIRA, Fernando Pereira. **ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS**. 180f. Dissertação Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – da Universidade de Taubaté. São Paulo. 2004

FERRO, José Roberto. **A essência da Ferramenta "Mapeamento do fluxo de valor", 2006.** Lean Institute Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br>. Acessado em 15/09/2007.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GEORGE, Michael L. **Lean Six Sigma – Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed.** McGraw Hill, New York, U.S.A. 2002.

GEORGETTI, Alexandre Davini. **Implementação da Manufatura Enxuta em um Ambiente com diversidade de componentes e kits de entrega.** 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HALL, Robert W. **Excelência na Manufatura.** 3ª Ed., São Paulo: IMAM, 1988.

HARMON, Roy L., Peterson, Le Roy D. **Reinventando a Fábrica : Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados na Prática,** Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HOPPEN et al. **Sistemas de informação no Brasil: uma análise dos artigos científicos dos anos 90.** 22 Encontro da ANPAD, Foz do Iguaçu, 1998.

IMAI, Masaki. **Kaizen - A Estratégia para o Sucesso Competitivo.** São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1988.

INVERNIZZI, Gerson. **O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos.** 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle da qualidade total: à maneira japonesa,** tradução Iliana Torres, Rio de Janeiro, 1993, 221p.

JARDIM, Eduardo G.M; COSTA, Ricardo Sarmiento. **As tecnologias de gestão e seus contextos de aplicação. Apostila da matéria Estratégia da Manufatura.** Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 2005.

JONES, Daniel T. **Seeing the whole: Mapping the extended value stream,** transparências apresentadas no Lean Manufacturing Conference, Dearborn, MI, May/2001.

JÚNIOR, José Lourenço. **O Conceito de Produção Enxuta Aplicado a Uma Indústria Não Seriada: Uma proposta metodológica de implantação –** Dissertação de mestrado. 120f. 2002. Universidade de Taubaté.

JURAN, J.M. **Juran planejando para a qualidade.** São Paulo: Pioneira, 1990.

JURAN, J.M.; GRZYNA, Frank M. **Controle da qualidade: componentes básicos da função qualidade.** São Paulo: McGraw-Hill/Makron, 1991.

JURAN, J. M.; GRAYNA, Frank M. **Controle da qualidade-handbook**. 4 ed. vol. III. São Paulo: Makron Books e McGraw-Hill, 1992

KESSLER, Rafael Motta. **A implantação do Seis Sigma em organizações: motivações de escolha e resultados obtidos**. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KOSAKA, Gilberto I. **Jidoka**. 2006. Lean Institute Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br> . Acessado em 15/09/2007.

KUMPERA, V. **Estratégia Gerencial Seis Sigma**. Revista Banas Qualidade, São Paulo, Nº 89, out. 1999.

LEACH, Lawrence P., TQM, Reengineering, and the Edge of Chaos, Quality Progress, February 1996.

LEMONS, Ana Carina Dri. **Aplicação de uma metodologia de ajuste do sistema *kanban* em um caso real utilizando a simulação computacional**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

LIKER, Jeffrey K; MEIER, David. **O modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MARASH, S. **Seis Sigma: Filosofia ou Prática?** Revista Banas Qualidade, São Paulo, no 96, maio 2000.

MARCHWINSKI, Chet; SHOOK John. **Léxico *Lean***: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento *Lean*. São Paulo: Lean Institute, 2003

MARTINS, Gilberto de Andrade; LINTZ, Alexandre. **Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Qualidade: Enfoques e ferramentas**. 1. ed. Artliber Editora, São Paulo, 2001.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção. V.17 nº01, p. 216-229. jan-abril-2007.

MINOURA, Teruyuki. **The “Thinking” Production System: O TPS como estratégia vitoriosa para o desenvolvimento de pessoas no ambiente global de produção**. 2003. Lean Institute Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br> . Acessado em 05/09/2007.

MORGAN, John. **Six Sigma and the Supply Chain**. Disponível em [http://www.onesixsigma.com/experience/white\\_papers/whitepaper\\_pages/catcons\\_wp5.php](http://www.onesixsigma.com/experience/white_papers/whitepaper_pages/catcons_wp5.php) > Acesso em 23 Set. 2004.

MORGAN, John; JONES, Martin. **Six Sigma meets ISO 9001:2000**. Disponível em <[http://www.onesixsigma.com/experience/white\\_papers/whitepaper\\_pages/sixsigmameest ISO9001\\_2000](http://www.onesixsigma.com/experience/white_papers/whitepaper_pages/sixsigmameest ISO9001_2000)> Acesso em 22 Set. 2004.

MOURA, José Carlos Rolim. **Um modelo de melhoria contínua de processos para o setor público**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MOURA, Reinaldo. **Kanban- A simplicidade do controle da produção**, São Paulo: IMAM, 5ª Ed., 1999

NAVE, Dave; LACERDA, Cintia Barcellos. Como comparar o Seis Sigma, o Lean e a Teoria das Restrições - Um estudo comparativo para escolher o que é melhor para sua empresa .2002. Artigo disponível em <http://www.setecnet.com.br>. Acessado em 10/09/2007.

NBR ISO 9001:2000, **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT)**, Rio de Janeiro, 2000.

NIIMI, Atsumi. *Sobre o Nivelamento (heijunka)*, 2004. Lean Institute Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br> . Acessado em 15/09/2007.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 137p.

ORIEL Incorporated. **Manual de Treinamento Seis Sigma Green Belt – Melhoria DMAIC**. Atlanta, 2003.

PACE, João Henrique. **O kanban na prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1997.

PANDE, P.S., NEUMAN; R.P., CAVANAGH, R.R. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e Outras Grandes Empresas Estão Aquecendo seu Desempenho**. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2001 (tradução de *The Six Sigma way*).

PLENERT, Gerhard J. **Three Differing Concepts of JIT**. Production and Inventory

QUERNE, J. **Fatores de competitividade na manufatura. O programa TPM para aumento de produtividade**. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia)-Departamento de economia, Contabilidade, Administração e Secretariado. Universidade de Taubaté,Taubaté, 2001.

RECHULSKI, Denise et al. **Programas de Qualidade Seis Sigma: Características Distintivas dos Modelos DMAIC e DFSS**. XI SIMPEP, Bauru, nov. 2004.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. **A implementação dos projetos Seis Sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho.** Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, no 1, p. 1-14, dez 2003.

SANTOS, Maria Cristina; LUZ, Vicente. **Avaliação de Métodos Indiretos para obtenção dos graus de importância dos requisitos dos clientes.** Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1999.

SCHONBERGER, Richard J. **Fabricação Classe Universal: As Lições de simplicidade aplicadas.** São Paulo: Pioneira, 1988.

SCHONBERGER, Richard J. **Técnicas Industriais Japonesas.** 4ª Ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

Setec Consulting Group. **Apostila Setec Consulting Group Treinamento Black Belt, Lean Six Sigma,** 2006

SHINGO, Shigeo, **O Sistema Toyota de Produção (do ponto de vista da Engenharia de Produção),** 2ª ed, Porto Alegre: Editora Bookman, 1996

SHINOHARA, Isao. **New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries.**1998

SILVA, Edna. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação.** Santa Catarina, 2001. Disponível em <http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologiadapesquisa.pdf>. Acesso em 01 Out. 2004.

SILVA, Edna; MENEZES, Estera. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação.** 4ª Edição, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2005.

SILVA, Maria Stefania Rose. **Aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução de defeitos em insumos.**169f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, 2006.

Smalley, Art. **Conectando a Montagem aos Processos em Lotes através de Sistemas Puxados Básicos.** Lean Institute Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br>, 2005. Acessado em 15/10/2007.

SNEE, Ronald; HOERL, Roger W. **Six Sigma Beyond the Factory Floor.** New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

SOUZA, Valmir Zacarias. **Otimização dos parâmetros de Controle de um processo de fabricação de latas: Uma abordagem Seis Sigma.** 2002. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá.

SPANYL, Andrew; WURTZEL, Marvin. **Seis Sigma para todos nós.** Banas Qualidade, São Paulo, p. 44-47, maio 2004.

SPEAR, Steven J., **Aprendendo a Liderar na Toyota,** Harvard Business Review, p.54 – 63, maio de 2004 – disponível em [www.hbrl.com.br](http://www.hbrl.com.br) , acessado em 20 Julho 2007

TEIXEIRA, Rafael Gomes. **A utilização da metodologia DMAIC para a elaboração de um projeto de redução de tempo de máquina quebrada em uma indústria têxtil.** Artigo, 14p. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Departamento de produção. 2005

TOLOVI, José Jr. **Por que os Programas da Qualidade Falham?** Revista de Administração de empresas, São Paulo:v. 34, n. 6, p. 6-11, Out./Nov.1994

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999.

TURNER, J. Rick; Thayer, Julian F. **Introduction to Analysis of Variance: Design, Analysis, e Interpretation,** Sage Publication, London, 2001

WEBER, Austin. **Estação de Trabalho Lean: Organizada para a Produtividade.** Lean Institue Brasil. Artigo disponível em <http://www.lean.org.br>, 2005. Acessado em 15/10/2007.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Seis Sigma.** Rio de Janeiro: Qualitymark, (Série Seis Sigma v.1), 2002.

WERKEMA, Consultores Associados. **Relatório O Seis Sigma no Brasil.** Banas Qualidade, São Paulo, Editora Epse, 2003.

WERKEMA, Cristina. **O Seis Sigma mata a inovação ?, 2006. Disponível em <http://www.minitabbrasil.com.br/novidades/artigos/artigo50.asp>,** acessado em 10/08/2007.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. e ROOS Daniel, **A Máquina que mudou o Mundo,** 4ª reedição Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992

WOMACK, James P., JONES, Daniel T., **A Mentalidade Enxuta nas Empresas,** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004

YIN, Robert K. Estudo de Caso: **Planejamento e Métodos.** 3 ed. Bookman, Porto Alegre, 2005, 215 p.

ZAFFANI, Carlos Alberto. **Qual é o melhor: Seis Sigma, Lean ou Teoria das Restrições? 2005. Artigo disponível em <http://www.calcgraf.com.br/content.php?recid=115&type=A>.** Acessado em 10/09/2007.

## ANEXOS

### Anexo 1 - Plano de implantação de ações.

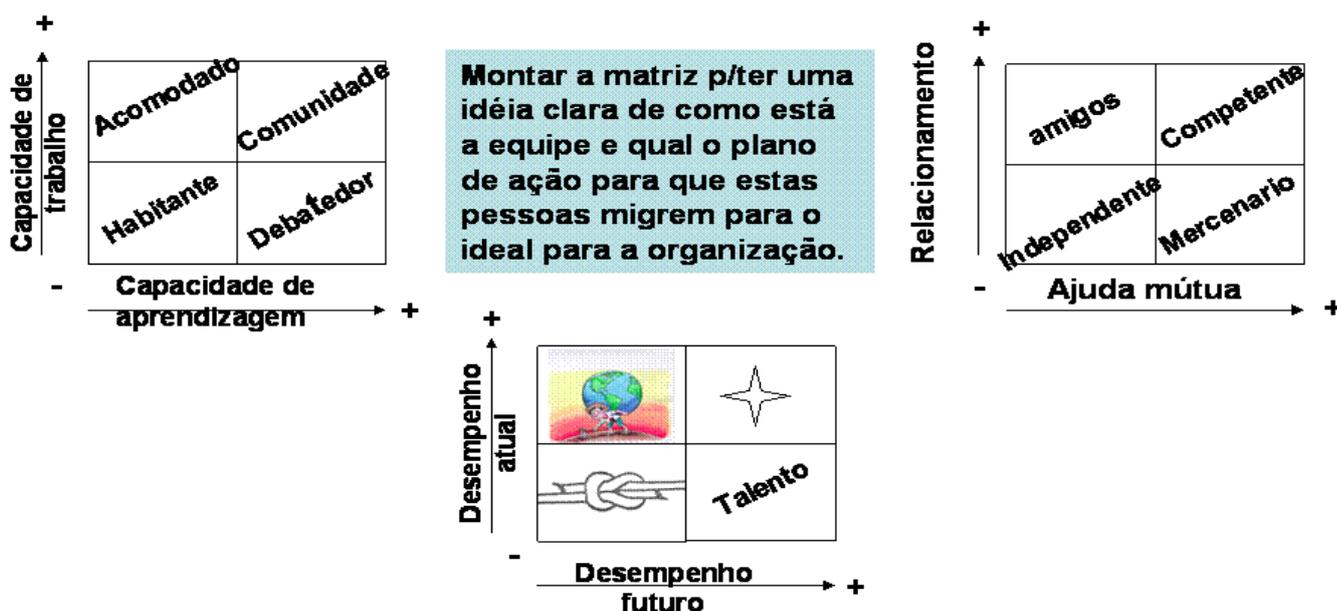
Descrição	Área
Setup com 2 operadores(1 c/ peças e outro inicia montagem)	DOP
Engate rápido invece de paraf. no sistema de exaustão e outras pecas que precisam ser fixadas	Marcelo C.
Sanitizar a máq. com parafusos no local(bandeja móvel)	Marcelo C.
Depois da limpeza deixar as tubulações montadas e balanças também	DOP
Mudar sist. de fechamento do dreno do transportador 2 e 3 igual ao 1	Marcelo C.
Mudar o sistema de junção do mini-hopper c/ transportador usando tubo de nylon com engate rápido	Marcelo C.
Mudar o sistema de junção do mini-hopper c/ transportador usando tubo retrátil fixo c/ apenas 1 acoplagem	Marcelo C.
Mudar o sistema de junção do mini-hopper c/ transportador usando tubo fixo.	Marcelo C.
Padronizar bandeja da balança p/ os 3 filler	Marcelo C.
Padronizar ordem e sequência montagem(Liçao de Ponto Único- LPU)	DOP
Colocação de Dobradiça na tampa	Marcelo C.
Abertura dos big bags com remoção auto abertura do lacre	DOP

FONTE: Gama S.A, 2006

### Anexo 2- Análise de maturidade da equipe

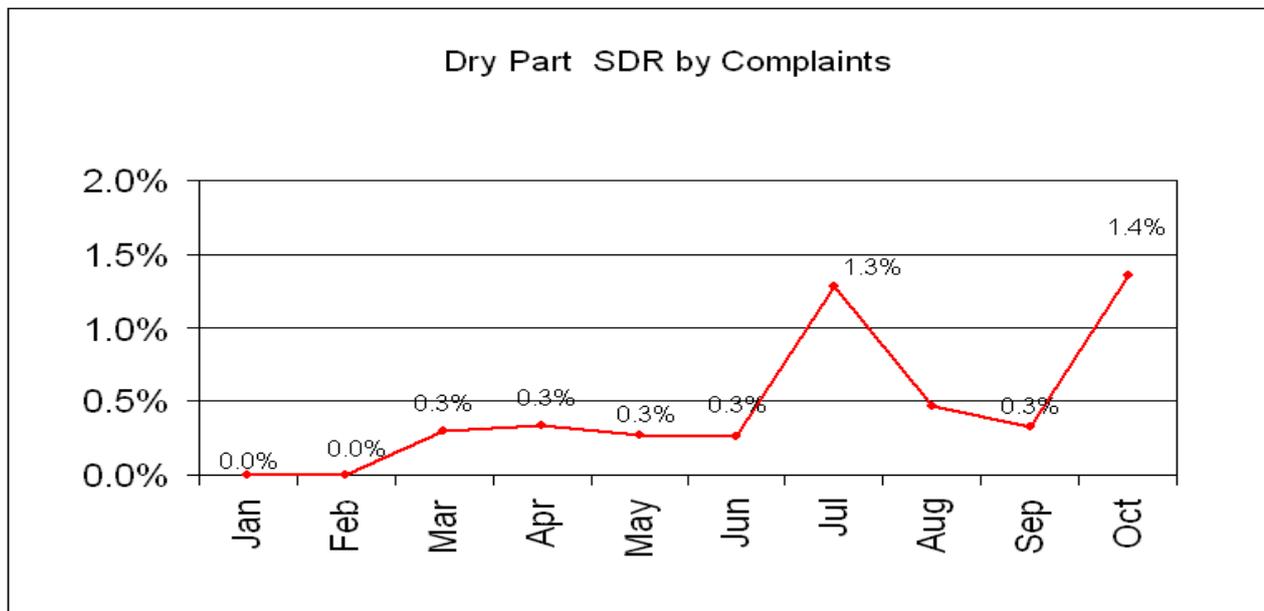
## Analise de Maturidade da Equipe

**Medir o grau de maturidade da equipe  
(características de equipes de alto desempenho)**



FONTE: Gama S.A, 2006

### Anexo 3 - Reclamações de clientes



FONTE: Gama S.A, 2006

### Anexo 4- Matriz de entrada e saídas dos processo

Saídas do Processo		10	8	6														
		Parada na enchedora	Parada de Montadora de Caixa	Parada Seladora de caixa														
Entradas do Processo	1	9	9	9														
	2	9	9	9														
	3	9	9	9														
	4	9	9	9														
	5	0	9	9														
	6	4	4	4														
	7	4	4	4														
	8	4	4	4														
	9	4	4	4														
	10	1	4	9														
	11	9	0	0														
	12	9	0	0														
	13	9	0	0														
	14	9	0	0														
	15	9	0	0														
	16	9	0	0														
	17	0	4	4														
	18	4	0	0														
	19	4	0	0														
	20	4	0	0														
	21	1	1	1														
	22	1	1	1														
	23																	
	24																	
	25																	

FONTE: Gama S.A, 2006

### Anexo 5- Cálculo de MTBF e MTTR

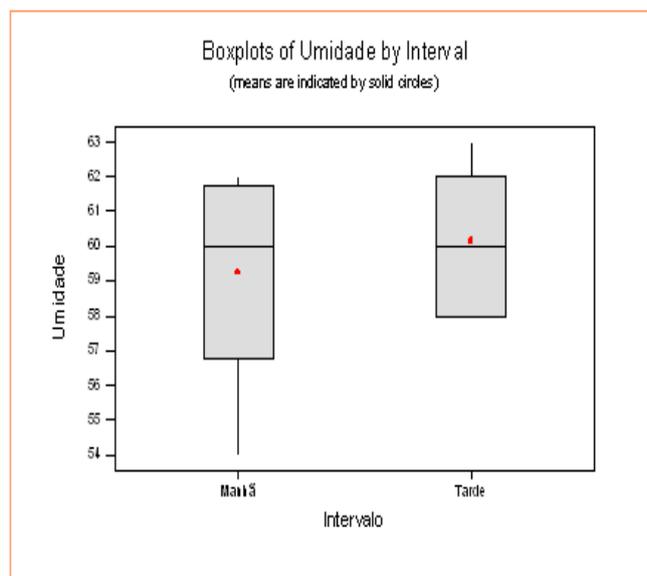
	h	h	MC	h		h		%
	Available time	Breakdown	No. of corrective maintenance	MTBF	Goal	MTTR	Goal	Availability (Ai)
jan-oct 2005	1848	69,72	117	15,3	25,7	0,5	0,6	96,23%
Jan-06	168	1,67	5	27,3	25,7	0,74	0,6	99,01%
Feb-06	142	0,85	5	21,3	25,7	0,24	0,6	99,40%
Mar-06	168	1,17	4	45,8	25,7	0,29	0,6	99,30%
Apr-06	152	6,82	10	14,5	25,7	0,7	0,6	95,52%
May-06	176,5	11,87	6	27,4	25,7	2,0	0,6	93,27%
Jun-06	168	6,58	2	80,7	25,7	3,3	0,6	96,08%
Jul-06	176,5	0,00	1	176,5	25,7	0,0	0,6	100,00%
Aug-06	193,5	7,17	10	18,6	25,7	0,7	0,6	96,29%
Sep-06	168	26,07	18	7,9	25,7	1,4	0,6	84,48%
Oct-06	150,5	13,08	8	17,2	25,7	1,6	0,6	91,31%
Average				43,7	25,7	1,1	0,6	
PROPOSE	1848	41,83	70,2	25,7		0,6		97,74

FONTE: Gama S.A., 2006

## Anexo 6 – análises de significância estatística

### Verification of Root Causes

**Two factors were studied: Humid.  
(Morning vs. afternoon)**



Two-sample T for Umidade

Interval	N	Mean	StDev	SE Mean
Manhã	8	59.25	2.92	1.0
Tarde	7	60.14	1.95	0.74

Difference =  $\mu$  (Manhã) -  $\mu$  (Tarde)

Estimate for difference: -0.89

**95% CI for difference: (-3.65, 1.87)**

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.70 **P-Value = 0.495** DF = 12

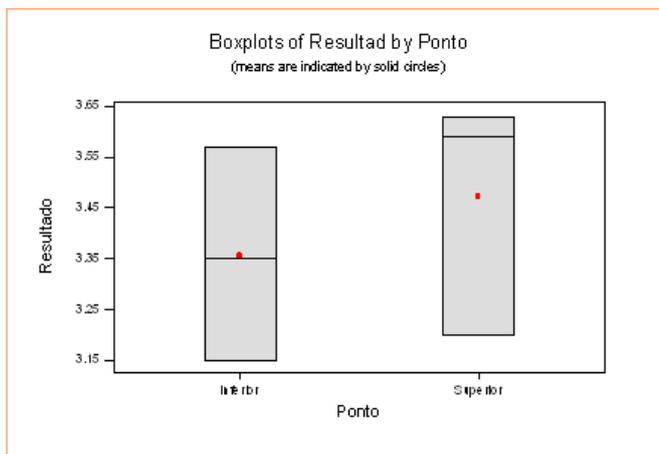
Back



FONTE: Gama S.A, 2006

## Verification of Root Causes

**Two factors were studied: Humid.  
(Filling area vs. Platform)**



Two-sample T for Resultado

Ponto	N	Mean	StDev	SE Mean
Inferior	3	3.357	0.210	0.12
Superior	3	3.473	0.238	0.14

Difference =  $\mu$  (Inferior) -  $\mu$  (Superior)

Estimate for difference: -0.117

**95% CI for difference: (-0.699, 0.466)**

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.64 **P-Value = 0.569** DF = 3

FONTE: Gama S.A, 2006

Back



### Anexo 7 – Próximas ações na Klocner

Action Plan

Next step

- Substituição da corrente da hi-speed antes da seladora de sacos;
- Substituição de mancal e remoção de eixo para confecção de um novo se necessário - hi speed.
- Substituição de display da balança do filler;
- Inspeção com substituição de flexores, estabilizadores, alinhamento e Calibração da hi-speed da área externa.
- Mudar posição da caixa de junção das balanças, aplicar verniz de proteção nas placas de circuito impresso;
- Substituição de rolamentos e correias das esteiras de transferências;
- Substituição de mancais e eixos do sistema regussetter - seladora de sacos;
- Substituição de sensores e cabos da Enchedora;
- Substituição do sêlo de vedação do filler 3;

November 25 to 26:

- Replace frequency inverters;
- Install new software;

FONTE: Gama S.A, 2006