

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Rodrigo dos Santos

**LEAN SEIS SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES
DE LOGÍSTICA REVERSA EM UMA INDÚSTRIA DE
REFRIGERANTES**

Taubaté – SP

2015

Rodrigo dos Santos

**LEAN SEIS SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES
DE LOGÍSTICA REVERSA EM UMA INDÚSTRIA DE
REFRIGERANTES**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Mestrado
Profissionalizante de Engenharia Mecânica
do Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção Mecânica
Orientador: Profa. Dra. Miroslava Hamzagic

Taubaté – SP

2015

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SIBI – SISTEMA INTEGRADO
DE BIBLIOTECAS – UNITAU - BIBLIOTECA DE ENGENHARIA MECÂNICA**

S2371 Santos, Rodrigo dos
Lean seis sigma para otimização das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes. / Rodrigo dos Santos - 2015.

103f. : il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica na área de Produção Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2015
Orientador: Prof. Dra. Miroslava Hamzagic,
Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Logística reversa. 2. Lean. 3. Seis sigma. 4. Lean seis sigma. I. Título.

Rodrigo dos Santos

**LEAN SEIS SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES
DE LOGÍSTICA REVERSA EM UMA INDÚSTRIA DE
REFRIGERANTES**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Mestrado
Profissionalizante de Engenharia Mecânica
do Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: 11/06/2015

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Miroslava Hamzagic

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Cesar Augusto Botura

DCTA – Departamento de Ciência e
Tecnologia Aeroespacial

Assinatura _____

*Senhor meu Deus, dedico este trabalho a Ti.
Obrigado por tudo. Tu és a Força da minha
vida e o meu maior Tesouro. Tudo que tenho e
sou eu devo só a Ti, Senhor.*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Miroslava Hamzagic pela impecável orientação, confiança e incentivo atribuído ao desenvolvimento desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Antônio Faria Neto pelo incentivo e atenção dispensada durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves pela colaboração e incentivo sempre presente.

Aos Meus pais, Jorge Ponciano e Isabel Cristina, por todo ensinamento, apoio e principalmente amor e dedicação.

Ao Meu Amor, Rosi por todo apoio e inspiração em todos os momentos. Te Amo, Meu Amor.

Ao Pastor Fábio Martins e todos amados irmãos do Ministério Batista Graça do São Luiz, pelo apoio e incentivo sempre presente.

À amiga Aline Amorim pelo apoio e compartilhamento de idéias.

Aos colegas da Turma 33, que estiveram comigo nesta caminhada.

Aos Colegas do Curso de Green Belt, Michael, Isana, Livia e Ivair pela atenção e colaboração.

À Universidade de Taubaté e Professores, que forneceram todos os recursos e conhecimentos necessários para a minha formação e para realização deste trabalho.

À empresa que colaborou fornecendo dados e informações.

A todos os professores e amigos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Quem nos separará do amor de Cristo? A tribulação, ou a angústia, ou a perseguição, ou a fome, ou a nudez, ou o perigo, ou a espada? Como está escrito: Por amor de ti somos entregues à morte todo o dia; Somos reputados como ovelhas para o matadouro. Mas em todas estas coisas somos mais do que vencedores, por Aquele que nos amou. Porque estou certo de que, nem a morte, nem a vida, nem os anjos, nem os principados, nem as potestades, nem o presente, nem o porvir, nem a altura, nem a profundidade, nem alguma outra criatura nos poderá separar do amor de Deus, que está em Cristo Jesus nosso Senhor.

Só Vitória...

(Romanos 8:35-39)

SANTOS, R. **Lean Seis Sigma para Otimização das Atividades de Logística Reversa em uma Indústria de Refrigerantes**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2015.

RESUMO

A preocupação da sociedade com o impacto ambiental principalmente dos resíduos de pós-consumo vem aumentando a cada dia. A degradação que o meio ambiente sofre com o despejo destes resíduos e a ausência de sustentabilidade que o atual modelo econômico prevê, são fatores que influenciam a busca por alternativas que solucionem ou minimizem esses efeitos. O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação do *Lean Seis Sigma* nas atividades de Logística Reversa de embalagens em uma indústria de refrigerantes. A Logística Reversa tornou-se importante nas organizações, pois trata do fluxo reverso de recursos entre os integrantes da cadeia produtiva tradicional. Pode auxiliar nos pontos mais explorados pelas organizações: maximizar o lucro ao mesmo tempo minimizando custos. A Filosofia *Lean* e a Metodologia Seis Sigma são duas importantes e inovadoras tendências no mundo dos negócios e a aplicação conjunta das duas metodologias pode trazer benefícios significativos para organizações. Os métodos de pesquisa foram a Pesquisa Bibliográfica, a Pesquisa Documental e o Estudo de Caso. Aplicou-se a Filosofia *Lean* no processo para reduzir os desperdícios e aplicou-se também as práticas Seis Sigma para reduzir a variabilidade. Após a realização do diagnóstico dos desperdícios e da variabilidade, foram aplicadas as soluções propostas no plano de melhorias e os ganhos obtidos foram a redução do custo operacional e diminuição do *lead time* do processo. A conclusão foi que o *Lean Seis Sigma* proporcionou melhoria do processo e ganhos financeiros significativos para organização.

Palavras-chave: Logística Reversa. *Lean Seis Sigma*. Indústria de Refrigerantes.

ABSTRACT

The concern of society about the environmental impact mainly post-consumer waste is increasing every day. The degradation that the environment suffers from the dump this waste and the lack of sustainability that the current economic model predicts, are factors that influence the search for alternatives to solve or minimize these effects. The objective of this paper is to present the application of Lean Six Sigma in packaging reverse logistics activities in a soft drink industry. The Reverse Logistics has become important in organizations because it deals with the reverse flow of resources among members of the traditional supply chain. Can help the most points explored by organizations: maximize profit while minimizing costs. The Lean Philosophy and Methodology Six Sigma are two important and innovative trends in business and the joint application of the two methodologies can bring significant benefits to organizations. The research methods were Bibliographic Search, Documentary Research and Case Study. Applied to Lean Philosophy in the process to reduce waste and also applied up to the practical Six Sigma reduce variability. After the diagnosis of waste and variability, we applied the solutions proposed in the improvement plan and the gains were the reduction of operating costs and reduced lead time of the process. The conclusion was that Lean Six Sigma process improvement and provided significant financial gains for the organization.

Keywords: Reverse Logistics. Lean Six Sigma. Soft Drink Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Responsabilidades dos participantes da Logística Reversa.....	23
Figura 2 –	Logística Tradicional.....	25
Figura 3 –	Gestão Cadeia Suprimentos.....	28
Figura 4 –	Logística Reversa.....	29
Figura 5 –	Logística Reversa – Logística Ambiental – Sustentabilidade.....	32
Figura 6 –	Fluxo de Reinserção de Resíduos nos Sistemas Produtivos.....	32
Figura 7 –	Ciclo Pós-Venda e Pós-Consumo.....	33
Figura 8 –	Fluxo Valor Estado Atual.....	40
Figura 9 –	Resultados da Implementação da Metodologia Seis Sigma.....	49
Figura 10 –	<i>DMAIC</i>	51
Figura 11 –	Estrutura da Pesquisa.....	65
Figura 12 –	Processo de Produção de Refrigerante.....	67
Figura 13 –	Fluxograma do Processo de Logística Reversa.....	70
Figura 14 –	Mapeamento do Fluxo do Valor (<i>VSM</i>) Atual.....	72
Figura 15 –	Planejamento do Evento <i>Kaizen</i>	74
Figura 16 –	Cronograma do Projeto.....	81
Figura 17 –	Diagrama de Causa e Efeito.....	82
Figura 18 –	Nível Sigma do Projeto.....	85
Figura 19 –	Diagrama de Pareto.....	87
Figura 20 –	Nível Sigma do Projeto após Melhorias.....	94
Figura 21 –	Novo Fluxograma do Processo de Logística Reversa.....	97
Figura 22 –	Mapeamento do Fluxo do Valor (<i>VSM</i>) Futuro.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Atividades Logísticas Principais.....	26
Quadro 2 –	Atividades Logísticas Secundárias.....	26
Quadro 3 –	Operações da Logística Reversa.....	34
Quadro 4 –	Métricas <i>Lean</i>	41
Quadro 5 –	Tipos de <i>Kanban</i>	42
Quadro 6 –	Significado dos 5s.....	43
Quadro 7 –	Setes Desperdícios na área Administrativa.....	46
Quadro 8 –	Fórmula do <i>DPMO</i>	53
Quadro 9 –	Características complementares da Metodologia Seis Sigma e a Filosofia <i>Lean Manufacturing</i>	56
Quadro 10 –	Roadmap Implementação do Programa Lean Seis Sigma.....	57
Quadro 11 –	Agenda ‘Evento <i>Kaizen</i> ’.....	75
Quadro 12 –	Plano de Ação.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Desperdícios Encontrados.....	76
Tabela 2 –	Propostas de Melhoria.....	78
Tabela 3 –	Termo de Abertura do Projeto.....	80
Tabela 4 –	VOC – CTQ.....	82
Tabela 5 –	Matriz de Causa e Efeito.....	83
Tabela 6 –	Teste R&R.....	84
Tabela 7 –	MAS (Definição Operacional).....	85
Tabela 8 –	Critérios de Melhorias.....	88
Tabela 9 –	Matriz de Retornos.....	88
Tabela 10 –	<i>Brainstorming</i>	89
Tabela 11 –	Carta de Controle.....	90
Tabela 12 –	Resultados de Produtividade.....	92
Tabela 13 –	Resultados Financeiros.....	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Variabilidade do Processo.....	48
Gráfico 2 –	Classificação dos Desperdícios.....	77
Gráfico 3 –	Classificação dos Desperdícios após as melhorias.....	93

LISTA DE SIGLAS E ABRVEVIATURAS

PEV	-	Posto de Entrega Voluntária
OEM	-	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
TPM	-	<i>Total Productive Maintenance</i>
T/C	-	Tempo de Ciclo
L/T	-	<i>Lead Time</i>
TAV	-	Tempo de Agregação de Valor
TNAV	-	Tempo de não Agregação de Valor
PCE	-	Eficiência do Ciclo do Processo
SMED	-	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
DMAIC	-	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i>
DMADV	-	<i>Define, Measure, Analyze, Desing e Verify</i>
PDCA	-	<i>Plan, Do, Check e Act</i>
CPQ	-	Características Críticas para a Qualidade
MSA	-	<i>Measurement Systems Analysis</i>
QFD	-	<i>Quality Function Deployment</i>
5S	-	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
DPMO	-	Defeitos por Milhão de Oportunidades
FMEA	-	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
VSM	-	<i>Value Stream Mapping</i>
PACE	-	Crítérios Quantitativos e Qualitativos
CD	-	Centro de Distriuição
CTQ	-	Críticos da Qualidade
VOC	-	Voz do Cliente
R&R	-	Repetibilidade e Reprodutibilidade
DOE	-	Delineamento de Experimentos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Formulação do Problema.....	18
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo geral.....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Justificativa.....	19
1.4. Delimitação do assunto.....	20
1.5. Estrutura do trabalho.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 Logística Reversa e a Questão Ambiental.....	21
2.1.1 Gestão Ambiental.....	21
2.1.2 Gestão dos Resíduos Sólidos.....	21
2.1.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	22
2.2 Surgimento da Logística Reversa.....	23
2.2.1 Logística Tradicional.....	24
2.2.3 Logística Reversa na Atualidade.....	28
2.3 Filosofia <i>Lean</i>	35
2.3.1 História.....	35
2.3.2 Os Sete Desperdícios.....	35
2.3.3 Os Quatorze Princípios da Filosofia <i>Lean</i>	36
2.3.4 Mentalidade Enxuta.....	37
2.3.5 Ferramentas do <i>Lean Thinking</i>	39
2.3.5.1 Mapeamento do Fluxo do Valor.....	39
2.3.5.2 Métricas <i>Lean</i>	41
2.3.5.3 <i>Kaizen</i>	41
2.3.5.4 <i>Kanban</i>	42
2.3.5.5 Padronização.....	43
2.3.5.6 5S (Sensos).....	43
2.3.5.7 Redução de <i>Setup</i>	44
2.3.5.8 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	44
2.3.5.9 Gestão Visual.....	45
2.3.5.10 <i>Poka – Yoke</i>	45

2.3.6	<i>Lean</i> além das Fábricas.....	46
2.4	Seis Sigma.....	47
2.4.1	História.....	47
2.4.2	Variabilidade do Processo.....	48
2.4.3	Resultados Esperados com a Aplicação do Seis Sigma.....	49
2.4.4	Método para Melhoria de Processo – <i>DMAIC</i>	50
2.5	<i>Lean Seis Sigma</i>	56
2.5.1	A Importância da Integração.....	56
2.5.2	Visão do <i>Lean Seis Sigma</i>	57
2.5.3	Ferramentas da Qualidade e o Programa <i>Lean Seis Sigma</i>	58
3.	METODOLOGIA	61
3.1	Descrição da pesquisa.....	61
3.2	Métodos de Pesquisa.....	63
3.3	Métodos Utilizados na Pesquisa.....	64
4.	DESENVOLVIMENTO	66
4.1	Apresentação da Empresa.....	66
4.2	Definição do Processo de Produção.....	66
4.3	Definição do Processo de Logística Reversa.....	69
4.4	Mapeamento do Fluxo do Valor (ou <i>Value Stream Mapping – VSM</i>) Atual.....	71
4.5	Evento <i>Kaizen</i>	73
4.6	Projeto Seis Sigma: Otimização das Atividades de Logística Reversa.....	80
5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	91
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
7.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	100
	REFERÊNCIAS	101

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a crescente evolução no debate sobre o meio ambiente e dado o agravamento dos problemas ambientais, a conscientização sobre a sustentabilidade tem atingido um âmbito cada vez mais abrangente. As indústrias, em muitos casos, têm buscado se adaptar as leis ambientais e metas internacionais de redução de poluição e tentam combinar eficiência produtiva e qualidade do produto com o meio ambiente. Isto tem sido percebido como um potencial de vantagem competitiva estratégica (Corrêa, 2013).

Para Leite (2009), a partir do século XX, ocorreu o maior avanço tecnológico da história da humanidade e conseqüentemente as maiores agressões ao meio ambiente. A população tem muitos anseios e demanda por produtos e cada produto tem um tipo de embalagem (vidro, papel, plástico, etc), o resultado do consumo, geração de resíduos e impactos ambientais. A degradação que o meio-ambiente sofre com o despejo dos resíduos de pós-consumo e a falta de sustentabilidade que o atual modelo econômico prevê, são fatores que influenciam a busca por alternativas que solucionem ou minimizem esses efeitos. A logística reversa torna-se necessária nas organizações, pois ela trata do fluxo reverso da logística tradicional.

Logística reversa planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo. Os processos de logística reversa são um conjunto de atividades realizadas pelas organizações para coletar, separar, embalar e expedir itens usados, danificados ou obsoletos, com o objetivo de transferí-los dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, de revenda ou de descarte (Leite, 2009).

A preocupação da sociedade com o impacto ambiental dos resíduos de pós-consumo vem aumentando a cada dia. Neste contexto de economias globalizadas, onde a competitividade pode ser vista como a capacidade de atender simultaneamente os requisitos de mercado/clientes e os requisitos internos da empresa, ou seja, seus objetivos estratégicos, torna-se necessário otimização das atividades de logística reversa (Corrêa 2013).

Para otimização das atividades logística reversa, deve-se focar primeiramente na eliminação dos desperdícios, de eliminar o que não agrega valor para o cliente. Para Werkema (2012), a Filosofia *Lean* é uma iniciativa com objetivo de eliminar

desperdícios, que teve origem nas fábricas da Toyota na década de 50, cuja finalidade era produzir cada vez mais com cada vez menos (mentalidade enxuta).

Outro foco que deve se salientar na otimização das atividades de logística reversa, concentra-se na diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos e falhas, visando reduzir a variabilidade. Para Rotondaro (2008), o Seis Sigma é uma metodologia estruturada que alcança a qualidade por meio da melhoria e aprimoramento dos processos, produtos e serviços.

A Filosofia *Lean* é focada principalmente na redução dos desperdícios e o aumento da velocidade dos processos e atividades. Já o Seis Sigma foca na redução da variabilidade e, conseqüente, dos defeitos. Para Werkema (2012), a integração resultante é denominada *Lean Seis Sigma*, um programa mais abrangente, poderoso e eficaz para a solução de problemas e melhoria de processos e atividades.

1.1. Formulação do Problema

A utilização da Filosofia *Lean* e da Metodologia Seis Sigma nas organizações pode trazer redução dos desperdícios e diminuição da variabilidade dos processos. Segundo George (2002), o *Lean Seis Sigma* aumenta a qualidade, reduz tempo de ciclo e agrega valor para todas as áreas das organizações. Com base nesta afirmação, formula-se a pergunta da pesquisa:

‘Como aperfeiçoar o processo de Logística Reversa, tornando – o sustentável e econômico para as organizações a partir do uso do *Lean Seis Sigma*?’

A busca da resposta a essa questão é o fator motivador para desenvolver o estudo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar a Filosofia *Lean* e a Metodologia Seis Sigma aplicada na otimização das atividades da logística reversa de uma engarrafadora de refrigerantes, objetivando alcançar redução dos custos operacionais e aumento da qualidade dos serviços.

1.2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Apresentar uma revisão dos conceitos de Logística Reversa, Filosofia *Lean*, Metodologia Seis Sigma e Programa *Lean* Seis Sigma;
- Apresentar as atividades de Logística Reversa em uma indústria de refrigerantes;
- Apresentar um modelo baseado no programa *Lean* Seis Sigma para otimização das atividades de Logística Reversa em uma indústria de refrigerantes.

1.3. Justificativa

Nas operações de Logística Reversa os problemas mais comuns ocorrem no pós-consumo, pós-venda e pós-industrialização (Corrêa, 2013). A aplicação do Programa *Lean* Seis Sigma na Logística Reversa poderá trazer equilíbrio ao processo, maximizando os recursos, reduzindo a variabilidade e eliminando os desperdícios.

Outros fatores que tornam este trabalho relevante são: desenvolver um novo processo enxuto na Logística Reversa aplicável em engarrafadoras de refrigerantes, gera muitas oportunidades para crescimento profissional e a questão fundamental

de obter-se o negócio sustentável. Tudo isto tem se tornado uma grande preocupação, ou seja, gerar valor para as organizações e ao mesmo tempo ser sustentável.

1.4. Delimitação do assunto

Os resultados que serão descritos neste trabalho serão obtidos por meio de análise dos dados colhidos na empresa estudada. A empresa pertence ao segmento de engarrafadora de refrigerantes. Portanto, os resultados obtidos neste estudo são limitados à empresa com o mesmo perfil e pertencente a esta cadeia produtiva.

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos sendo que:

- O Capítulo 1 apresenta a introdução, o problema que motivou a pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, a delimitação do assunto e a estrutura do trabalho;
- O Capítulo 2 apresenta as bases teóricas para o estudo. Este capítulo tem por finalidade mostrar as contribuições científicas já existentes para a fundamentação do tema;
- O Capítulo 3 trata da metodologia e do pensamento lógico adotado na pesquisa, apresentando como foi realizada a coleta e a obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa na engarrafadora de refrigerantes;
- No Capítulo 4 é apresentado o desenvolvimento do trabalho;
- O Capítulo 5 apresenta os resultados alcançados;
- No Capítulo 6 as considerações finais, sugestão de trabalhos futuro e por fim, são apresentadas as Referências adotadas neste trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1– Logística Reversa e a Questão Ambiental

2.1.1– Gestão Ambiental

Gestão Ambiental consiste na administração do uso dos recursos ambientais, por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e potenciais institucionais e jurídicos, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade de recursos e desenvolvimento social (Corrêa, 2013).

A combinação de negócios com aspectos ambientais em âmbito internacional começou depois da Conferência das Nações Unidas de 1972 (Conferência de Estocolmo), quando uma comissão independente foi criada: a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Esta comissão encarregou-se da tarefa de, no contexto do desenvolvimento, reavaliar ações para o meio ambiente, e como resultado, publicou o relatório ‘Nosso Futuro em Comum’, em 1987. Esse relatório introduziu o termo ‘desenvolvimento sustentável’ e incitou as indústrias a desenvolverem sistemas de gestão ambiental eficiente (Corrêa, 2013).

Para Corrêa (2013), o ‘Desenvolvimento Sustentável’ é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades. Para uma gestão ambiental mais sustentável e responsável, a gestão de resíduos sólidos surgiu como caminho para diminuição dos danos para o meio ambiente (Corrêa, 2013).

2.1.2– Gestão dos Resíduos Sólidos

Para Corrêa (2013), os resíduos sólidos são gerados pela sociedade, desde os primórdios. O problema é o não tratamento dos resíduos sólidos, pois isto pode trazer danos para o meio ambiente.

Segundo Corrêa (2013), resíduos são materiais que, depois de utilizados, se não tiverem destinação adequada, colocam em risco o meio ambiente. Corrêa (2013) salienta que os resíduos sólidos estão vinculados a tudo aquilo que resulta das atividades do ser humano na sociedade e que aparentemente, não possui utilidade.

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010) afirma que há uma tendência de aumento da geração de resíduos sólidos, diariamente, em todos os municípios brasileiros. Desta forma trata-se de uma quantidade expressiva de resíduos, para os quais deve-se dar um destino final adequado, sem prejuízos para população e para o meio ambiente.

2.1.3– Política Nacional de Resíduos Sólidos

No Brasil, muitas são as legislações que integram a área ambiental e de resíduos. Desta forma, foi criada a Lei 12.305 de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, integrando todas as legislações e normas, com o intuito de atuar na gestão integrada, no gerenciamento dos resíduos sólidos, responsabilizando as empresas geradoras dos resíduos e o poder público (Corrêa, 2013).

O objetivo fundamental estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, é a obrigatoriedade da sua implementação, sendo que devem ser priorizadas a não geração de resíduos, redução, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Desta forma os resíduos deverão ser reaproveitados e reciclados (Corrêa, 2013).

São necessárias a adoção desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais, a redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos e o incentivo à indústria de reciclagem (Corrêa, 2013).

Para que os objetivos sejam alcançados, é necessário que as diferentes esferas do poder público, assim como o setor empresarial, esforcem-se na cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos e a capacitação técnica continuada nesta área. A Política Nacional de Resíduos Sólidos esclarece que a logística reversa deve ser estendida a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados. Desta forma, para implantação da lei, é necessária a prática das atividades da logística reversa (Corrêa, 2013).

2.1.3.1 – Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos

Para Corrêa (2013), a destinação de resíduos sólidos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, pode incluir alternativas: com reaproveitamento ou

sem reaproveitamento dos resíduos. Na Figura 1 apresentam-se as responsabilidades dos participantes da logística reversa, segundo o art. 33 da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

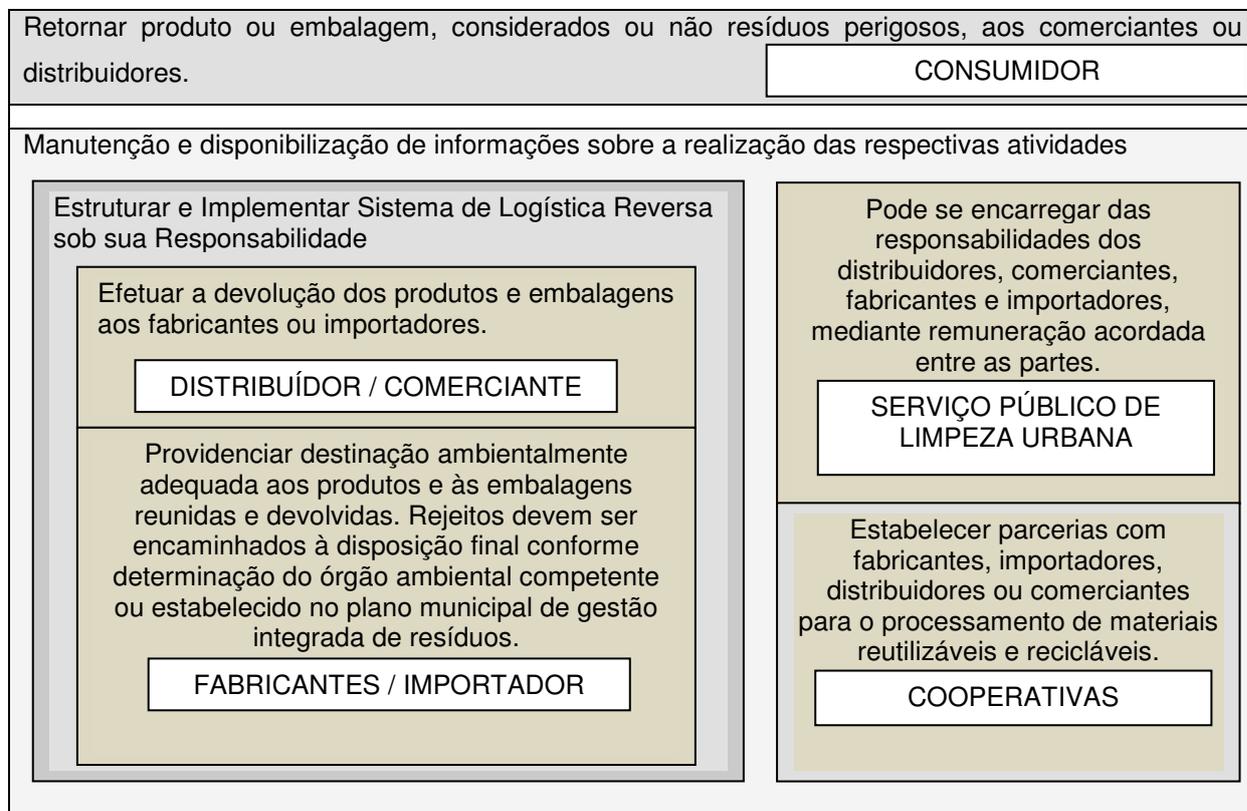


Figura 1 – Responsabilidades dos Participantes da Logística Reversa

Fonte: Corrêa (2013)

2.2 – Surgimento da Logística Reversa

A Logística Reversa surgiu a partir da década de 70 da necessidade do desenvolvimento de estratégias para o gerenciamento do fluxo reverso. Os fluxos reversos fluem no sentido contrário dos fluxos diretos da logística tradicional (Corrêa, 2013).

Segundo Corrêa (2013), a logística reversa gerencia os produtos pós-consumo, que poderão ser reutilizados ou reciclados ou reincorporados na cadeia produtiva.

Para Leite (2009), a logística reversa pode ser classificada como sendo a logística tradicional como a conhecemos, porém num sentido contrário. O planejamento reverso realiza os mesmos processos da logística tradicional, ambas com o foco no nível de serviço, sempre avaliando seus custos e sua eficiência.

2.2.1 – Logística Tradicional

Segundo Ballou (2006), em épocas antigas da história da humanidade, os locais de produção de alimentos e outras *commodities* eram acessíveis apenas em determinado período ao longo do ano e em geral estavam localizados em regiões distantes das regiões mais povoadas. Neste período da humanidade, não existiam sistemas desenvolvidos de transporte ou armazenamento adequado, cada pessoa transportava o que podia carregar ou alguns produtos perecíveis duravam muito pouco tempo nos armazéns.

A logística é o processo de planejar, implementar e controlar eficientemente, a um custo correto, o fluxo e armazenagem de matérias-primas durante a produção de produtos. Além de gerenciar corretamente as informações relativas a estas atividades, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos do cliente (Ballou, 2006).

Para Corrêa (2013), a logística pode ser definida como a parte da gestão da rede de suprimentos que planeja, implementa e controla os fluxos diretos e reversos, estoque de produtos, serviços e as informações, do ponto de origem e o ponto de consumo, para atendimento das necessidades dos clientes.

Farahani, Asgari, e Davarzani (2009 apud Taylor, 1993) apresentaram algumas características da logística: gestão da movimentação e armazenagem de materiais, gestão dos fluxos de informação que sustentam o fluxo de materiais, gestão da cadeia de suprimentos desde as matérias-primas até o consumo dos produtos acabados, planejamento e organização do fluxo de materiais ao longo da cadeia de suprimentos e atendimento dos padrões de qualidade de atendimento ao cliente de forma rentável.

Para Rushton, Croucher e Baker (2010), a logística tem evoluído por meio de vários estágios de desenvolvimento ao longo dos anos e desempenha um papel importante no sucesso das organizações, proporcionando uma vantagem competitiva, por fazer-se diferenciar de seus concorrentes aos olhos do cliente, e, pela sua capacidade de operar a baixo custo com uma lucratividade maior. A Figura 2 ilustra o conceito da logística tradicional.

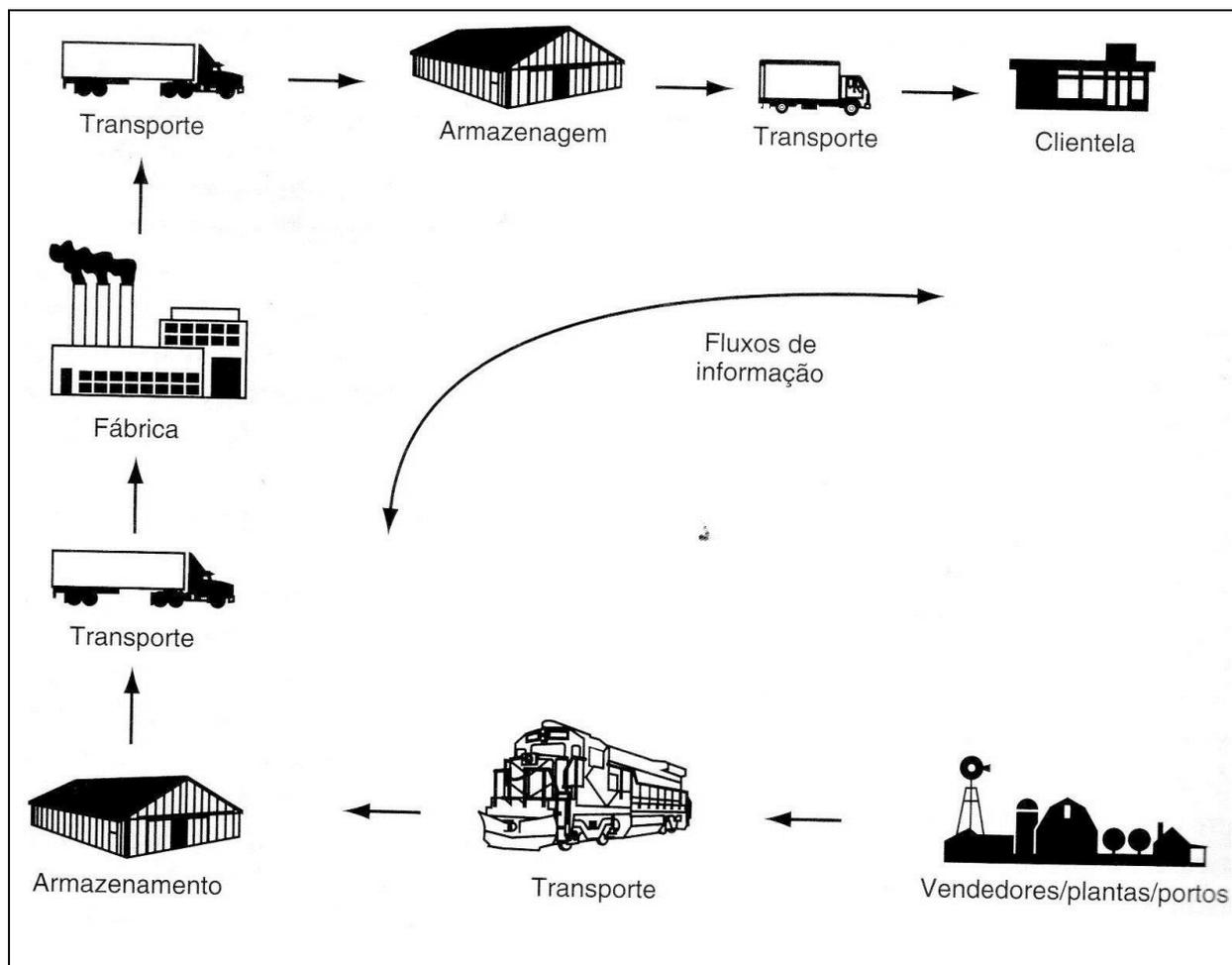


Figura 2 – Logística Tradicional

Fonte: Ballou (2006)

2.2.1.1 - Atividades Logísticas

Segundo Ballou (2006 *apud* Carvalho, 2002) as atividades logísticas são divididas em dois grupos: atividades principais (transporte, manutenção de estoque e processamento de pedidos) e atividades secundárias (armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos e manutenção das informações).

2.2.1.2 - Atividades Logísticas Principais

Para Ballou (2006), as atividades principais contribuem com a maior parcela do custo total da logística. Desta forma se torna essencial para o desenvolvimento da logística das organizações. O Quadro 1 apresenta as atividades logísticas principais.

Atividades	Descrição
Transporte	Atividade responsável pela movimentação dos produtos e matérias primas, os modais mais utilizados para transporte são: rodoviário, ferroviário, aeroviário, marítimo e dutoviário. A Gestão da atividade de transporte geralmente envolve decidir-se quanto ao método de transporte, aos roteiros e à utilização da capacidade dos veículos.
Manutenção de Estoque	Atividade responsável pelo estoque de materias primas, produtos semi-acabados e acabados. A Gestão da Atividade de manutenção de estoque define se o estoque deve ser posicionado próximo aos consumidores ou aos pontos de produção.
Processamento de Pedidos	Atividade responsável pela inicialização da movimentação de produtos e a entrega de serviços.

Quadro 1 – Atividades Logísticas Principais

Fonte: Ballou (2006)

2.2.1.3 - Atividades Logísticas Secundárias

Para Ballou (2006), as atividades secundárias apoiam as atividades logísticas principais. O Quadro 2 apresenta as atividades logísticas secundárias.

Atividades	Descrição
Armazenagem	Gestão do espaço necessário para manter estoques. Envolve problemas como localização, dimensionamento de área, arranjo físico, recuperação do estoque, projeto de docas ou baias de atracação e configuração do armazém.
Manuseio de materiais	Associada com a armazenagem e também apoia a manutenção de estoques. É uma atividade gestão da movimentação do produto no local de estocagem– por exemplo, a transferência de mercadorias do ponto de recebimento no depósito até o local de armazenagem e deste até o ponto de despacho. São problemas importantes: seleção do equipamento de movimentação, procedimentos para formação de pedidos e balanceamento da carga de trabalho.
Embalagem de Proteção	Responsável por movimentar bens sem danificá-los além do economicamente razoável. A embalagem do produto auxilia a garantir movimentação sem quebras. Além disso, dimensões adequadas de empacotamento encorajam manuseio e armazenagem eficientes.
Obtenção	Responsável pela seleção das fontes de suprimento, das quantidades a serem adquiridas, da programação das compras e da forma pela qual o produto é comprado (fluxo de entrada) no processo produtivo.
Programação de Produtos	Responsável pela distribuição (fluxo de saída). Refere-se primariamente às quantidades agregadas que devem ser produzidas e quando e onde devem ser fabricadas.
Manutenção da Informação	Gestão das informações de custo e desempenho. Tais informações são essenciais para correto planejamento e controle logístico. Manter uma base de dados com informações importantes apoia a administração eficiente e efetiva das atividades primárias e de apoio.

Quadro 2 – Atividades Logísticas Secundárias

Fonte: Ballou (2006)

2.2.2 - Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*)

Para Corrêa (2013), a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*) é a gestão integrada dos principais processos de negócios que fazem parte da gestão das instalações e os fluxos físicos, financeiros e das informações, dos fornecedores de matérias primas até o produto final.

Segundo Farahani, Asgari, e Davarzani (2009), o termo Gestão da Cadeia de Suprimentos foi desenvolvido por dois consultores Oliver e Webber, no ano de 1982 e começou a ser utilizado a partir da década de 1990. A missão da Gestão da Cadeia de Suprimentos é tornar-se estratégia para alta administração das organizações para assegurar o atendimento do consumidor final, com qualidade e menor custo.

Ballou (2006, p.27) afirma que:

“Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*) é um termo surgido mais recentemente e que capta a essência da logística integrada e inclusive a ultrapassa. O gerenciamento da cadeia de suprimentos destaca as interações logísticas que ocorrem entre a função de marketing, logísticas e produção no âmbito de uma empresa, e dessas mesmas interações entre as empresas legalmente separadas no âmbito do canal de fluxo de produtos”.

Para Rushton, Croucher e Baker (2010), a definição de uma gestão estratégica para a cadeia de suprimentos, passa pela criação de uma configuração para a cadeia de fornecimento exclusivo que permitirá alcançar os objetivos estratégicos da organização. Para isto, é necessário focar em cinco pontos críticos que são:

- Estratégia de Operações – definir sua estratégia de produção;
- Estratégia de Terceirização – definir e validar redes de fornecedores;
- Estratégia de Canal – definir os canais de comercialização dos produtos;
- Estratégia de serviço ao cliente – identificação das necessidades dos clientes;
- Rede de Ativos – definir localização dos centros de distribuição e gestão de estoques.

Segundo Ballou (2006), para um planejamento eficaz na Gestão da Cadeia de Suprimentos, é necessária uma visão dos objetivos da organização bem abrangente, tendo como foco o atendimento do cliente. A Figura 3 exemplifica o planejamento eficaz da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

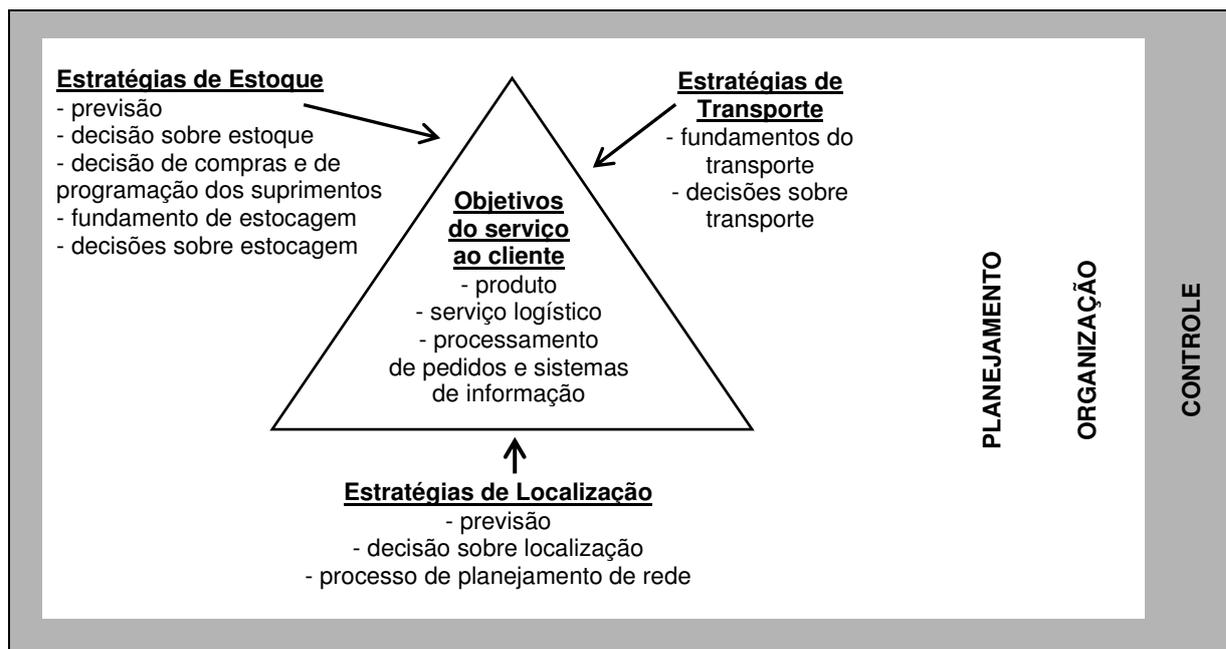


Figura 3 – Gestão Cadeia Suprimentos

Fonte: Ballou (2006)

As funções administrativas – planejamento, organização e controle que poderão garantir a melhor eficiência da gestão da cadeia de suprimentos. O planejamento poderá definir as estratégias de estoque, as estratégias de transporte e as estratégias de localização dentro da gestão da cadeia de suprimentos, organização, poderá definir a ordenação dos recursos materiais e humanos para execução do plano estratégico e o controle poderá avaliar a eficiência da Gestão da Cadeia de Suprimentos. (Ballou, 2006).

Para Corrêa (2013), a Gestão da Cadeia de Suprimentos nos dias de hoje tem uma nova abrangência, que seria a Gestão Ambiental da Cadeia de Suprimentos (*Green Supply Chain Management*). Possui como objetivo a redução do impacto ambiental em toda cadeia de suprimentos e a inclusão de novas atividades como ações sustentáveis.

2.2.3 – Logística Reversa na Atualidade

Para Leite (2009), a logística reversa então, aparece como o processo que auxilia no planejamento e no controle do fluxo em um sentido inverso, do consumidor à indústria visando inserir novamente no mercado ou descartar adequadamente o produto retornado.

A preocupação com a ecologia e o meio ambiente cresceu junto com a população e a industrialização o que proporcionou novas oportunidades para a área da logística, como a logística reversa (Ballou, 2006).

O conceito da logística reversa baseia-se no triple bottom line, ou seja, no tripé da sustentabilidade, corresponde aos resultados de uma organização medidos em termos sociais, ambientais e econômicos (Corrêa, 2013).

Para Corrêa (2013), por meio da logística reversa, que as empresas ganham a possibilidade de unir o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, adotando práticas de respeito à comunidade em que se insere. Conseqüentemente, percebem-se ganhos econômicos, benefícios que garantam a preservação ambiental e a sustentabilidade social. A Figura 4 exemplifica o conceito da logística reversa.

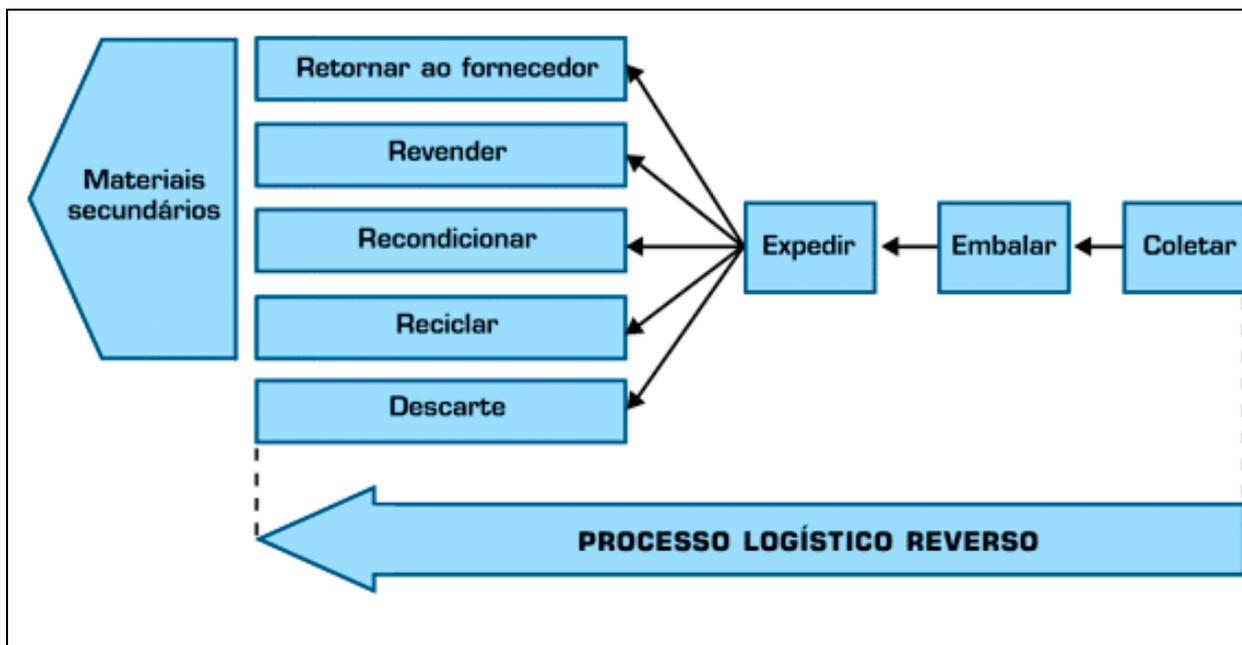


Figura 4 – Logística Reversa

Fonte: Rogers e Tibben-Lembke (1999)

Para Rogers e Tibben-Lembke (1999), o processo de logística reversa tem início com a coleta do produto após sua utilização, logo em seguida necessário embalar da forma correta, evitando possíveis danos e por fim, deverá expedir para (fornecedor, revender, recondicionar e reciclar), gerando materiais secundários e não sendo possível aproveitar, realiza-se o descarte correto.

Leite (2009, p.16) conceitua logística reversa como:

“Área da logística tradicional que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros”.

Corrêa (2013, p. 41) afirma que a logística reversa é:

“A logística reversa é um elemento essencial para que haja sinergia e não conflito entre as práticas de gestão ambiental e os esforços para otimização econômica da cadeia de suprimentos. Por exemplo, depende de uma boa gestão da logística reversa a viabilidade econômica do retorno de produtos e materiais pós-consumo com o objetivo de atender à legislação sobre gestão de resíduos ou ainda do retorno de produtos fora de conformidade ou entrega de forma indevida, com objetivo de satisfazer o cliente”.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) define a logística reversa como:

“Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

Para Mckinnon e Whitening (2010), a logística reversa incentiva a coleta de produtos no pós-consumo e coloca novamente o produto no ciclo produtivo, dando uma maior economia de matérias primas agregando valor econômico e ambiental.

Para Corrêa (2013), os aspectos que trazem relevância para a logística reversa nos dias atuais, são os seguintes:

- Exigências legais e normativas. A legislação brasileira tem criado a regulamentação para a gestão de resíduos;
- Os consumidores cada vez mais exigentes e conscientes;
- Aumento no retorno de produtos, com defeito ou por outros motivos, para atender os clientes, ocorrendo acordo entre fornecedores e clientes no fluxo reverso;
- Menor ciclo de vida de determinados produtos;
- Aumento de venda da internet, gerando aumento de retorno de produtos por troca, devolução ou desistência da compra pelo cliente;
- Necessidade de redução dos custos de produção, gerando a necessidade das empresas desenvolverem a remanufatura de partes e peças.
- Aumento significativo no uso de embalagens retornáveis para reuso.

2.2.3.1 – Sustentabilidade e Questão Ambiental na Logística Reversa

A Sustentabilidade é um tema de muita relevância nos dias atuais, com um grande potencial de fonte de vantagem competitiva estratégica para as organizações (Corrêa, 2013).

Para Farahani, Asgari e Davarzani (2009), a sustentabilidade tem muitas vantagens financeiras e operacionais, com a eliminação de resíduos, economia de recursos e produtividade melhorando aspectos do meio ambiente, práticas podem levar a vantagens competitivas para as organizações.

Segundo Corrêa (2013), o conceito de sustentabilidade nas organizações está alinhado ao tripé de sustentabilidade que são: os requisitos sociais, ambientais e econômicos das atividades produtivas como gerador de oportunidades de negócios, com responsabilidade ambiental.

Conforme Mckinnon e Whiting (2010), a sustentabilidade poderá desenvolver uma logística sustentável que no longo prazo vai desenvolver o potencial para diminuição dos custos ambientais da logística. À medida que reduz-se o impacto ambiental, as chamadas medidas 'verdes', pode-se transformar os custos ambientais em benefícios ambientais.

Para Corrêa (2013), a questão ambiental na logística evolui para o conceito de logística verde, que são atividades logísticas aplicadas à gestão ambiental.

Enquanto o foco da logística verde são as atividades logísticas, a logística reversa mescla necessidades ambientais e necessidades de sustentabilidade do negócio. Ambas atuam de forma complementar na proposta da sustentabilidade dos sistemas produtivos (Corrêa, 2013).

Corrêa (2013, p. 28) afirma que:

“... a logística ambiental ou logística verde é uma importante ferramenta que, aliando a gestão ambiental à gestão logística, representa um importante avanço na gestão de sistemas produtivos: a logística ambiental compreende atividades como o planejamento de embalagens para a redução do uso de materiais e energia e redução da geração de emissões pelo transporte. Entretanto, a logística reversa representa mais do que reuso de embalagens e reciclagem de materiais. Pode compreender operações, por exemplo, de remanufatura e acondicionamento e pode ser definida como o processo de movimentar produtos, a partir de seu descarte, com o objetivo de agregar valor a eles ou promover a sua destinação adequada”.

A Figura 5 apresenta a relação da Logística Reversa, Sustentabilidade e a Questão Ambiental.

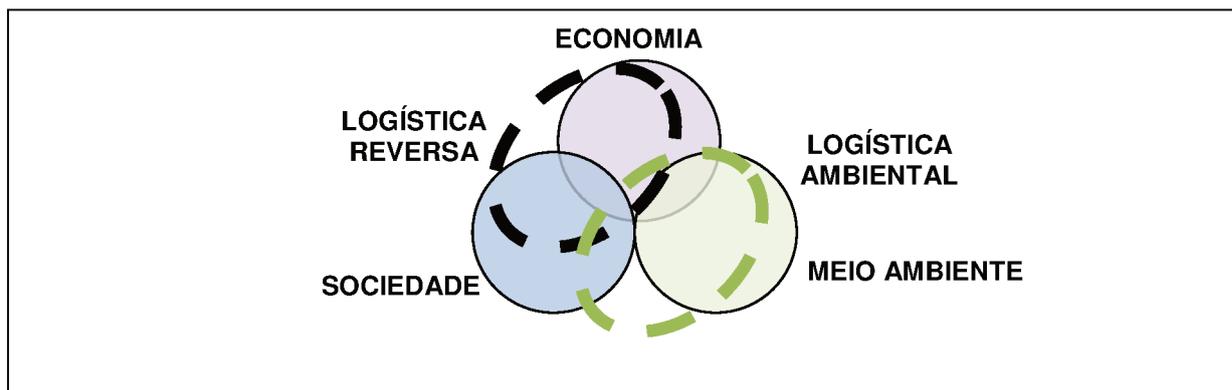


Figura 5 – Logística Reversa – Logística Ambiental – Sustentabilidade

Fonte: Corrêa (2013)

2.2.3.2 – Logística Reversa no Pós-Consumo

Para Corrêa (2013), os produtos pós-consumo, são aqueles que estão na fase final do seu ciclo de vida, e desta forma estão preparados para descarte ou a destinação e os produtos pós-venda e pós-industrialização que retorna após venda, antes do final do seu ciclo de vida, estas três categorias de produtos são as fontes de suprimentos para o sistema de logística reversa. A Figura 6 apresenta os fluxos dos produtos no sistema produtivo.

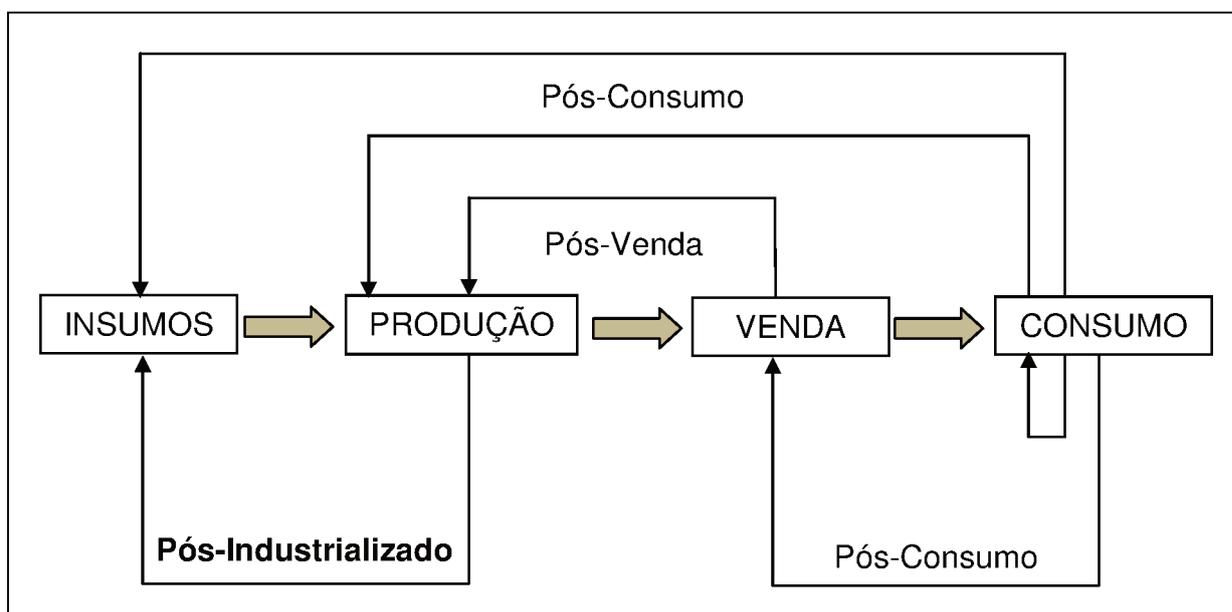


Figura 6 – Fluxo de reinserção de resíduos nos sistemas produtivos

Fonte: Corrêa (2013)

Segundo Corrêa (2013), as operações de retorno dos produtos pós-consumo, pós-industrializado e pós-consumo, trazem também o fluxo de informações correspondentes desde o ponto de consumo ao ponto de origem. Nessa gestão há

uma preocupação em considerar os aspectos econômicos, ecológicos, e a imagem corporativa na cadeia reversa.

Corrêa (2013, p. 67) afirma que:

“... a logística reversa pode identificar dois grandes grupos: o primeiro é dos produtos pós-venda, ou seja, aqueles que ainda foram utilizados por parte pouco relevante da sua vida útil ou que não foram submetidos a qualquer forma de consumo ou uso. Como esses produtos ainda não chegaram ao fim da fase de consumo, o retorno se dá de forma mais centralizada, muitas vezes, a partir do varejo e o segundo grupo é caracterizado por materiais pós-consumo, ou seja, aqueles que tiveram sua vida útil extinta e, por isso, possuem mais alto grau de deterioração dos materiais que os compõem. Assim, em função das características dos materiais, sua condição, localização e quantidade disponível, pode-se decidir a alternativa adequada para a destinação dos diferentes produtos, componentes e materiais. Esses produtos retornam a partir dos consumidores, portanto, de forma muito pulverizada”.

Para Leite (2009), a logística reversa atua em duas grandes áreas que são: Logística Reversa pós-venda e pós-consumo. A Figura 7 apresenta as áreas de atuação da Logística Reversa.

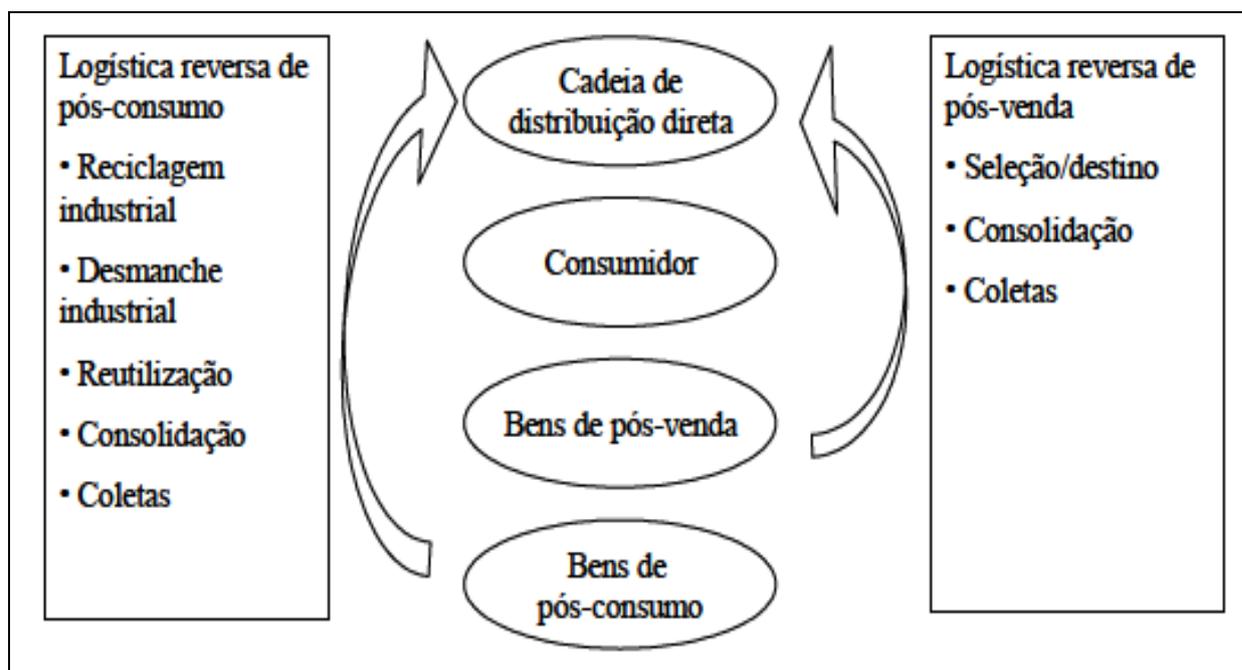


Figura 7 – Ciclos Pós – Venda e Pós – Consumo

Fonte: Leite (2009)

Segundo Leite (2009), a logística reversa de pós-consumo é área de atuação da logística reversa que operacionaliza o fluxo e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade que retornam ao ciclo produtivo através de canais reversos.

Para Leite (2009), a logística pós-consumo realiza a operação do fluxo dos materiais e das informações dos bens de pós-consumo descartados pela população, que retornam ao ciclo produtivo pelos canais reversos.

2.2.3.3 – Operações da Logística Reversa

Para Corrêa (2013), as operações, os processos operacionais e as técnicas para gerenciamento dos fluxos reversos ainda não estão totalmente definidos, como da logística tradicional. O Quadro 3 apresenta as operações da logística reversa.

Operações	Descrição
Planejamento	
Planejamento do Processo	Definição do escopo do processo com a definição dos produtos e materiais pós-consumo a serem processados.
Planejamento da Cadeia	Diferentemente de muitos casos de logística tradicional, na logística reversa os clientes e fornecedores ainda não se encontram estabelecidos ou atuando de forma colaborativa.
Projeto da Logística Reversa	Esta etapa requer as seguintes atividades: Identificação ou estimativa da frequência de descarte e volumes gerados por tipo de produto; definição das rotas e modais de transporte para executar a recolha do produto ou material pós – consumo; definição de etapas de pré-processamento com triagem ou desmontagem; definição dos procedimentos de destinação.
Coleta e Separação	
Coleta	O procedimento de coleta pressupõe inicialmente a identificação das fontes geradoras, dos tipos de materiais e volumes gerados. Dependendo da cadeia produtiva, a coleta se realiza a partir de postos de entrega voluntária (PVE).
Triagem	Seleção mecânica ou manual de matérias, componentes e produtos, identificando se estão aptos ao reuso ou revenda imediata, se devem ser submetidos a testes que avaliem sua condição ou ainda se devem ser diretamente destinados.
Teste	Componentes e produtos podem ser submetidos ao reuso ou revenda após serem reconicionados. Para tanto, as condições mínimas de funcionalidade e critérios de segurança devem ser verificados.
Armazenagem	A armazenagem é as vezes, necessárias para se atingirem os volumes mínimos viáveis economicamente para os processos de transporte e reciclagem. Para os demais processos, essa atividade pode ser suprimida.
Reprocessamento	
Recondicionamento	Consiste na realização da limpeza e reparos menos com o objetivo de restaurar as funcionalidades de componentes ou produtos danificados. Componentes reconicionados atuam como componente no recondicionamento de outros produtos pós-consumo.
Remanufatura	Reparo e manutenção de um equipamento, partes ou peças, com o objetivo de restaurar as especificações do produtor OEM (<i>Original Equipment Manufacturer</i>) – o fabricante ou montador do produto final.
Redistribuição	
Revenda	A revenda pode ocorrer basicamente por os canais: pós-consumo, pós-consumo a partir do fabricante; pós-venda; assistência técnica.
Destinação	No caso de confirmação da impossibilidade de reuso direto ou reuso indireto, o produto, componentes ou materiais seguem para destinação e tanto em etapas como reuso reciclagem, incineração, como também a disposição final (aterro).

Quadro 3 – Operações da Logística Reversa

Fonte: Corrêa (2013)

2.3 - Filosofia *Lean*

2.3.1 – História

O *Lean Manufacturing* originou-se nas Fábricas da Toyota na década de 50. Criado com o nome Sistema Toyota de Produção, cuja finalidade era produzir cada vez mais com cada vez menos. Um dos pilares do Sistema Toyota de Produção é o *Just in Time* (Werkema, 2012 b).

A Produção *Just in Time* é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permite às organizações atenderem às necessidades específicas do cliente, pois fornece os itens certos, no tempo certo e na quantidade certa (Liker, 2004).

Segundo *Lean Enterprise Institute* (2008), a produção *Just in Time* visa à eliminação total de todos os resíduos para obter a melhor qualidade possível, de menor custo possível e melhor utilização dos recursos.

Cakmaci (2008) afirma que, o Sistema Toyota de Produção pode ser considerado como o sistema básico da produção enxuta e apresenta como principal característica a flexibilidade das linhas produtivas, e é controlado por métodos que auxiliam a troca de ferramenta e a comunicação eficaz para responder às constantes variações dos mercados atuais.

Ohno (1997) definiu o Sistema Toyota de Produção comparando-o com a Engenharia de Produção:

“(...) para mim a Engenharia de Produção não é uma tecnologia parcial de produção, mas sim uma tecnologia total de manufatura, atingindo toda a empresa; a engenharia de Produção é um sistema e o Sistema Toyota de Produção é uma Engenharia de Produção ao estilo da Toyota. Porém, o Sistema Toyota de Produção difere-se da Engenharia de Produção tradicional no seguinte aspecto: o Sistema Toyota de Produção é gerador de lucro” (1997, p.86).

De acordo com Werkema (2012 b), o *Lean Manufacturing* é uma Filosofia com objetivo de eliminar os desperdícios.

2.3.2 – Os Sete Desperdícios

Ohno (1997) definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente. Identificou sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados:

superprodução, esperas, transporte, retrabalho, inventário, movimento e defeitos, explicados conforme segue:

- Superprodução – produzir itens para os quais não há encomendas, gerando custos para produção e custos para armazenamento;
- Espera – trabalhadores esperando a próxima etapa de processamento da máquina ou aguardando a chegada de ferramentas, suprimentos ou simplesmente não ter nenhum trabalho por causa de rupturas, atrasos de processamento do lote, o tempo de inatividade, e gargalos de capacidade de produção;
- Transporte - realização de transportes de longas distâncias, criando ineficiente transporte, ou transporte de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora de armazenamento ou entre processos;
- Retrabalho – ineficiência no processo de fabricação de um produto ou no projeto de engenharia do produto, gerando movimento desnecessário e defeitos na produção;
- Inventário – excesso de matéria-prima, ou produtos acabados que causam prazos mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e armazenamento e do tempo. O grande volume de estoque oculta problemas como desequilíbrios de produção, atrasos nas entregas dos fornecedores e defeitos;
- Movimento - movimento desnecessário. Quando o colaborador desperdiça seu tempo procurando peças ou outras ferramentas. Além disso, a caminhada é considerada um desperdício.
- Defeito – produção de peças defeituosas. O reparo ou retrabalho, sucata, a produção de substituição, e inspeção significam manipulação com desperdício, tempo e esforço.

Womack e Jones (2003) identificaram o oitavo desperdício, que seria a subutilização do colaborador nas organizações, não utilização de sua criatividade: perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e aprendizados.

Para Womack e Jones (2003), a solução contra o desperdício, é o desenvolvimento do *Lean Thinking* (mentalidade enxuta), transformando desperdício em valor para as organizações.

2.3.3– Os Quatorze Princípios da Filosofia *Lean*

Para Liker (2004), os quatorze princípios são embasamentos que fortalecem os conceitos da filosofia *Lean*, são:

- Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo;
- Criar o fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona;
- Usar sistemas puxados para evitar a superprodução;
- Nivelar a carga de trabalho. Trabalhar como tartaruga, não como lebre;
- Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa;
- Tarefas padronizadas é a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários;
- Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto;
- Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos;
- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros;
- Desenvolver pessoas e equipes excepcionais e que sigam a filosofia da empresa;
- Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar;
- Ver por si mesmo para compreender completamente a situação;
- Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as ações, implementá-las com rapidez;
- Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua (*Kaizen*).

2.3.4 – Mentalidade Enxuta

De acordo com Womack e Jones (2003), para eliminar desperdícios, a mentalidade enxuta (*Lean Thinking*) afirma que deve-se: especificar valor, alinhar e sequenciar as atividades e realizar atividades sem interrupção de forma cada vez mais eficaz.

Desta forma, implementar a mentalidade enxuta (*Lean Thinking*) nas organizações pode gerar comportamento que pode ir desde aceitação ou indiferença, até resistência.

Para ter uma visão do pensamento enxuto, em uma organização, são indispensáveis mudanças comportamentais de todos os envolvidos na cadeia de valor, sendo essencial a consciência da necessidade das mudanças e na transparência nos processo (Womack e Jones, 2003).

Para Womack e Jones (2003), são cinco os princípios do *Lean Thinking*:

- Especificação de valor para o cliente - aquilo que o cliente considera como valor para o seu produto final específico, o que representa um benefício para ele, a um preço e tempo específicos;

- Identificação do fluxo de valor - refere-se às etapas e processos necessários para transformar a matéria prima em um produto acabado nas mãos do cliente, identificando qualquer tipo de desperdício no caminho, assim como aquilo que crie ou represente valor para o cliente;

- Criação do fluxo contínuo - cada peça é produzida, sendo passada de um processo para o processo seguinte, sem interrupção entre eles e eliminando as atividades que não agregam valor ou os desperdícios, o que cria o fluxo contínuo nos processos;

- Produção puxada pelo cliente – com o objetivo do fluxo contínuo, redução de lotes e equipes de trabalho balanceadas cria-se um processo em que as atividades de fluxo posterior avisam as atividades de fluxo anterior sobre suas necessidades;

- Busca da perfeição - uma vez que tenha sido possível especificar o que representa valor para o cliente, identificar qual é o fluxo de valor, fazer com que as ações que agregam valor continuamente e permitam ao cliente puxar a produção, e buscar a melhoria contínua.

O *Lean Enterprise Institute* (2008 apud Womack e Jones 2003) simplificou os cinco princípios em:

- Objetivo: Para qualquer organização o primeiro passo para o *Lean Thinking* é especificar corretamente o valor que o cliente procura;

- Processo: Depois que o propósito está claro e definido, o foco agora é no processo (fluxo de valor) utilizado para alcançar este objetivo;

- Pessoas: Após a identificação dos processos que geram valor e o alinhamento com os objetivos da organização, implantar a estratégia de melhorias

de ciclos frequentes para cada processo e gestão integrada para todas as etapas dos processos.

As principais ferramentas para colocar em prática o *Lean Thinking* são: Mapeamento do Fluxo de Valor; Métricas *Lean*; *Kaizen*; *Kanban*; Padronização; 5s (Sensos); Redução de *Setup*; *Total Productive Maintenance (TPM)*, Gestão Visual e *Poka – Yoke* (Werkema, 2012 a).

2.3.5– Ferramentas do *Lean Thinking*

Segundo Werkema (2012 a), as ferramentas do *Lean Thinking* foram desenvolvidas para ajudar as organizações a implementar a mentalidade *Lean* afim de eliminar ou reduzir os desperdícios. No entanto, muitos dos benefícios e usos das ferramentas se sobrepõem. Sua aplicação vai ao encontro às necessidades das organizações e pode-se adotar aquelas que melhor se aplicam a sua cultura.

2.3.5.1 – Mapeamento do Fluxo do Valor

O fluxo do valor são todas as atividades, que agregam valor e as que não agregam valor, realizadas pelas organizações, com objetivo de produzir ou entregar (bens ou serviços) aos clientes (Werkema, 2012 a).

Segundo Womack e Jones (2003), o fluxo do valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para desenvolver um produto específico (seja um bem, um serviço, ou, cada vez mais, uma combinação dos dois).

O fluxo do valor é a primeira ação que deverá ser tomada para a melhoria de qualquer operação complexa, pois se tem uma visão macro de todo o sistema (Liker, 2004).

Werkema (2012 a) afirma que o fluxo do valor é composto por:

- Fluxo de materiais, desde o recebimento dos fornecedores até a entrega aos clientes;
- Transformação de matérias-primas em produtos acabados;
- Fluxo de informações que apoiam e direcionam os dois elementos anteriores;

Womack e Jones (2003) afirmam que o mapa de fluxo de valor, desenvolvido na Toyota, é uma ferramenta que:

- Permite diagramar seu fluxo de valor atual;
- Identifica os gargalos que impedem de fazer o que clientes querem e quando eles querem;
- Desenvolve uma visão abrangente de como o sistema enxuto futuro deverá ser no futuro.

A Figura 8 apresenta o modelo do mapeamento do fluxo do valor.

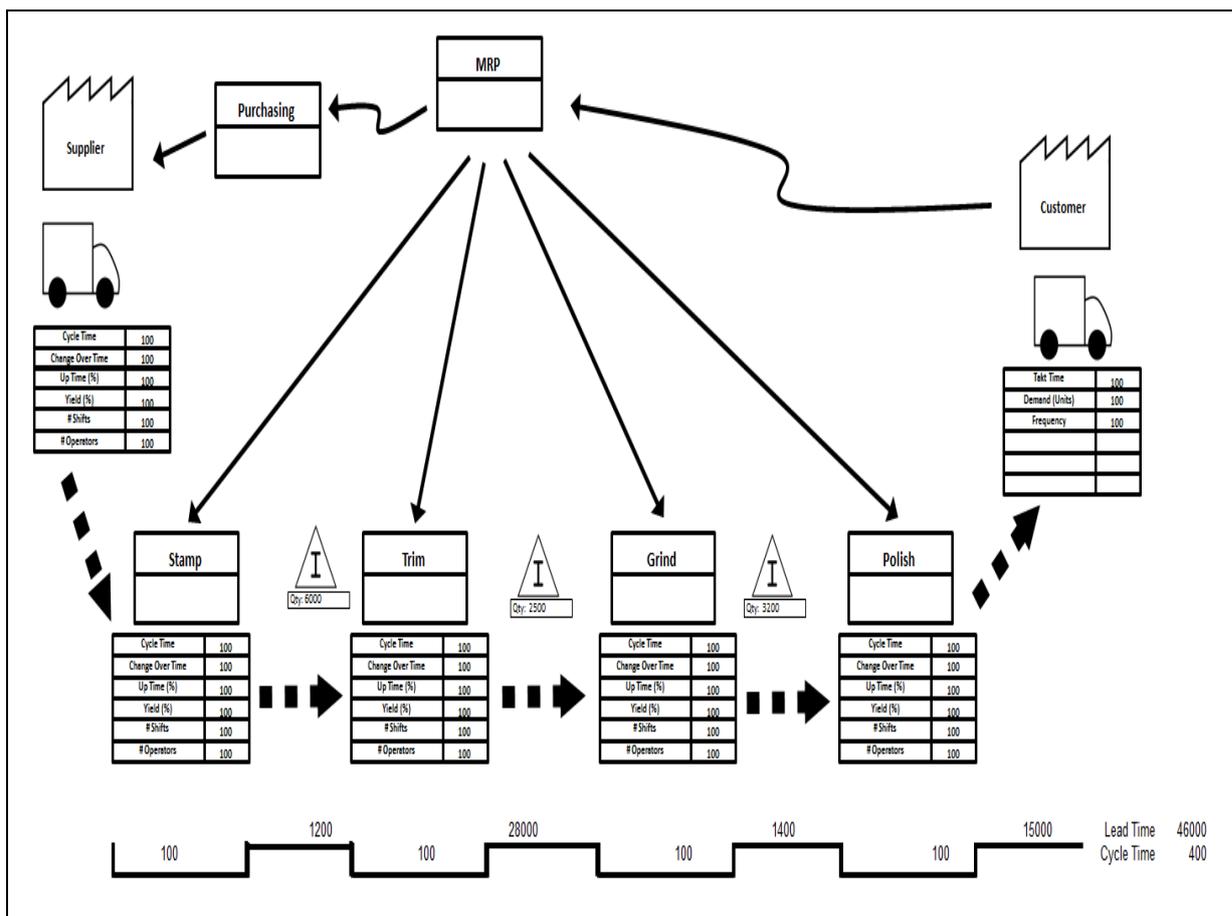


Figura 8 – Mapa do Fluxo Valor

Fonte: Rother e Shook (1999)

Werkema (2012 a) afirma que:

“Um mapa do estado atual segue o caminho de um produto desde o pedido até a entrega, para determinar as condições atuais. Um mapa do estado futuro desdobra as oportunidades de melhoria identificadas pelo mapa do estado atual, para atingir um nível mais alto de desempenho em algum ponto futuro”.

2.3.5.2 – Métricas *Lean*

As métricas *Lean* são utilizadas para quantificar os resultados que a organização apresenta, para estimar a velocidade e eficiência. A partir destas métricas pode-se identificar melhorias, eliminando desperdícios e agregando valor e imprimindo velocidade com qualidade para a organização. O Quadro 4 apresenta as métricas *Lean* (Werkema, 2012 a).

Métrica	Conceito
Tempo de Ciclo – T/C	Frequência com que um produto é finalizado em um processo
Lead Time – L/T	Tempo necessário para um produto percorrer todas as etapas de um processo ou fluxo do valor, do início ao fim.
Tempo de Agregação de Valor (TAV)	Tempo gasto em atividades que adicionam custos, mas não agregam valor do ponto de vista do cliente.
Tempo não Agregação de Valor (TNAV)	Indicador que mede a relação entre o tempo de agregação de valor e o lead time.
Eficiência do Ciclo do Processo (PCE)	Resultado de um processo ao longo de um período de tempo definido, expresso em unidade / tempo.
Taxa de Saída	Itens que estão dentro dos limites do processo, isto é, que foram admitidos no processo, mas ainda não foram liberados.
Trabalho em Processo (WIP)	Tempo gasto para alterar a produção de um tipo de produto para outro.
Tempo de Setup (TR)	Tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente.
Tempo Takt – Takt Time	Tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente.
Eficiência Total do Equipamento	Indicador de Manutenção Produtiva Total (TPM) que mede o grau de eficiência no uso de um equipamento.

Quadro 4 – Métricas *Lean*

Fonte: Werkema (2012 a)

2.3.5.3 - *Kaizen*

O *Kaizen* é um termo japonês que significa melhoramento contínuo (Werkema, 2012 a).

O *Lean Enterprise Institute* (2008) afirma que o *Kaizen* é a melhoria contínua de um fluxo de valor inteiro ou de um processo individual para criar mais valor com menos desperdício.

Segundo Rother and Shook (1999), existem dois níveis de *Kaizen*:

- Sistema ou fluxo de *Kaizen* com foco no fluxo de valor. Este é o *Kaizen* para a gestão;
- Processo de *Kaizen* com foco em processos individuais. Este é *Kaizen* para equipes de trabalho e líderes de equipe;

O *Kaizen* é utilizado após o Mapeamento do Fluxo de Valor, para resolver os problemas encontrados, por uma equipe formada por pessoas da organização, com dedicação exclusiva no evento *Kaizen* (Werkema, 2012 a).

Segundo *Lean Enterprise Institute* (2008), o evento *Kaizen* geralmente ocorre com duração de cinco dias, nos quais a equipe identifica e implementa as melhorias no processo.

Para Werkema (2012 a), o *Kaizen* deve ser utilizado nas seguintes situações:

- Quando as fontes de desperdícios foram identificadas sem dúvida;
- Quando o escopo de um problema está bem definido;
- Quando o risco de implantação é mínimo;
- Quando os resultados são necessários e imediatos;
- Quando tem-se aumento de velocidade.
- Quando a credibilidade de um projeto de melhoria for alcançada.

2.3.5.4 – *Kanban*

Segundo *Lean Enterprise Institute* (2008), o *Kanban* é um termo japonês para sinal ou tabuleta. No *Lean* é utilizado como um dispositivo de sinalização para autorização ou instruções para produção. O cartão *Kanban* é utilizado para esta sinalização de instruções.

Segundo Werkema (2012 a), a utilização dos cartões *Kanban*, é denominado Sistema *Kanban*, com três finalidades principais:

- Controle de Fluxo de Materiais em processo produtivo;
- Controlar o Sistema puxado da produção;
- Um produto é fabricado ou retirado, com autorização do cartão *Kanban*.

Para Womack e Jones (2003), *Kanban* é um pequeno cartão que regula a tração no Sistema Toyota de Produção, sinalizando produção e entrega. O Quadro 5 apresenta os tipos de *Kanban*.

Tipo de <i>Kanban</i>	Descrição
<i>Kanban</i> de Produção	Informa ao processo anterior (processo fornecedor) o tipo e a quantidade de produto a ser fabricado para repor o que foi consumido pelo processo anterior (processo cliente).
<i>Kanban</i> de Sinalização	Autoriza que o processo anterior fabrique um novo lote quando uma quantidade mínima do produto (ponto de reposição) é atingida. É usado quando é obrigatório que o processo anterior produza em lotes devido a, por exemplo, necessidade de trocas.
<i>Kanban</i> de Retirada	Indica o tipo e a quantidade de produto a ser movimentado e transferido para o processo posterior.

Quadro 5 – Tipos de *Kanban*

Fonte: Werkema (2012 a)

2.3.5.5 - Padronização

A padronização é uma forma de criar procedimentos para executar as tarefas no processo, a fim de alcançar resultados satisfatórios (Werkema, 2012 c).

Segundo o dicionário Aurélio (2014), padronização é ação ou efeito de padronizar, sistematização.

Segundo Werkema (2012 a), as etapas para padronização no *Lean Manufacturing* são:

- Definição do processo e definição de quais as tarefas repetitivas e os procedimentos;
- Definir as pessoas envolvidas no processo, e discutir a melhor solução e mais fácil procedimento operacional;
- Validar e documentar o procedimento.

No *Lean Manufacturing* são utilizados a Tabela de Combinação do Trabalho e o Diagrama do Trabalho Padronizado como ferramentas de padronização (Werkema, 2012 b).

2.3.5.6 – 5S (Sensos)

O termo 5S deriva das palavras japonesas para cinco práticas que conduzem a uma área de trabalho limpa e gerenciável (Womack e Jones, 2003).

As empresas adotam o 5S, por trazer os seguintes benefícios: aumento da produtividade, melhor atendimento aos prazos, diminuição de defeitos, melhora na segurança do trabalho, diminuição na perda de material e melhora das condições de trabalho (Werkema, 2012 a). O Quadro 6 apresenta os significados dos 5S.

5S	Tradução	Significado
<i>Seiri</i>	Senso de Utilização	Separar o necessário do desnecessário
<i>Seiton</i>	Senso de Organização	Organizar o necessário e definir um lugar para cada item.
<i>Seiso</i>	Senso de Limpeza	Limpar e identificar cada item.
<i>Seiketsu</i>	Senso de Padronização	Criar e seguir um padrão resultante do desempenho aquedado dos três primeiros s.
<i>Shitsuke</i>	Senso de Autodisciplina	Estabelecer a disciplina para manter os quatro primeiros s ao longo do tempo.

Quadro 6 – Significados do 5S

Fonte: Werkema (2012 a)

2.3.5.7 - Redução de *Setup*

A Redução do *Setup* é o método utilizado para diminuição do tempo para a troca da fabricação de um tipo de produto para outro. Também conhecido como *Single Minute Exchange of Die (SMED)* (Werkema, 2012 a).

Segundo *Lean Enterprise Institute* (2008), a redução do *Setup* tem seis fases básicas:

- Medir o tempo total de produção do primeiro e do próximo produto;
- Identificar os elementos de produção de cada tipo de produto;
- Calcular o tempo de produção dos produtos;
- Reduzir o tempo de produção do primeiro produto;
- Reduzir o tempo de produção do próximo produto;
- Padronizar o novo procedimento.

Para Werkema (2012 b), a redução do *Setup* pode apresentar os seguintes benefícios para organização:

- Produção em pequenos lotes, possibilitando atender melhor as demandas do mercado;
- Diminuição do *Lead Time*;
- Maior flexibilidade para inserir modificações nos produtos;
- Diminuição dos estoques em processamento e de produtos acabados, gerando economia e retorno financeiro;
- Diminuição de retrabalho, pois os defeitos são localizados mais rápido aonde foram gerados;
- Diminuição dos erros nos procedimentos de regulagem e ajustes de ferramentas e equipamentos.

2.3.5.8 – *Total Productive Maintenance (TPM)*

Total Productive Maintenance (TPM) é um conjunto de técnicas, originalmente lançadas pela empresa Denso no Japão, para garantir que todas as máquinas em uma produção pudessem sempre ser capazes de desempenhar as suas tarefas exigidas, para não interromper a produção (*Lean Enterprise Institute*, 2008).

Para Werkema (2012 c), o *TPM* pode apresentar os seguintes benefícios para a organização:

- Conhecimento maior dos funcionários da produção na manutenção;
- Melhor ambiente de trabalho;
- Diminuição do tempo de parada por defeito ou quebra do equipamento, gerando custo e atraso na produção;
- Aumento da Capacidade de Produtiva.

2.3.5.9 – Gestão Visual

A Gestão Visual é a colocação das ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho em um local de fácil visualização de todos, para o melhor entendimento e compreensão (*Lean Enterprise Institute, 2008*).

Para Werkema (2012 a), para implementação da Gestão Visual os dois pilares são duas ferramentas do *Lean Thinking* que vistos anteriormente: 5s e Padronização.

Segundo Werkema (2012 b), a Gestão Visual pode apresentar os seguintes benefícios para a organização:

- Melhor comunicação entre os turnos e departamentos e melhoria do *feedback* entre todos os membros da equipe;
- Rapidez na resposta na ocorrência de anomalias;
- Melhor compreensão do funcionamento da produção;
- Visualização imediata da meta diária do desempenho dos processos;
- Aumento da mentalidade enxuta, para eliminação de desperdícios;
- Estabelecimento das prioridades no trabalho;
- Visualização dos procedimentos operacionais.

2.3.5.10 – Poka – Yoke

São métodos que ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho. O *Poka Yoke* é um termo Japonês que significa a prova de erros ou (*Error Proofing*) (*Lean Enterprise Institute, 2008*).

Segundo Werkema (2012 a apud Shigeo Shingo, 1960), os defeitos surgem porque erros são cometidos, os dois tem uma relação de causa e efeito, contudo, erros não se tornarão defeitos se houver *feedback* e ação no momento do erro.

Werkema (2012 a), afirma que existem dois métodos para aplicar *Poka Yoke*:

- Método de Controle: Quando o *Poka Yoke* é ativado, a máquina ou linha de processamento pára, de forma que o problema possa ser corrigido;
- Método de advertência: Quando o *Poka Yoke* é ativado, um alarme soa ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador.

2.3.6 – *Lean* além das Fábricas

Segundo Battaglia (2008), a Filosofia *Lean* foi desenvolvida para eliminar desperdícios presentes nas operações de manufatura, entretanto a cada ano, vem crescendo os casos de aplicação do *Lean* em diversos tipos de processos e de áreas de negócios.

Para Ferro (2008), a Filosofia *Lean* evoluiu para um sistema de negócios, que poderá ser aplicado a qualquer setor, com o objetivo de atender os clientes com qualidade, custo baixo e entrega eficiente. Existem casos de sucesso de aplicação da Filosofia *Lean*, nas seguintes áreas: escritório (*Lean Office*), construção civil, correios, aviação civil e saúde. O Quadro 7 apresenta um exemplo dos setes desperdícios nas áreas administrativas e de prestação de serviços.

Tipo de Desperdício	Exemplos
Defeitos	Erros em faturas, pedidos, cotações de compra de materiais.
Excesso de Produção	Processamento e/ou impressão de documentos antes do necessário, aquisição antecipada de materiais.
Estoque	Material de escritório, catálogos de vendas, relatórios.
Processamento desnecessário	Relatórios não necessários ou em excesso, cópias adicionais de documentos, reentrada de dados.
Movimento desnecessário	Caminhadas até o fax, copiadora, almoxarifado.
Transporte desnecessário	Anexos de e-mails em excesso, aprovações múltiplas de um documento.
Espera	Sistema fora do ar ou lento, ramal ocupado, demora na aprovação de um documento.

Quadro 7 – Setes Desperdícios na área Administrativa

Fonte: Werkema (2012 a)

2.4 - Seis Sigma

2.4.1 – História

O Seis Sigma é uma Metodologia estruturada que alcança a qualidade através da melhoria contínua e aprimoramento dos processos, produtos e serviços. O termo Sigma significa a medição da capacidade do processo ser realizado livre de falhas. Quando falamos de Seis Sigma, significa redução da variação no resultado entregue aos clientes (Rotondaro, 2008).

Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2008), a Metodologia Seis Sigma utiliza ferramentas matemáticas e estatísticas para melhorar a qualidade dos processos. A taxa de qualidade é 3,4 falhas por milhão ou 99,999966% de perfeição.

Rotondaro (2008, p.18) afirma que:

“Seis Sigma é uma metodologia rigorosa que utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir os problemas, e situações a melhorar, medir para obter a informação e os dados, analisar a informação coletada, incorporar e empreender melhorias nos processos e, finalmente, controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar etapas ótimas, o que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua”.

Para Werkema (2012 c), o Seis Sigma é considerado a Metodologia da qualidade para o século 21, que nasceu em 15 de Janeiro de 1987, na Motorola, com o objetivo de tornar a empresa com um serviço de melhor qualidade, para competir com seus concorrentes.

Para George (2002), muitos livros focam nas ferramentas do Seis Sigma, mas para obter resultados satisfatórios. É necessário não apenas implementação das ferramentas, mas também da cultura do Seis Sigma.

Segundo Werkema (2012 b), as vantagens da metodologia Seis Sigma são:

- Comprometimento da alta administração com os projetos Seis Sigma e definição dos papéis dos patrocinadores e especialistas Seis Sigma;
- Maior lucratividade para organização e visibilidade dos resultados alcançados;
- Melhoria nos processos;
- Atendimento das necessidades dos clientes;
- Redução de erros de fabricação de produtos;
- Menor tempo de desenvolvimento de produtos;
- Redução dos estoques e eficiência nos prazos de entrega.

A Metodologia Seis Sigma é implementada nas organizações a partir do desenvolvimento de Projetos Seis Sigma, sendo que um projeto Seis Sigma deve ter a complexidade suficiente para que seja significativo para as organizações, mas deve ser tão complexo, que não passe de um período de quatro meses (liderado por um *Green Belt*) ou por um período de oito meses (liderado por um *Black Belt*), conforme Werkema (2012 a).

Para George (2002), os projetos Seis Sigma devem ser liderados pelos especialistas Seis Sigma – (*Green Belt* ou *Black Belt*), utilizando os seguintes métodos:

- Método para Melhoria de Processo – DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*);
- Método para Desenvolvimento de Novos Produtos – DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design e Verify*).

2.4.2– Variabilidade do Processo

Para Rotondaro (2008), reduzir a variabilidade do processo é um dos principais objetivos do Seis Sigma, desta forma, torna-se necessário a análise da capacidade do processo. O Gráfico 1 apresenta um modelo de processo com variabilidade.

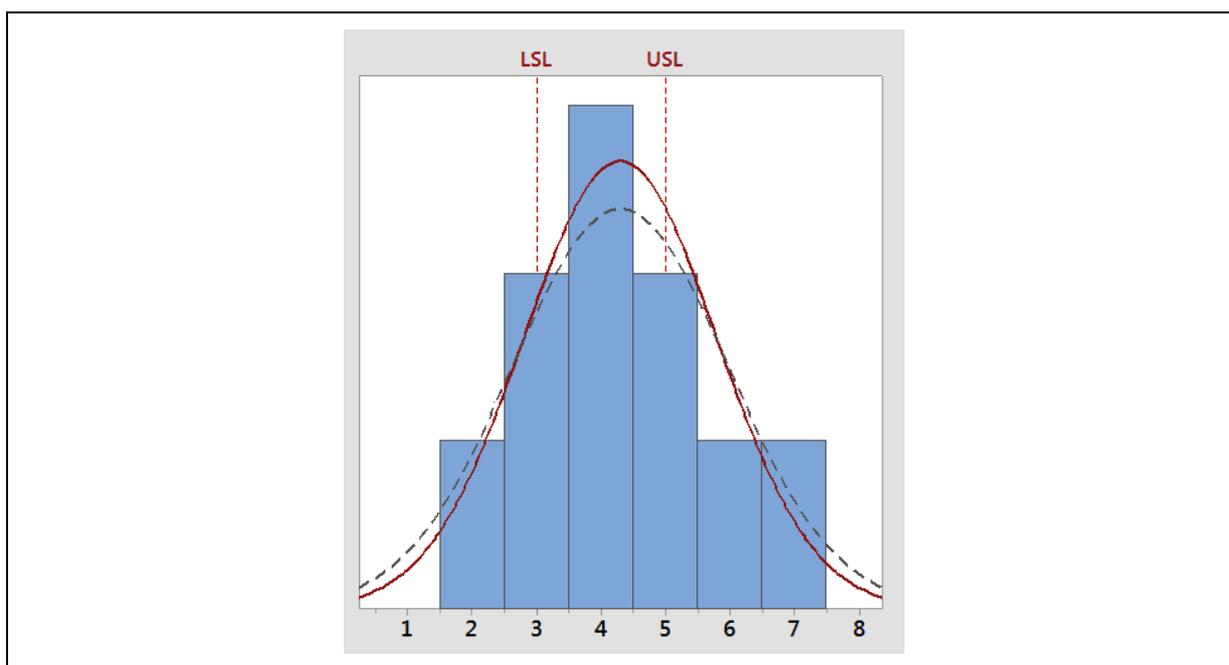


Gráfico 1 – Variabilidade do Processo

Fonte: Rotondaro (2008)

Segundo Rotondaro (2008), o Gráfico 1 apresenta um modelo de processo com variabilidade e uma análise da capacidade do processo, a partir da análise dos limites de especificação. Existem dois tipos de limites de especificação que são:

- Limite superior de especificação (LSE), que especifica o valor máximo admissível para a saída, acima do qual é considerado como defeitos.
- Limite inferior de especificação (LIE), que especifica o valor mínimo permitido para a saída, abaixo do qual considera-se como defeitos.

Manter um processo sempre controlado no longo prazo é difícil, devido a vários fatores, que acaba provocando um aumento dos limites superiores e inferiores de especificação do processo (Rotondaro, 2008).

2.4.3 - Resultados Esperados com a Aplicação do Seis Sigma

A partir da divulgação dos resultados do Seis Sigma entre o final da década de 80 e o início da década de 90, que apresentou a Motorola que obteve ganhos de 2,2 bilhões de dólares, outras empresas como Asea Brown Boveri, AlliedSignal, General Electric e Sony, iniciaram a implementação da metodologia Seis Sigma (Werkema, 2012). A Figura 9 apresenta a evolução dos resultados da implementação da metodologia Seis Sigma.

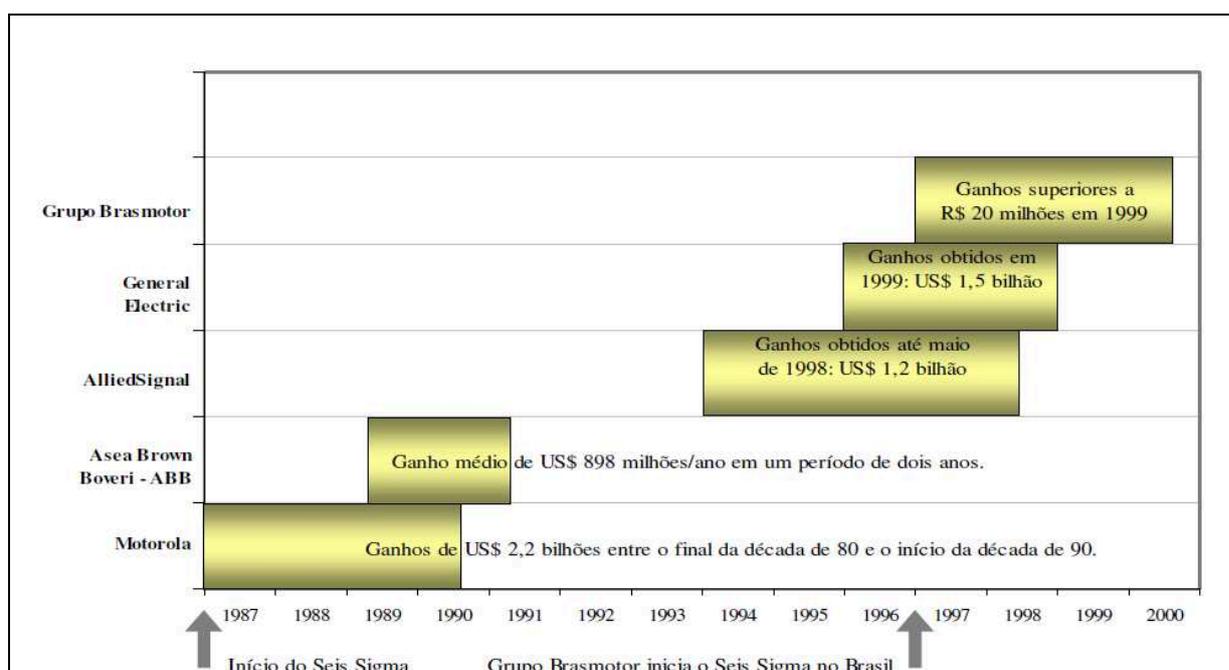


Figura 9 – Resultados da implementação da metodologia Seis Sigma

Fonte: Werkema (2012 a)

2.4.4– Método para Melhoria de Processo - *DMAIC*

Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2008), a metodologia Seis Sigma está fundamentada para melhorar a qualidade dos processos, com a aplicação do *DMAIC* – *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar).

Para Rotondaro (2008), o método do *DMAIC* foi desenvolvido com base no método idealizado por W. Edwards Deming, o *PDCA* – *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (Verificar) e *Act* (Agir).

Para Rotondaro (2008), o processo *DMAIC* pode ser definindo como:

- Definir – Definição dos objetivos de melhoria do processo que sejam alinhados as necessidades do cliente e a estratégia da organização;
- Medir – Definição das medições com base no processo atual para comparação futura. Mapear e medir o processo em questão e coletar os dados necessários do processo;
- Analisar – Investigação das Causas dos Problemas;
- Melhorar – Aperfeiçoamento do processo, implementação das soluções;
- Controlar - Controlar o processo e medir continuamente o processo para garantir que as variações sejam corrigidas antes de se transformarem em defeitos.

Para Werkema (2012 b), os pontos fortes do *DMAIC* são:

- Ênfase no Planejamento nas fases Definir, Medir e Analisar;
- Roteiro para realização das atividades, o que traz uma visão macro das análises realizadas, conclusões com um embasamento sólido e manutenção dos resultados;
- Ferramentas que permitem a Integração de cada fase do *DMAIC*.

O *DMAIC* é usado para desenvolvimento dos projetos de melhoria nos processos. A Figura 10 apresenta o *DMAIC*.

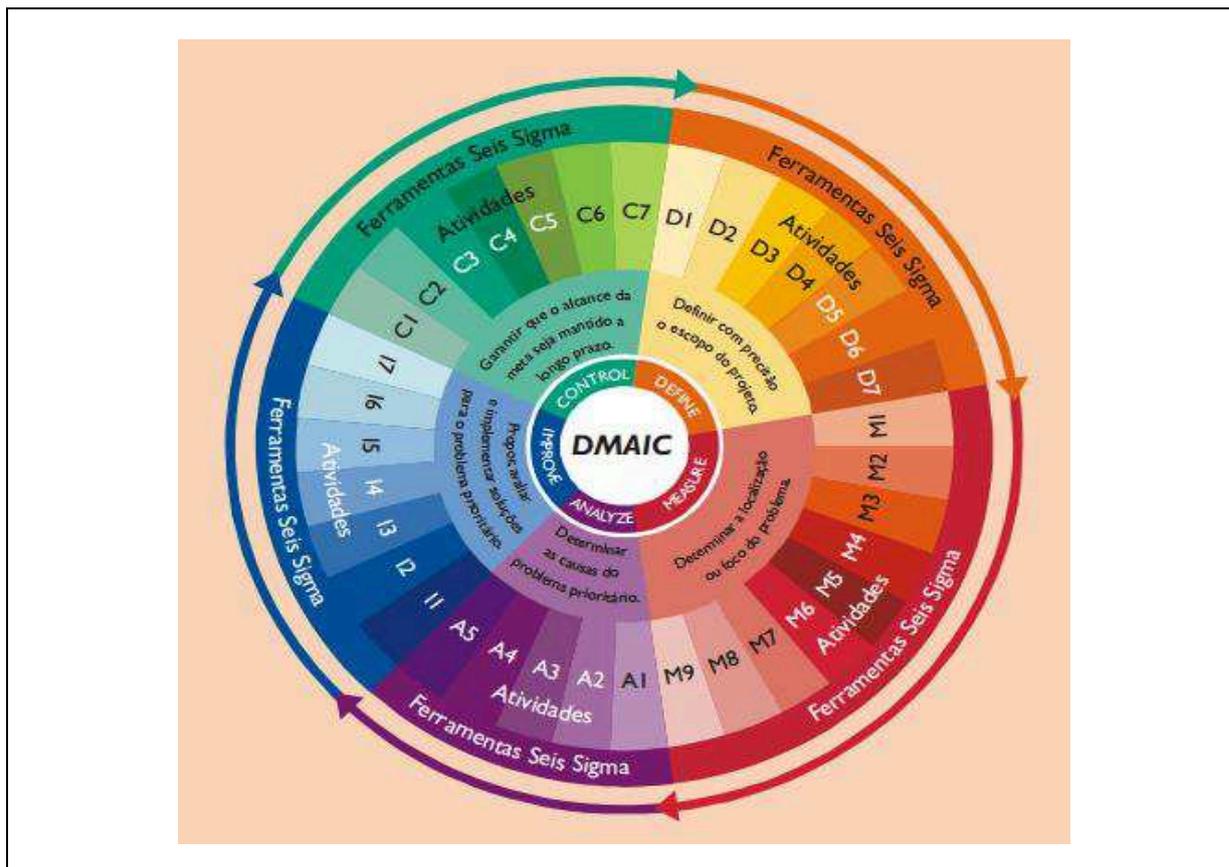


Figura 10 – DMAIC

Fonte: Werkema (2012 a)

Para o sucesso na implantação da metodologia Seis Sigma, é fundamental aplicação do DMAIC de forma rigorosa e sequencial, para que desta forma, possa alcançar a melhora do processo (Werkema, 2012 a).

2.4.3 – Etapas de Implantação do DMAIC

Segundo Rotondaro (2008), o processo DMAIC possui as seguintes etapas de implantação:

- Seleção de Projetos – a partir de uma situação problema ou uma oportunidade de negócio, realiza-se o levantamento das informações para o projeto Seis Sigma;
- Desempenho do Processo – o levantamento das informações irá direcionar a conhecer melhor o processo;
- Análise das Causas – conhecendo melhor o processo, determina-se as causas dos problemas;
- Melhoria do Processo – analisando as causas, pode-se aplicar ferramentas e ações para melhoria do processo;

- Manter o Processo Sob Controle – melhorando o processo, cria-se estratégias para a manutenção dos resultados alcançados.

2.4.3.1 – Etapa Seleção de Projetos

Segundo Rotondaro (2008), a etapa de seleção de projetos, é a definição do que se deseja eliminar ou melhorar no processo. O passo a passo nesta fase é:

- Definir os requisitos do cliente e traduzir estas necessidades em características críticas para a qualidade (CPQ);
- Definir a equipe do projeto;
- Definir os processos críticos, relacionando com os CPQ do cliente e os problemas na operacionalização do processo;
- Analisar o custo-benefício do projeto;
- Definir o documento de abertura do projeto e submeter a aprovação dos superiores responsáveis.

Para Werkema (2012 c), a etapa de Seleção de Projetos é uma fase essencial para a implementação do Seis Sigma, pois projetos bem selecionados permitirão resultados satisfatórios, rápidos e significativos, com ganhos financeiros, mas principalmente contribuirão para consolidar a cultura Seis Sigma na organização.

Segundo Rotondaro (2008), na etapa de seleção de projetos, pode-se utilizar as seguintes ferramentas: levantamentos dos dados da organização (objetivo, dados financeiros e metas); análise custo–benefício dos projetos; priorização dos processos críticos do negócio; desenho do macro processos prioritários e QFD (*quality function deployment* ou desdobramento da função qualidade).

2.4.3.2 – Etapa de Desempenho do Processo

Para Rotondaro (2008), a etapa de desempenho do processo é o estudo detalhado do processo. O passo a passo nesta fase é:

- Desenhar o processo e os subprocessos;
- Definir as entradas e saídas dos processos;
- Estabelecer as relações $Y = F(x)$;
- Coletar dados dos processos, por meio de ferramentas que produzam amostras representativas e aleatórias;
- Analisar o sistema de medição do processo.

Segundo Werkema (2012 c), na etapa do desempenho do processo, é necessária a elaboração de um plano para a coleta dos dados, utilizando-se a ferramenta 5W1H (*who, what, where, when, why e how*). Nesta etapa é necessária a construção de Folhas de Verificação para registrar os dados e definição da estratégia de amostragem utilizar-se, para garantir que os dados sejam coletados corretamente. As informações que são coletadas na medição poderão definir se projeto Seis Sigma é por atributo ou por variável.

O teste R&R (Repetibilidade e Reprodutibilidade) é um método utilizado em projetos Seis Sigma por atributo. Repetibilidade é a variação nas medidas obtidas com um instrumento de medição, quando usado várias vezes por um avaliador, medindo a mesma característica na mesma peça. Reprodutibilidade é a variação nas médias das medidas feitas por diferentes avaliadores, usando o mesmo instrumento de medição, medindo a mesma característica na mesma peça. Nos projetos Seis Sigma por atributo, também é necessário utilizar a Análise do Sistema de Medição (*MAS-Measurement Systems Analysis*), pois é uma avaliação quantitativa das ferramentas e processos usados na observação dos dados, assim pode-se afirmar que a informação coletada é a real representação do que está ocorrendo no processo (Werkema, 2012 c).

Para Rotondaro (2008), a etapa do desempenho do processo pode se utilizar as seguintes ferramentas: estatística básica, análise do sistema de medição e cálculo da capacidade do processo (nível sigma do processo).

2.4.3.2.1 – Métricas Medição Capacidade de Projetos por Atributo

Segundo Rotondaro (2008), os projetos seis sigma por atributo utilizam-se as seguintes métricas de medição da capacidade do projeto:

- DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades) - O Quadro 8 apresenta a fórmula do DPMO.

	Fórmula
DPMO	$\text{DPMO} = \frac{\text{Número Total de Defeitos}}{\text{Total de Unidades} * \text{Oportunidade por Unidade}} * 1.000.000$

Quadro 8 – Fórmula do DPMO

Fonte: Rotondaro (2008)

Explicando a Fórmula:

- ✓ Número total de defeitos: falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados;
- ✓ Total de unidades: elemento a ser avaliado quanto a presença de defeitos;
- ✓ Oportunidade por unidade: chance de cometer erros dentro das unidades (forma de falha).

Após calcular o DPMO, pode-se calcular o nível sigma no curto e no longo prazo, que são métricas de medição da capacidade do processo. O nível sigma no curto prazo, é a média centrada entre os limites de especificação e nível sigma no longo prazo, é a média deslocada até 1,5 sigma dos limites de especificação (Rotondaro, 2008).

Para Rotondaro (2008), uma das forças da metodologia Seis Sigma é que ela reconhece e leva em consideração o fato de que os processos variam ao longo do tempo. Inevitavelmente, quando se coleta dados de um processo durante um período de tempo, será observado que o processo nem sempre opera no valor meta, ou dentro dos limites de especificação.

2.4.3.3 – Etapa Analisar as Causas

Conforme Rotondaro (2008), a etapa Analisar as causas, é o momento em que é realizado uma análise dos dados coletados utilizando ferramentas estatísticas e de qualidade. O passo a passo nesta fase é:

- Utilizar ferramentas estatísticas para analisar os dados coletados;
- Identificar as causas óbvias e não óbvias;
- Definir a capacidade do projeto atual;
- Estabelecer objetivos de melhoria do processo.

Segundo Werkema (2012 b), a etapa analisar as causas é a análise do impacto dos problemas e identificação dos problemas prioritários, utilização da ferramenta diagrama de Pareto, tornando mais claro a estratificação e priorização dos problemas e permitindo estabelecer metas específicas.

Segundo Rotondaro (2008), a etapa analisar as causas pode utilizar as seguintes ferramentas: *FMEA* (Análise do Tipo e Efeito de Falha ou *Failure Mode*

and *Effect Analysis*); teste de hipóteses; análise de variância; testes não paramétricos; correlação e regressão simples e teste qui-quadrado.

2.4.3.4 – Etapa Melhorando Processo

Para Rotondaro (2008), a etapa Melhorando o Processo, é a fase de implementação das melhorias, em que os dados estatísticos devem ser traduzidos em dados do processo. O passo a passo nesta fase é:

- Implantar as melhorias com todos os membros da equipe;
- Testar todas as soluções.

Para Werkema (2012 c), a etapa melhorando o processo consiste em realização de testes na operação das soluções prioritárias de melhoria do processo. A partir do resultado do teste piloto, realiza-se uma nova avaliação e implementa-se possíveis ajustes ou melhorias na solução encontradas.

Segundo Rotondaro (2008), a etapa de melhoria do processo pode utilizar as ferramentas: plano de ação, DOE (Delineamento de Experimentos) e cálculo da nova capacidade do processo.

2.4.3.5 – Etapa Manter o Processo Sob Controle

Conforme Rotondaro (2008), na etapa manter o Processo sob controle deverá ser desenvolvido um sistema de controle e de medição dos processos, para garantir que sua capacidade seja contínua. O passo a passo nesta fase é:

- Monitorar os Xs Críticos (variáveis);
- Identificar oportunidade de melhorias futuras.

Segundo Werkema (2012 c), a etapa 'manter o processo sob controle' consiste na avaliação das metas estabelecidas, a fim de monitoramento das soluções que foram implantadas.

Para Rotondaro (2008), a etapa 'manter o processo sob controle' pode utilizar as seguintes ferramentas: gráficos de controle por variáveis, atributos e elaboração de novos procedimentos e padronização dos procedimentos.

Para Werkema (2012 b), a carta de controle distingue a variação aleatória (natural) da não aleatória em um processo. Nas cartas de controle, os pontos fora dos limites de controle ou apresentando padrões não aleatórios fornecem evidências da instabilidade do processo. Neste sentido, as cartas de controle indicam quando e onde um problema aconteceu no processo.

2.5– *Lean Seis Sigma*

2.5.1 – A Importância da Integração

A Integração do *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma ocorrem quando pode-se utilizar os pontos fortes de ambas. O Seis Sigma é um método de estruturação de solução de problemas, utilizando ferramentas estatísticas para diminuir a variabilidade dos processos e o *Lean Manufacturing* enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e redução do lead time. A Filosofia *Lean* e a Metodologia Seis Sigma juntas tem-se o Programa *Lean Seis Sigma* (Werkema, 2012 c).

Segundo George (2010), a fusão da Filosofia *Lean Manufacturing* e a Metodologia Seis Sigma, é uma abordagem de sintetização de melhoria de desempenho de negócios, a unificação das ferramentas, conceitos e filosofias resulta em uma abordagem única para entrega rápida com qualidade e redução de custos sustentável.

Para Rotondaro (2008), a metodologia Seis Sigma e Filosofia *Lean Manufacturing* individualmente não são suficientes para implementação de melhorias de processos. No Quadro 9 apresenta-se as características complementares das metodologias *Lean Manufacturing* e Seis Sigma.

Seis Sigma	<i>Lean Manufacturing</i>
Perspectiva da satisfação do cliente	Perspectiva do uso racional dos recursos de produção
Alocação de especialista para liderar, coordenar e apoiar projetos de melhoria.	Participação do pessoal de produção na implementação das melhores práticas do <i>Lean Manufacturing</i>
Combate às variações e perdas em geral.	Combate aos desperdícios do sistema de produção
Atenção à avaliação financeira dos resultados	Atenção aos indicadores físicos de desempenho
Alinhamento com a estratégia de negócios.	Alinhamento com a estratégia de produção
Bem instrumentado para aprimorar projetos de produtos, serviços e processos transacionais.	Bem instrumentado para racionalizar processos de produção e movimentação de materiais
Valorização da coleta cuidadosa de dados	Valorização da observação prática dos problemas
Ênfase na aplicação estruturada de métodos quantitativos na análise de problemas	Ênfase na resolução prática dos problemas
Possibilidade de pesquisa de soluções otimizantes	Aplicação de regras empíricas na busca de soluções
Desenvolvimento de habilidades para gerenciamento de projetos	Implementação de melhorias por meio de projetos <i>Kaizen</i>

Quadro 9 – Características complementares da Metodologia Seis Sigma e Filosofia *Lean Manufacturing*

Fonte: Rotondaro (2008)

Rotondaro (2008, p.267) afirma que:

“Abordagem Seis Sigma oferece um cabedal de ferramentas para identificação, medição e análise de problemas e o sistema Lean preconiza a adoção técnicas e procedimentos que tronam o modo de produção mais competitivo, ou seja, enquanto a primeira é voltada para o diagnóstico, análise e planejamento, a segundo ajuda a reconfigurar o modo de operar de um sistema físico de produção.”

Para George (2010), a fusão da Filosofia *Lean Manufacturing* e a Metodologia Seis Sigma apresentam as seguintes vantagens nas organizações:

- Redução dos custos de produção direto e indireto;
- Melhoria dos níveis serviço ao cliente;
- Melhoria do prazo de entrega de pedidos aos clientes;
- Retorno dos ativos financeiros;
- Melhoria da flexibilidade em atendimento as mudanças e exigência dos mercados consumidores.

2.5.2– Visão do Lean Seis Sigma

Para Werkema (2012 b), para a implantação do programa *Lean Seis Sigma*, não existe uma forma padrão, pois cada organização adotará o procedimento mais adequado a sua cultura, deste que sejam respeitados os conceitos básicos do *Lean Manufacturing* e do Seis Sigma.

O Quadro 10 apresenta o Roadmap para implementação do programa *Lean Seis Sigma*.

Etapa	Descrição
Avaliar a Desempenho	Estabelecer a necessidade da mudança e avaliar o quanto à organização está preparada para fazer esta mudança.
Planejar as Melhorias	Estabelecer e comunicar as metas da implementação do Lean Seis Sigma.
Possibilitar a Execução	Elaborar, divulgar e implantar procedimentos e políticas para estabelecer a infraestrutura para a mudança.
Executar os Projetos	Executar os projetos (DMAIC e <i>Kaizen</i>) priorizados.
Manter as Melhorias	Garantir a perpetuação dos ganhos alcançados e consolidação da Cultura Lean Seis Sigma, realizando auditorias periódicas no programa.

Quadro 10 – Roadmap Implementação do Programa *Lean Seis Sigma*

Fonte: Werkema (2012 c)

Segundo Werkema (2012 c), seguindo as orientações do Roadmap, as organizações poderão alcançar os seguintes resultados:

- Lista de oportunidades prioritárias de execução, com apresentação dos benefícios financeiros;
- Comitê de gestão do *Lean Seis Sigma*;

- Treinamento para patrocinadores e especialistas em *Lean Seis Sigma*;
- Canais de comunicação interna para ambientar com a cultura;
- Alcance de ganhos financeiros;
- Aprimoramento contínuo na cultura *Lean Seis Sigma*.

Quais seriam os fatores críticos para o sucesso da implementação do Programa *Lean Seis Sigma*? Werkema (2012 c) apresenta os seguintes fatores críticos para o sucesso:

- Engajamento da liderança da organização;
- Alinhamento dos objetivos do *Lean Seis Sigma*, às prioridades das estratégias de negócios das organizações e os benefícios financeiros das organizações;
- Ampla comunicação interna da cultura *Lean Seis Sigma*;
- Alinhamento do processo de mudança à implementação do *Lean Seis Sigma*;
- Desenvolvimento de uma infraestrutura sólida, para a implementação;
- Primeiros resultados concretizados em curto espaço de tempo;

2.5.3– Ferramentas da Qualidade e o Programa *Lean Seis Sigma*

Para Rotondaro (2008), as ferramentas da qualidade são métodos utilizados para a melhoria de processos e solução de problemas em qualidade, que facilitam a aplicação de conceitos, coleta e apresentação de dados.

No Programa *Lean Seis Sigma* são utilizadas algumas ferramentas da qualidade, como objetivando a clareza do trabalho e principalmente a tomada de decisão com base em fatos e dados (Werkema, 2012 b).

2.5.3.1 – Ferramenta da Qualidade: *Brainstorming*

Segundo CNC (2010), o *brainstorming* é uma técnica de geração de idéias, foi desenvolvido por Osborn, em 1983. Também conhecido, como tempestade de idéias, é uma forma de captação de idéias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes envolvidos.

Para CNC (2010), existem dois tipos de *brainstorming*, que são:

- Estruturado: todas as pessoas do grupo devem dar idéias, seguindo uma ordem pré-estabelecida, de forma organizada;
- Não Estruturado: os membros do grupo simplesmente dão ordens, sem uma ordem pré-estabelecida.

Segundo Werkema (2012 c), o *brainstorming* é uma ferramenta de qualidade que pode ser utilizada sempre que a organização decidir por elencar, conjuntamente com seus colaboradores, os principais problemas em um processo, com o objetivo de extingui-los para a obtenção de excelência nas operações.

2.5.3.2 – Ferramenta da Qualidade: Diagrama de Causa e Efeito

Conforme CNC (2010), o diagrama de causa e efeito é uma técnica utilizada pelas organizações que mostra a relação entre um efeito e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que o mesmo ocorra. Foi desenvolvida no Japão, pelo o professor da Universidade de Tóquio Kaoru Ishikawa no ano de 1953.

Para Werkema (2012 b), o diagrama de causa e efeito, tem o formato de uma espinha de peixe, e a forma de agrupamento mais utilizado pelas indústrias são os 6Ms, que são:

- Máquinas (problemas com equipamentos e maquinários);
- Mão de Obra (problemas com as pessoas envolvidas);
- Métodos (problemas com as técnicas e ferramentas);
- Materiais (problemas com os materiais utilizados);
- Medição (problemas com a medição realizada);
- Meio Ambiente (problemas com o ambiente em questão).

2.5.3.3 – Ferramenta da Qualidade: Matriz de Causa e Efeito

Segundo Rotondaro (2008), a matriz de causa e efeito é usada para classificar em ordem de importância os dados de saída dos processos chave (exigências do cliente) e posteriormente entender como eles se relacionam com os dados de entrada.

Para CNC (2010), a matriz de causa e efeito tem o objetivo de mapear como o valor é transmitido a partir dos fatores de entrada de seu sistema, para o processo ou produto de saída. Com essas relações visíveis e quantificadas, pode-se facilmente descobrir os fatores mais influentes que contribuem para o valor.

2.5.3.4 – Ferramenta da Qualidade: Diagrama de Pareto

Para Rotondaro (2008), o diagrama de Pareto foi desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que realizou estudos e desenvolveu modelos matemáticos para descrever a distribuição desigual das riquezas. O princípio do Pareto afirma que 20% da população ficavam com 80% da arrecadação, enquanto para os outros 80% da população restavam apenas 20%. O estudo dos princípios de Pareto foi aplicado no Controle da Qualidade por Juran, que começou a observar que os defeitos nos produtos apresentavam frequências desiguais de ocorrência.

Segundo Werkema (2012 c), os conceitos de Pareto são elementos indispensáveis no campo da Gestão da Qualidade, priorizando ações, utilizado na identificação, análise e resolução de problemas vitais, minimizando custos operacionais e evitando fracassos. O diagrama de Pareto é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática e quando se tem um grande número de problemas e recursos limitados para resolvê-los.

2.5.3.5 – Ferramenta da Qualidade: Carta de Controle

A carta de controle é simplesmente um gráfico de acompanhamento para verificar quanto de variabilidade do processo é devido à variação aleatória e quanto é devido a causas comuns/ações individuais a fim, de determinar se o processo está sob controle estatístico (Werkema 2012 c).

Segundo CNA (2010), os objetivos da carta de controle são:

- Monitorar - observar a variabilidade de uma determinada característica do processo;
- Identificar (caracterizar) - detectar causas que geram instabilidade (causas especiais);
- Tomar ações - prevenir as causas de instabilidade.

3. METODOLOGIA

3.1– Descrição da pesquisa

Este capítulo tem por finalidade apresentar os aspectos metodológicos aplicados nesta pesquisa que visam caracterizar os métodos e as técnicas de investigação científica. O desenvolvimento de uma pesquisa científica deve agregar valor para a comunidade científica e principalmente para sociedade, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida (Gil, 2002).

Para Silva e Menezes (2005), a pesquisa é um conjunto de ações e propostas com o objetivo de encontrar soluções para um problema, em geral, a pesquisa acontece quando tem um problema e não se têm informações para solucioná-lo.

Segundo Silva e Menezes (2005 apud Demo, 1996, p.34), a pesquisa também é definida como uma atividade cotidiana, um questionamento sistemático, crítico e criativo ou um diálogo crítico e permanente com a realidade em sentido teórico e prático.

Gil (2002, p.19) afirma que:

“A pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Na realidade, a pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados.”

Para Silva e Menezes (2005 Apud Gil, 1991, p.45-61) a pesquisa pode ser classificada como:

- De acordo com a natureza:
 - ✓ Pesquisa Básica gera novos conhecimentos e contribuição para o avanço da ciência e sem aplicação prática prevista;
 - ✓ Pesquisa Aplicada gera novos conhecimentos, focada na solução de problemas específicos e com aplicação prática prevista;
- De acordo com a forma de abordagem do problema:

- ✓ Pesquisa Quantitativa: considera tudo que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números as informações para analisar, requer utilização de recursos e técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão);
- ✓ Pesquisa Qualitativa, onde há uma relação dinâmica entre o mundo real e o teórico. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo da pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave da pesquisa;
- De acordo com os objetivos:
 - ✓ Pesquisa Exploratória: visa proporcionar mais familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito;
 - ✓ Pesquisa Descritiva: visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis;
 - ✓ Pesquisa Explicativa: objetiva identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofunda o conhecimento da realidade explica a razão;
- De acordo com os procedimentos técnicos:
 - ✓ Pesquisa Bibliográfica: quando elabora a partir de material já publicado, constituído principalmente por livros e artigos de periódicos;
 - ✓ Pesquisa Documental: quando elaborada a partir de material que não recebeu tratamento analítico;
 - ✓ Pesquisa Experimental: quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;

- ✓ Levantamento: quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;
- ✓ Estudo de caso: quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento;
- ✓ Expo-Facto quando o experimento se realiza, depois dos fatos.
- ✓ Pesquisa Ação: quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo;
- ✓ Pesquisa Participante: quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisador e membros das situações investigadas;

3.2 – Métodos de Pesquisa

A escolha da metodologia está diretamente relacionada com o problema a ser estudado. A escolha dependerá dos vários fatores relacionados com a pesquisa, ou seja, a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa, os recursos utilizados e outros elementos que possam surgir no campo de estudo. Para o levantamento dos métodos de pesquisa, foi utilizada a tipologia de Filippini (1997 apud MIGUEL, 2012, p.66):

- Levantamento tipo *survey*: uso de instrumento de coleta de dados únicos (em geral questionário), aplicado a amostras de grande tamanho, como uso de técnicas de amostragem e análise e inferência estatística;
- Estudo de caso: análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e presença da interação entre pesquisados e objeto de pesquisa;
- Modelagem (ou modelamento): uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou de parte de sistema produtivo;
- Simulação: uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou de parte de um sistema produtivo;

- Estudo de campo: outros métodos de pesquisa (principalmente de abordagem qualitativa) ou presença de dados de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa;
- Experimento: estudo da relação causal entre duas variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador;
- Técnicos/ conceitual: discussões conceituais a partir da literatura, revisões bibliográficas e modelagens conceituais.

3.3- Métodos Utilizados na Pesquisa

De acordo com a natureza, é uma pesquisa aplicada, pois o foco na solução melhoria do processo. Conforme os objetivos é uma pesquisa descritiva, pois realizou-se a descrição de todas as características do processo, com objetivo de melhoria e otimização. A abordagem da pesquisa foi Qualitativa, realização de coletas de dados, antes e depois das melhorias implementadas, a fim de evidenciar os resultados alcançados.

O procedimento utilizado na pesquisa foi pesquisa bibliográfica, com utilização de bibliografia atualizada e especializada e pesquisa documental, pois utiliza-se dados da empresa, que foi objeto de estudo. E o método da pesquisa, foi estudo de caso, com realização de análise aprofundada nas atividades de logística reversa, em uma indústria de refrigerantes. A Figura 11 ilustra como está estruturada a pesquisa e seus pressupostos metodológicos.

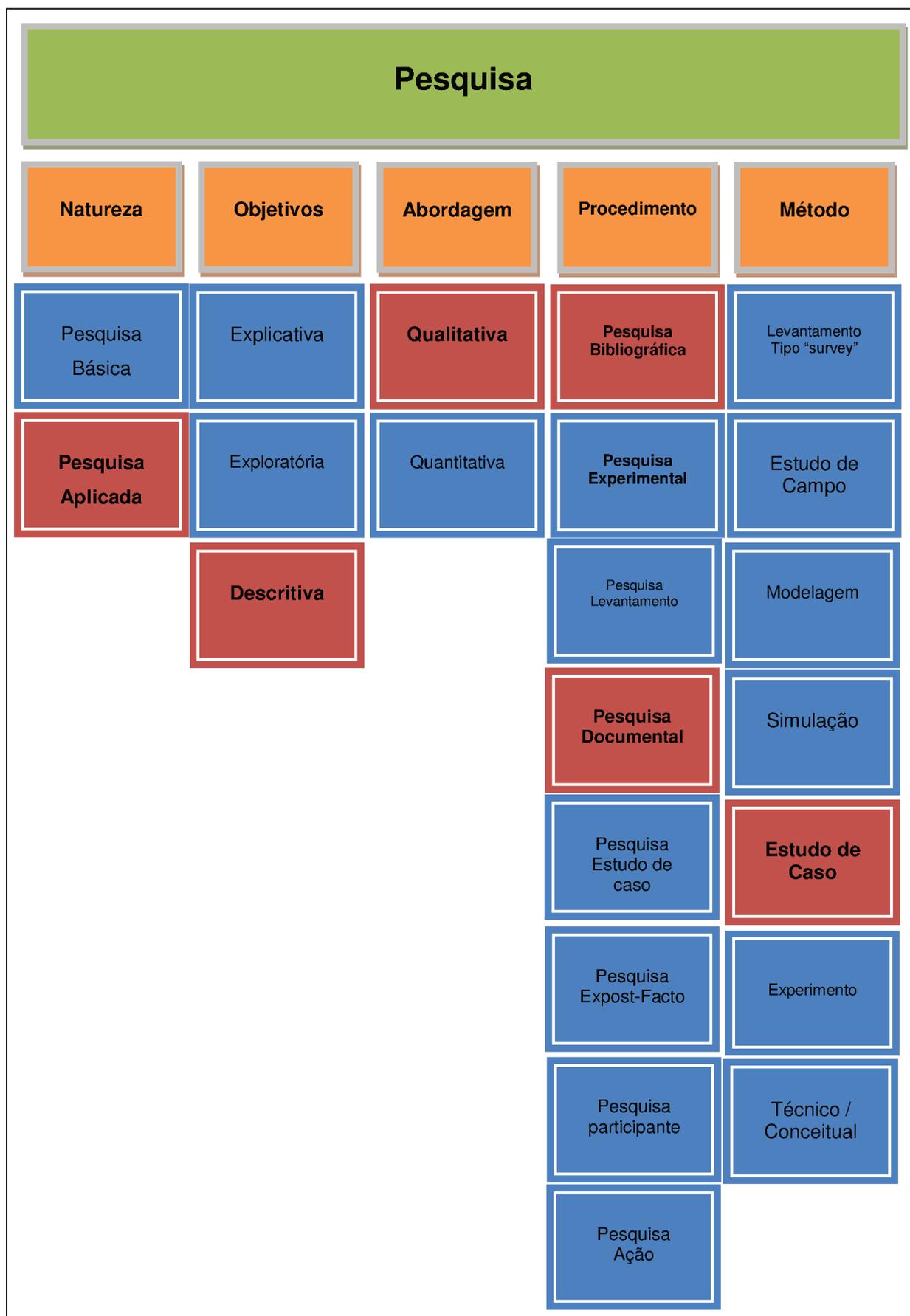


Figura 11 – Estrutura da Pesquisa

Fonte: Autor

4. DESENVOLVIMENTO

4.1– Apresentação da Empresa

A empresa estudada ora chamada 'XFT' é uma empresa multinacional com grande presença na América Latina na área de engarrafamento de refrigerantes. A empresa atua no Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. A empresa produz e distribui refrigerantes. Possui quatro Centros de Distribuição espalhados nos três estados mencionados. Além disso, emprega 2 mil pessoas, que atendem 4,5 milhões de consumidores.

4.2– Definição do Processo de Produção

A fábrica de refrigerante é considerada uma indústria de transformação, pois têm vários processos, inclusive químicos, para que se possa obter o produto final.

Segundo dados da empresa estudada, o processo básico para obtenção do refrigerante é realizado a partir do preparo do xarope composto. No entanto, para se chegar ao composto é necessário antes preparar o xarope simples, realizando a dissolução de açúcar em água quente tratada.

Após está etapa, adiciona-se ao xarope simples, conservantes, acidulantes e o aroma que juntos irão compor o sabor da bebida, produzindo dessa forma o xarope composto que receberá a água gaseificada para, finalmente, transformar-se no refrigerante.

A Figura 12 mostra o processo de produção de refrigerantes. A ilustração mostra o panorama geral da fábrica, especificando todo o funcionamento interno da produção.

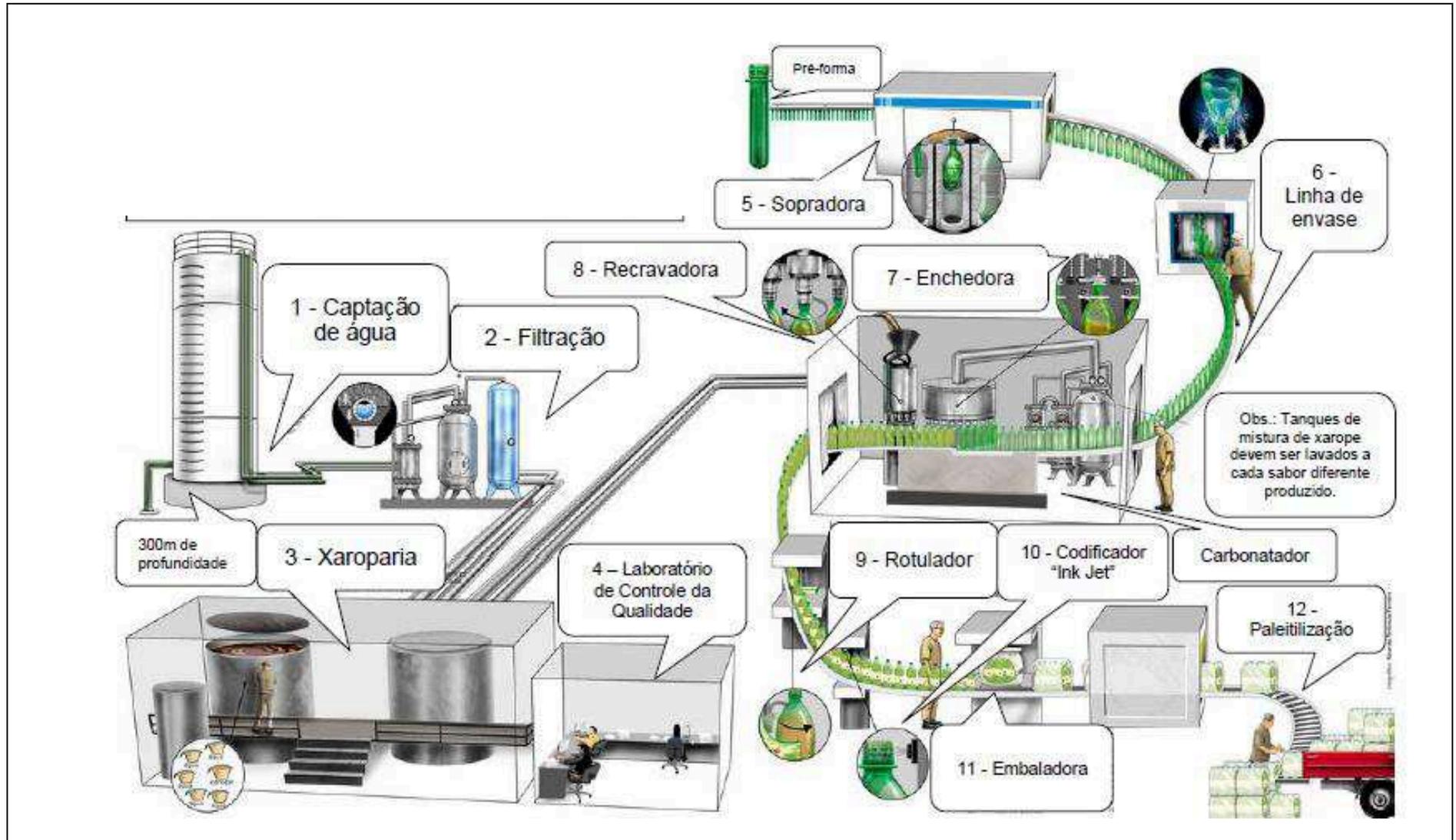


Figura 12 – Processo de Produção de Refrigerante

Fonte: Empresa Pesquisada (2015)

A seguir, a descrição de cada etapa do processo de produção:

- **Captação de água:** geralmente faz-se a captação da água de poços, devido a este tipo de água ser considerada de boa qualidade. Na Figura 11 a referência é por um poço com uma profundidade de 300m;
- **Filtração:** para garantir a qualidade da água que é utilizada na produção, após a captação, é necessário que ela passe por um processo de filtragem em super filtradores constituídos por microporos (com medida de 5 micra - sendo que 1 micron é equivalente a 1 milímetro dividido em mil partes) Estes filtradores farão a retenção de sujidades;
- **Xaroparia:** local onde se prepara o xarope e também pode ser chamado de laboratório. Comumente é onde ocorre a mistura do açúcar com a formulação dos outros aditivos (aroma, extrato e ácido cítrico, por exemplo) e a água. A Figura 11 exemplifica uma produção que mistura uma parte de xarope para cinco partes de água;
- **Laboratório de controle de qualidade:** é o local onde as amostras dos produtos, recolhidas diariamente, são analisadas para que seja possível verificar os padrões de qualidade e exigências solicitadas por órgãos fiscalizadores;
- **Sopradora:** a matéria-prima das embalagens, chamada Politereftalato de Etileno (PET), chega até a indústria em um tamanho padronizado que não é o formato desejável para acondicionamento do refrigerante. Para transformá-lo em uma garrafa, é utilizada a sopradora, que aquece o material, amolecendo-o. Após isto, o material segue por uma fôrma que irá moldá-lo no adequadamente. Por fim, o material moldado é resfriado para enrijecimento tornando-se a embalagem final;
- **Linha de envase:** com os moldes das garrafas já soprados, as garrafas são encaminhadas para lavagem, interna e externa com um jato de água pressurizada adicionada de cloro;
- **Enchedora:** esta etapa condiciona o enchimento das garrafas com a bebida isobaricamente, ou seja, a uma pressão constante;
- **Recravadora (rosqueadora):** após a garrafa ser completamente preenchida com a quantidade previamente determinada, este equipamento enrosca a tampa e aperta fechando-a corretamente;

- **Rotuladora:** este é processo em que a garrafa recebe a identificação com a colagem do rótulo, geralmente com uma cola a base de cera de abelha para que não ocorra nenhuma interferência no sabor do refrigerante. A garrafa chega até o equipamento, é girada para que o rótulo seja colado;

- **Codificadora *Ink Jet*:** o processo de produção está praticamente acabado, passando por esse equipamento o conjunto (garrafa e tampa) recebe uma gravação (impressora industrial), que especifica o lote (indicando o tanque de onde, exatamente, saiu aquela bebida) e a data de validade na tampa da garrafa;

- **Embaladora:** finalizando o processo esta etapa agrupa as embalagens PET em seis ou doze unidades. Inicialmente o conjunto de garrafas passa pela máquina e recebe um plástico que as envolve previamente. Após isto, esse pré-pacote passa por um espaço aquecido a 180°C, em que o plástico irá encrespar e tornar-se rígido com o resfriamento já no formato das embalagens, dessa forma lacrando adequadamente o conjunto de PETs;

- **Paletização:** esta etapa final garante um transporte seguro ao produto final, pois os pacotes formados são colocados em grades, e depois recebem outra camada de um filme plástico para garantir que as embalagens não caiam durante o transporte.

4.3 - Definição do Processo de Logística Reversa

O processo reverso inicia-se após o consumo da bebida pelo cliente. O vasilhame é recolhido pelo Setor de Logística da empresa, nos clientes e também nos Centros de Distribuição (CD). Posteriormente são encaminhados para a fábrica, levados para realização de inspeção, para que sejam re-inseridos no processo produtivo e/ou para reciclagem, caso seja detectado algum problema que impeça seu reaproveitamento. A Figura 13 mostra o fluxo do retorno de garrafas ao processo produtivo da engarrafadora.

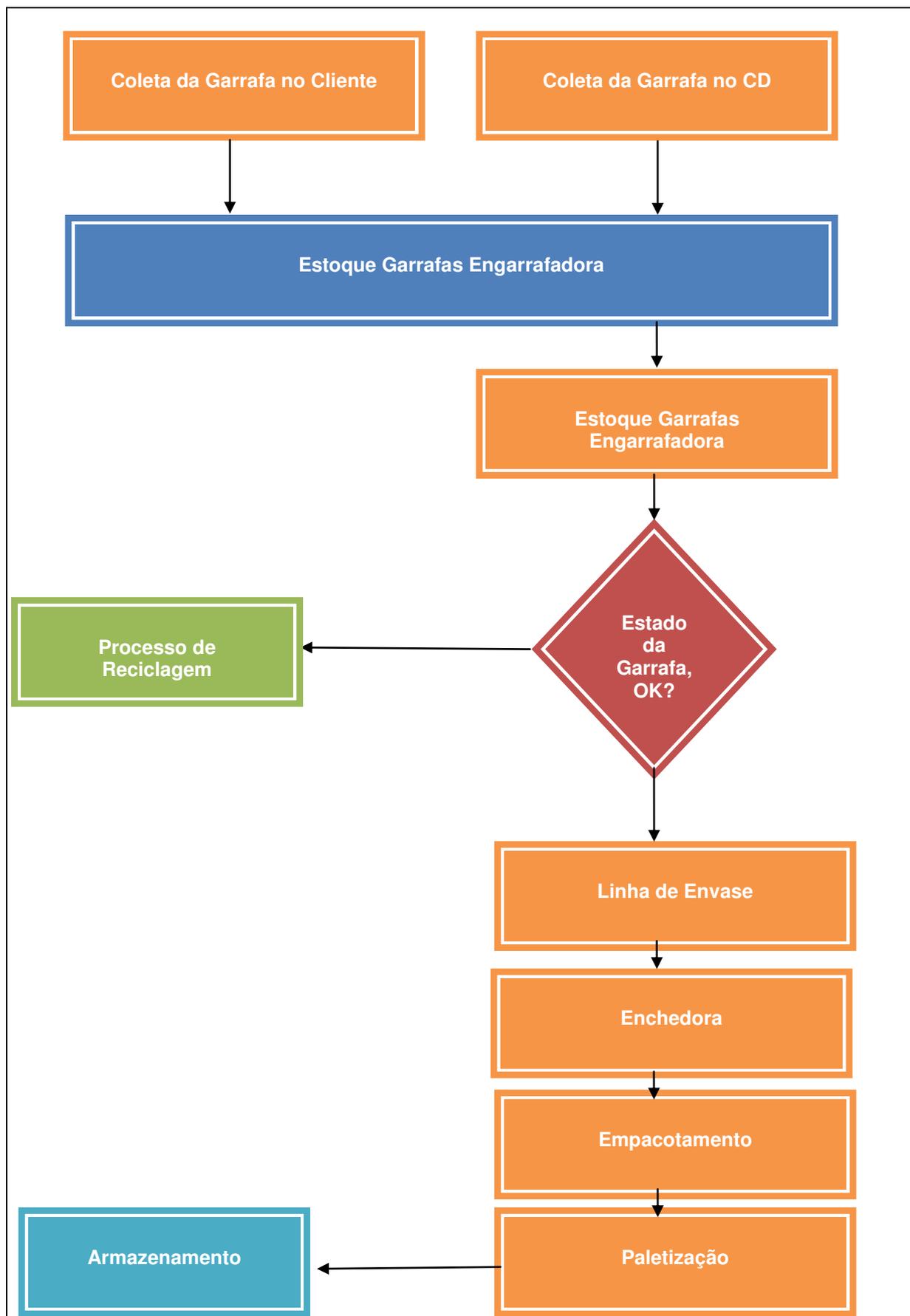


Figura 13 – Fluxograma do Processo de Logística Reversa

O Fluxograma apresenta as atividades de estocagem e de identificação do estado da garrafa, onde localizam-se os maiores gargalos do processo de logística reversa.

Dependendo de como o processo de logística reversa é planejado e controlado, existirá uma maior ou menor eficiência. Existem alguns fatores críticos que contribuem positivamente para o desempenho do sistema de logística reversa:

- Controles de entrada: No início do processo de logística reversa é preciso identificar corretamente o estado dos materiais que retornam para que estes possam seguir o fluxo reverso correto;
- Tempo de ciclo reduzidos: Tempo de ciclo se refere ao tempo entre a identificação da necessidade de reciclagem, disposição ou retorno de produtos e seu efetivo processamento;
- Rede logística reversa planejada: Da mesma forma que no processo logístico direto, a implementação de processos logísticos reversos requerem a definição de uma infraestrutura logística adequada para lidar com os fluxos de entrada e fluxos de saída;

Para que fossem visualizados os pontos críticos, foi elaborado um Mapeamento do Fluxo de Valor (ou *Value Stream Mapping - VSM*), do processo de logística reversa da engarrafadora, para analisar quais atividades agregam ou não valor ao produto final.

4.4 - Mapeamento do Fluxo do Valor (ou *Value Stream Mapping – VSM*) Atual

O Mapeamento do Fluxo do Valor (*VSM*) é utilizado para que se visualize o que agrega valor e não agrega valor além de facilitar o entendimento do fluxo do processo. A Figura 14 mostra o ‘mapeamento do fluxo de valor’ atual do processo do retorno de garrafas ao processo produtivo da engarrafadora.

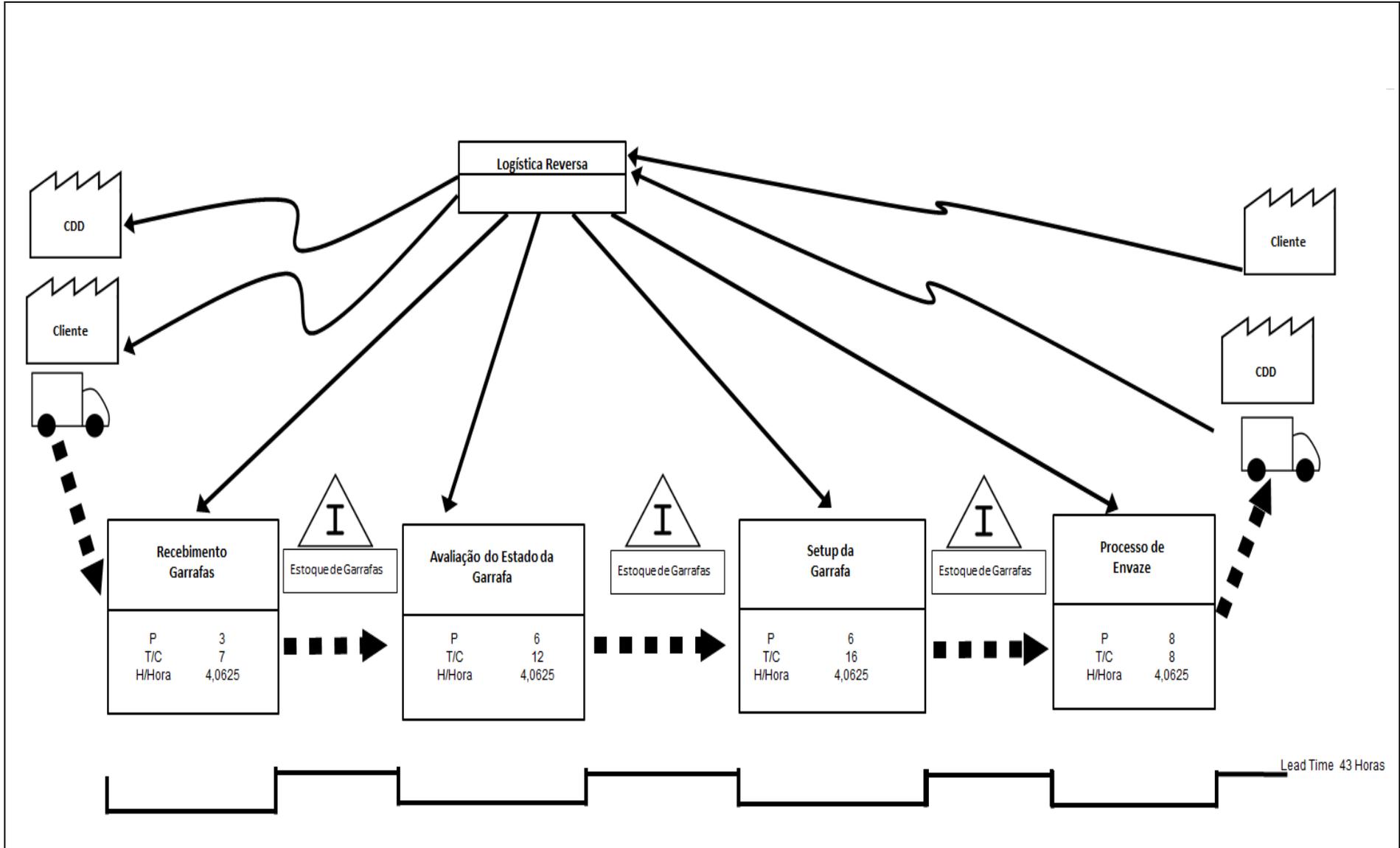


Figura 14 – Mapeamento do Fluxo do Valor (ou Value Stream Mapping – VSM) Atual

Para realizar o processo de logística reversa apresentado na Figura 12, a empresa necessitava de um total de 24 colaboradores que atuavam em todas as atividades consumindo um *lead time* de 43 horas. Havia a necessidade de se manter estoques intermediários entre cada atividade (recebimento garrafas, avaliação do estado da garrafa e *setup* da garrafa).

‘O Mapeamento do Fluxo do Valor (VSM) Atual’ apresentou uma visão profunda do processo, facilitando a identificação dos desperdícios e o que não agregava valor.

Foram então respondidas as três perguntas pertinentes a técnica VSM, de acordo com o que define a literatura:

- Onde estão as etapas que agregam valor?
- Como o trabalho pode ser executado com mais velocidade?
- Onde está a variabilidade do processo?

Desta forma, realizou-se o ‘Evento *Kaizen*’, para que se fossem respondidas as perguntas e conseqüentemente melhorias fossem propostas.

4.5 - Evento *Kaizen*

O ‘Evento *Kaizen*’ foi estruturado para encontrar e aplicar técnicas de melhorias contínuas.

O ‘Evento *Kaizen*’ tem o objetivo de propor soluções rápidas e simplificadas, sobre um problema específico para posteriormente fazer-se a seleção, neste aglomerado de sugestões, das melhores consideradas melhorias simples e rápidas.

No planejamento do ‘Evento *Kaizen*’, todas as etapas são de suma importância para que se possa alcançar os objetivos almejados. Destaca-se a etapa de formação e treinamento da equipe, pois os membros deverão desenvolver os melhores resultados para melhorar do processo. A Figura 15 apresenta o planejamento do evento.

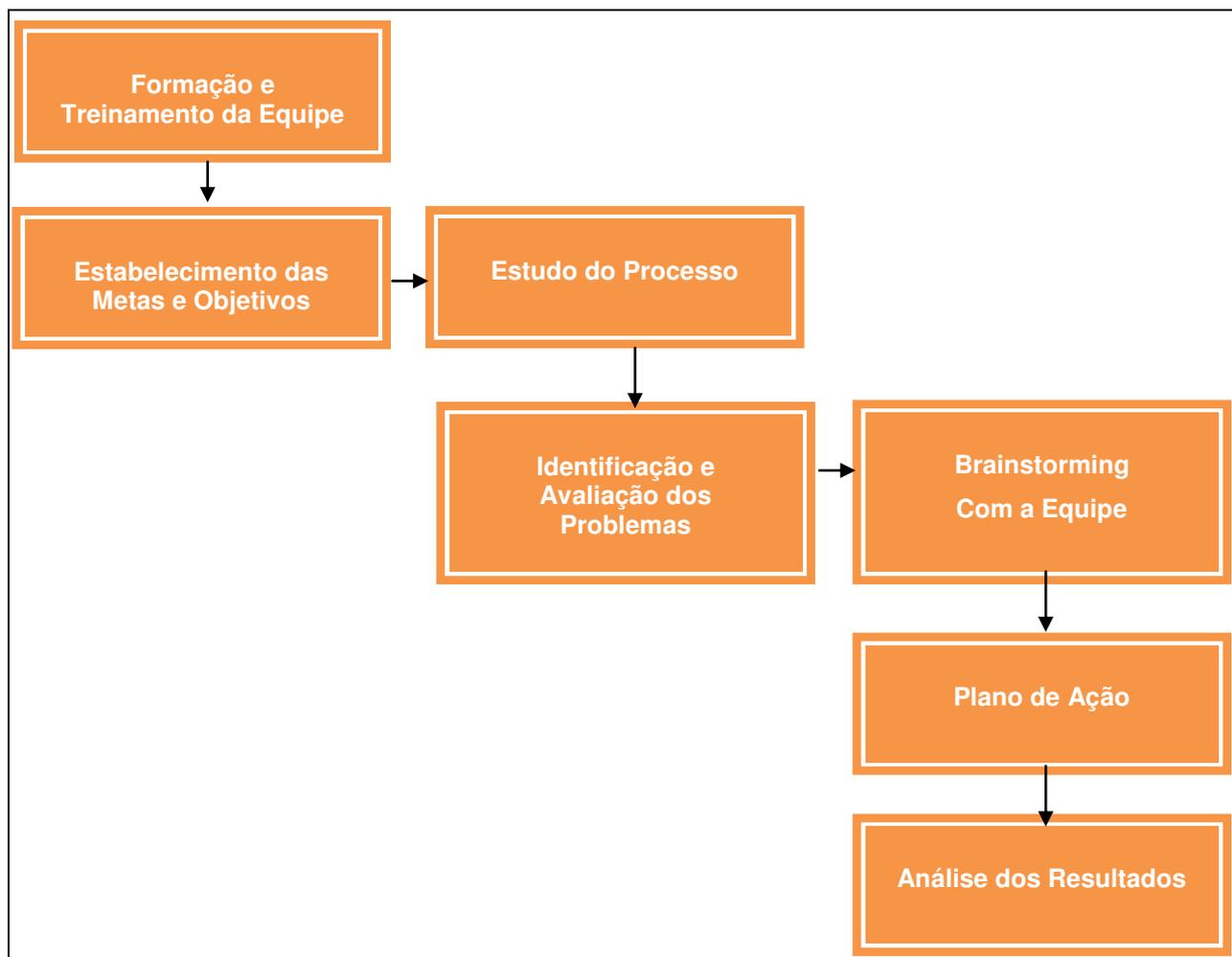


Figura 15 – Planejamento do ‘Evento *Kaizen*’

Os passos do ‘Evento *Kaizen*’ foram:

- Formação da Equipe e Treinamento – formação de um time de trabalho com 10 integrantes, com os colaboradores elencados da seguinte forma:
 - ✓ Líder do ‘Evento *Kaizen*’: responsável do ‘Evento *Kaizen*’ e com conhecimento da ferramenta;
 - ✓ Coordenador do ‘Evento *Kaizen*’: coordenação do evento e toda a logística;
 - ✓ *Sponsor* do ‘Evento *Kaizen*’: Responsável por obter os recursos necessários e eliminar barreiras;
 - ✓ Quatro Colaboradores do setor de logística onde foi desenvolvido a melhoria do processo;

✓ Três Colaboradores de outros setores convidados para participar, por serem afetados pelos resultados do evento.

- Estabelecimento das Metas e Objetivos: objetivos e metas estabelecidas para 'redução do tempo de ciclo de retorno da garrafa para linha de produção';
- Estudo do Processo: utilizando os conceitos do *Lean manufacturing*, foi realizado o 'Mapa do Fluxo do Valor Atual', identificando os desperdícios, avaliando suas causas e impactos e por meio desta análise, propondo alternativas para eliminação e melhoria;
- Identificação e Avaliação dos Problemas: Análise criteriosa das 'causas raiz' dos problemas e opções de correção;
- *Brainstorming* com a equipe: Promoção de reuniões com toda a equipe, visando obter conhecimento das principais deficiências do processo, sugerindo sempre alternativas de melhorias;
- Plano de Ação: Desenvolvimento de um plano de ação, com todos os problemas e suas respectivas ações corretivas;
- Análise dos Resultados: Resultados finais e a conclusão dos resultados alcançados em função das melhorias implantadas.

Para o 'Evento *Kaizen*', foi desenvolvida uma Agenda, conforme o Quadro 11.

Agenda Evento <i>Kaizen</i>				
1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia
Reunião de <i>Kick - Off</i>	Estudo do Mapeamento do Fluxo do Valor	Implementação das Oportunidades	Implementação das Melhorias	Compilação dos Resultados
Treinamento	Levantamento das Oportunidades	Definição do Mapeamento do Fluxo do Valor Futuro	Validação do Mapeamento do Fluxo do Valor Futuro	Apresentação dos Resultados
	Planejamento da Execução das Oportunidades	Elaboração da Documentação do Evento <i>Kaizen</i>	Simulação do Piloto do Mapeamento do Fluxo do Valor Futuro	Análise dos Resultados

Quadro 11 – Agenda 'Evento *Kaizen*'

4.5.1 - Resultados do 'Evento Kaizen'

Com a realização do Evento *Kaizen*, pôde-se identificar deficiências nas etapas do fluxo do valor. As deficiências encontradas em cada etapa foram associadas aos tipos de desperdícios, conforme determina a filosofia *lean*. Para que se identificasse quantitativamente a intensidade desta associação, foi utilizada uma escala numérica de três valores:

1 = Indica fraca associação;

3 = Indica associação razoável;

9 = Indica forte associação.

Na Tabela 1 apresentam-se os desperdícios encontrados.

Tabela 1 – Desperdícios Encontrados

Desperdícios								
Etapas	Descrição	Desperdícios						
		Super Produção	Espera	Transporte	Retrabalho	Inventário	Movimento	Defeito
Recebimento da Garrafa	Recebimento da Garrafa que retorna dos Centros de Distribuição e dos Clientes.	1	9	3	3	9	9	1
Avaliação do Estado da Garrafa	Avaliação do Estado da Garrafa: se está em condição de reutilização no processo de produção.	9	9	3	9	1	9	1
Setup da Garrafa	Organização e Separação dos vários tipos de garrafas	3	3	3	3	3	9	3

Conforme apresentado na Tabela 1, na etapa recebimento da garrafa, os desperdícios mais encontrados foram: 'inventário', 'movimento' e 'espera'. Na etapa avaliação do estado da garrafa os desperdícios mais encontrados foram: 'superprodução', 'espera', 'retrabalho' e 'movimento'. E na etapa *setup* da garrafa o desperdício mais encontrado foi 'movimento'.

A priorização dos tipos de desperdícios no processo serviu como apoio para que os membros da equipe buscassem causas fundamentais e o encontrassem soluções efetivas para todos os desperdícios.

O Gráfico 2 apresenta a classificação dos desperdícios conforme os dados obtidos.

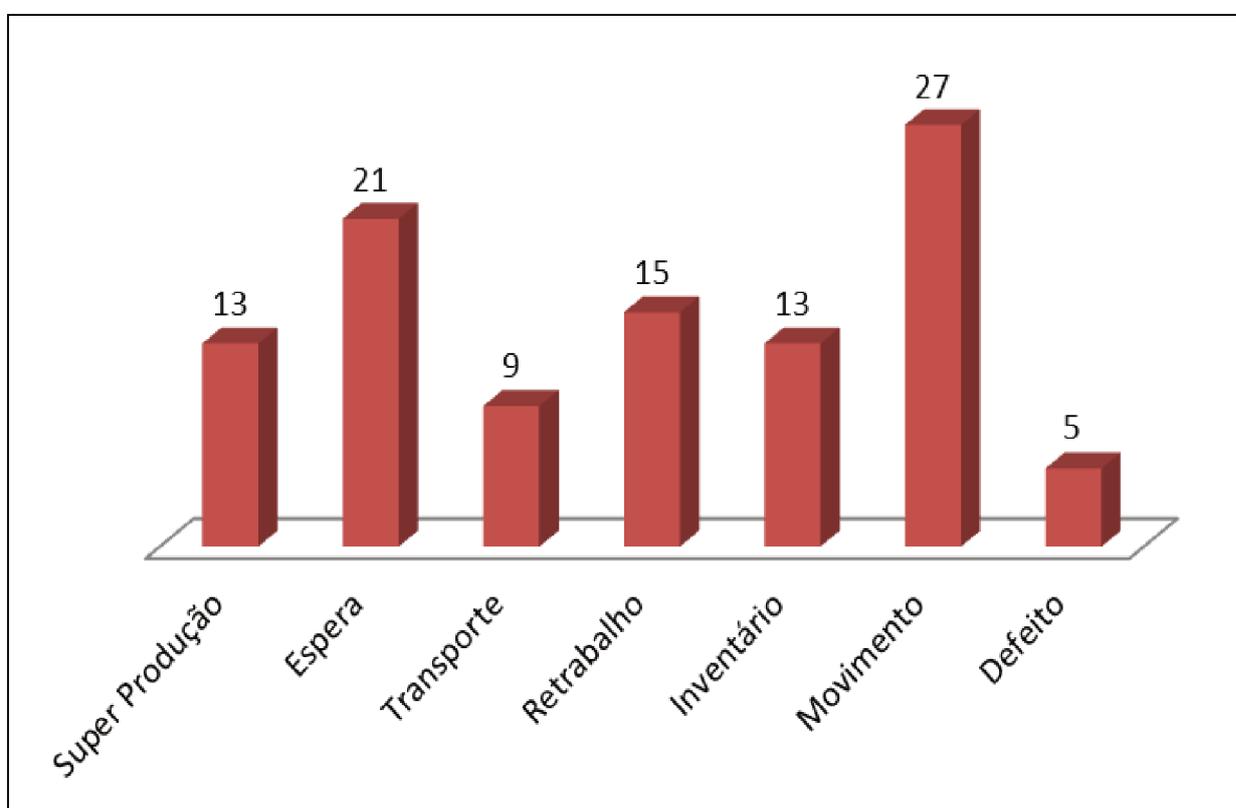


Gráfico 2 – Classificação dos Desperdícios

Conforme exposto no Gráfico 2, os desperdícios citados como constantes em todo o processo foram: movimento, espera, retrabalho e inventário.

A partir da identificação dos desperdícios, pôde-se apresentar uma proposta de melhorias para o processo de retorno de garrafas, para torná-lo mais rápido e menos oneroso.

Na Tabela 2 foram incluídos os critérios do diagrama de PACE (P = implantação fácil e benefício grande; A = implantação fácil e benefício pequeno; C =

implantação difícil e benefício grande e E = implantação difícil e benefício pequeno), necessários para priorizar a implementação das diversas ações de melhorias oriundas do 'Evento *Kaizen*'.

Tabela 2 – Propostas de Melhoria

Propostas de Melhorias		
Etapa	Solução	Critério PACE
Recebimento da Garrafa	• Padronização do processo recebimento	P
	• Gestão Visual com informações dos lotes recebidos	A
	• Utilização de Cartões <i>Kanban</i> para identificação do estado e família das garrafas	C
Avaliação do Estado da Garrafa	• Padronização do processo de identificação do estado da garrafa	A
	• Gestão Visual com informações dos lotes de garrafas	P
	• <i>Poka Yoke</i> na Identificação da Garrafa: para que as garrafas possam apresentar um estado satisfatório para reutilização no processo produtivo	C
Setup da Garrafa	• Aplicar o '5S' no momento de recolhimento da garrafa no cliente e no CD	C

As melhorias foram apresentadas para cada etapa do processo:

- Etapa: Recebimento da Garrafa:
 - ✓ Padronização do Processo de Recebimento;
 - ✓ Gestão Visual: Elaboração do 'Quadro Gestão a Vista' com informações relevantes sobre os lotes de garrafas;
 - ✓ Cartão *Kanban*: Desenvolvimento de um 'Projeto de Cartão *Kanban*', para acompanhamento dos lotes da garrafa, desde a chegada na empresa até a entrada na linha de produção.
- Etapa: Avaliação do Estado da Garrafa:
 - ✓ Padronização do processo de 'Identificação do Estado da Garrafa';

- ✓ Gestão Visual: Elaboração do ‘Quadro Gestão a Vista’ com informações relevantes sobre os lotes de garrafas;
- ✓ Poka Yoke para identificação do estado da garrafa.
- Etapa: *Setup* da Garrafa
 - Aplicação do ‘5S’ no momento de recolhimento da garrafa no cliente e no CD.

4.5.2– Variabilidades no Processo

No momento do *brainstorming* com a equipe, observou-se a necessidade da realização de um estudo mais específico com Metodologia Seis Sigma para redução das variabilidades no processo. Para que os resultados fossem visualizados, então, foi utilizado como base, o Gráfico 1 que apresenta os limites inferior e superior encontrados.

4.5.3– Plano de Ação

Após a realização do ‘Evento *Kaizen*’, as melhorias propostas foram assumidas em sua totalidade e as ações então, elencadas conforme o Quadro 12.

Plano de Ação	
Etapa	Solução
Recebimento da Garrafa	Gestão Visual com informações dos lotes recebidos;
	Utilização de Cartões <i>Kanban</i> para identificação do estado e família das garrafas;
Avaliação do Estado da Garrafa	Gestão Visual com informações dos lotes de garrafas;
	<i>Poka Yoke</i> na identificação da garrafa, para que elas pudessem ser inseridas em bom estado para reutilização no processo produtivo;
<i>Setup</i> da Garrafa	Aplicar o ‘5S’ no momento de recolhimento da garrafa no cliente e no CD;
	Projeto Seis Sigma para redução da variabilidade do processo.

Quadro 12 – Plano de Ação

O plano de ação então, definiu responsabilidades para sua implementação, evitando assim melhorias pontuais e sem foco, trazendo ganhos reais de incremento de desempenho, que é o que a filosofia *lean* proporciona para as organizações.

4.6- Projeto Seis Sigma: Otimização das Atividades de Logística Reversa

O Projeto seguiu a Metodologia *DMAIC*. A primeira fase do projeto foi focada compreensão do processo e a identificação do problema. A segunda fase visou medir o problema. Terceira fase procurou analisar as variáveis e os dados do problema.

Na quarta fase foram utilizados os resultados das fases anteriores para definir, testar e operacionalizar as melhorias e a fase final visou garantir que todas as mudanças seriam incorporadas e com resultado satisfatório.

4.6.1 - Escopo do Projeto

A Tabela 3 apresenta o Escopo do Projeto.

Tabela 3 – Escopo do Projeto

Termo de Abertura do Projeto
Escopo do Projeto
<ul style="list-style-type: none"> • VOZ DO CLIENTE: Redução do tempo de Ciclo das Garrafas retornáveis • DECLARAÇÃO DO CTQ (Crítico para a Qualidade – Requisito do Cliente): A garrafa deve retornar a linha de produção no prazo de 24 horas • DEFINIÇÃO DO DEFEITO para o Y (Métrico de Engenharia): Dias excedentes no prazo de 15 dias • Capacidade de produção: 100 milhões de caixas unitárias por ano • Em 1 ano a estimativa de custo será de: R\$ 1.200.000,00 • DECLARAÇÃO DO PROBLEMA, ESCOPO E OBJETIVO: As garrafas retornáveis após chegar na fábrica, demora em média de 36 horas para retornar para o processo de envase. Estas atividades são desenvolvidas na área de inspeção da produção. Tem como objetivo reduzir em 45,8% o tempo de ciclo.

4.6.1.1 - Cronograma do Projeto

A Figura 16 apresenta o Cronograma do Projeto, com as informações sobre a duração do projeto e as fases de execução.



Figura 16 – Cronograma do Projeto

4.6.2 – Fase I: Definir

Nesta fase foram utilizadas as ferramentas: VOC (Voz do Cliente), CTQ (Críticos da Qualidade), Diagrama de Causa e Efeito e Matriz de Causa e Efeitos.

4.6.2.1 – VOC – CTQ

VOC (Voz do Cliente) e CTQ (Críticos da Qualidade), foram utilizadas para identificar os requisitos da qualidade, que o projeto atendeu para obter sucesso na sua implementação. A Tabela 4 apresenta estes requisitos.

Tabela 4 – VOC - CTQ

VOC	Problemas Chaves	Requisitos (CTQ)
Tempo de realização do ciclo	Padronização Processo	Rapidez no Atendimento
Problema na Identificação do estado da garrafa no momento da coleta	Infraestrutura adequada para controlar os fluxos de entrada no processo.	Menor Custo
		Garrafa com qualidade
		Infraestrutura de controle com qualidade

4.6.2.2 – Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito foi utilizado para identificar, explorar, e expor graficamente possíveis causas relacionadas aos problemas ou condições. A Figura 17 apresenta o Diagrama de Causa e Efeito do Projeto.

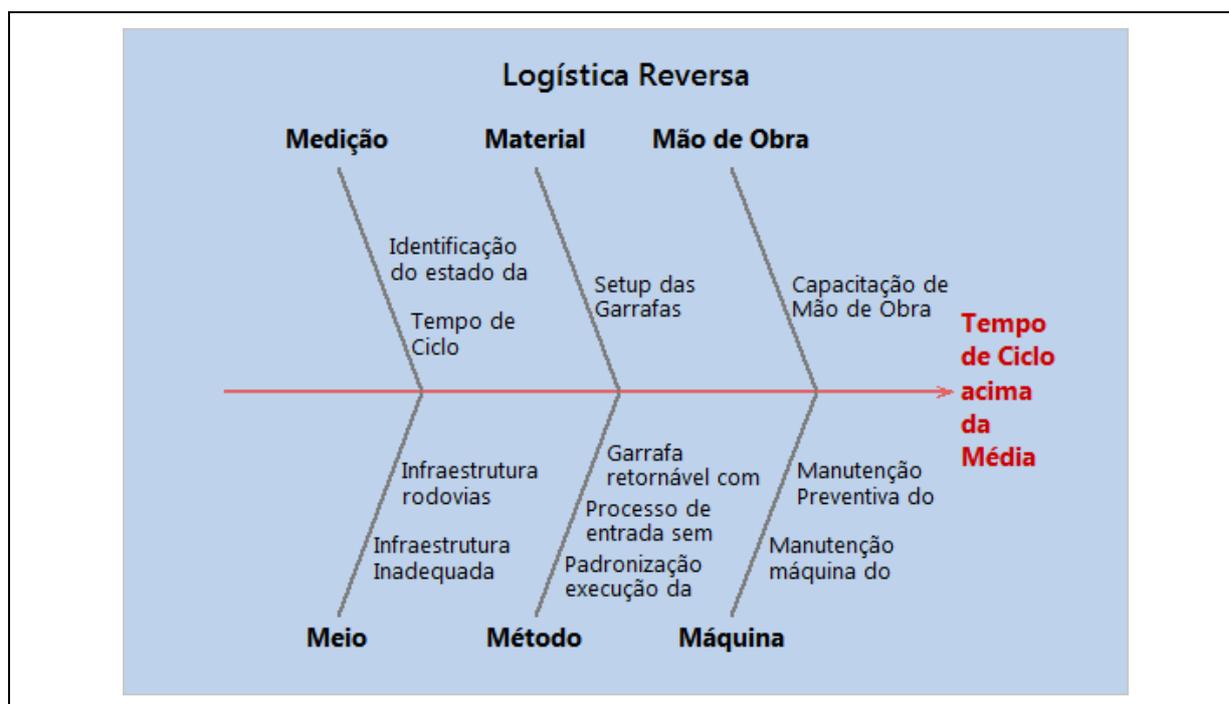


Figura 17 – Diagrama de Causa e Efeito do Projeto

Por meio do diagrama foi possível estruturar hierarquicamente as causas dos problemas e oportunidades de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade.

4.6.2.3 - Matriz de Causa e Efeito

A 'Matriz da Causa e Efeito' combinou as informações do fluxograma e os CTQs do cliente (efeitos) e os relacionou com as características do processo (causas) que podiam gerar impactos sobre esses efeitos. Elaborou-se a Tabela 5 que apresenta a 'Matriz de Causa e Efeito' do projeto.

Tabela 5 – Matriz de Causa e Efeito

Critérios de Pontuação:				
Baixa = 1				
Média = 5				
Alta = 9				
				Total
	<i>Process Step</i>	<i>Process Input</i>		
1	Processo	Padronização execução da tarefa	5	45
2	Processo	Processo de entrada sem qualidade	5	45
3	Logística	Garrafa retornável com defeito	5	45
4	Processo	Identificação do estado da garrafa	9	81
5	Processo	<i>Setup</i> das Garrafas	9	81
6	Processo	Infraestrutura Inadequada	5	45
7	Logística	Infraestrutura rodovias	1	9
8	TPM	Manutenção máquina do Processo Produção	1	9
9	TPM	Manutenção Preventiva do Caminhão	5	45
10	Processo	Tempo de Ciclo	9	81
11	Treinamento	Capacitação de Mão de Obra	5	45

Analisar e quantificar as relações entre cada entrada e cada saída listadas pela colocação de um critério de pontuação (baixa = 1; média = 5; alta = 9), na intersecção da matriz de cada linha e coluna. Fortes relações causa-efeito são pontuadas como 9s; relações de causa e efeito moderado obter 5s; relações fracas são 1s.

Para a conclusão da matriz de causa e efeito, multiplica-se os valores pontuados pelo critério de pontuação pelo o maior peso do critério de pontuação.

As linhas com menores pontuações, deve-se ignorar uma análise mais aprofundada e as linhas com altas pontuações indica-se que ser alvo de um estudo mais aprofundado.

4.6.3- Fase II: Medir

Nesta fase, por ser um projeto por atributo, utilizou-se as seguintes ferramentas: R&R (Repetibilidade / Reprodutibilidade), MAS (Definição Operacional) e Nível Sigma do Processo.

4.6.3.1 – R&R – Repetibilidade / Reprodutibilidade

O Teste R&R determinou o padrão para medição no plano de coleta de dados, elaborou-se a Tabela 6 apresentando o Teste R&R do projeto.

Tabela 6 – Teste R&R

Teste R&R

A garrafa não poderá apresentar:

1. Contaminação;
2. O bico não poderá está quebrado e
3. a garrafa não poderá está amassada.

4.6.3.2 - MSA (Definição Operacional)

O MSA (definição Operacional) garantiu-se que a informação coletada é a real representação do que está ocorrendo no processo. A Tabela 7 apresenta a MSA (Definição Operacional) do projeto.

Tabela 7 – MSA (Definição Operacional)

Definição Operacional	
O Tamanho da Amostra:	300 Unidades
Turno:	Tarde
Data de realização:	03/10/2014
Horário:	14:00 a 18:00
Procedimento de Medição:	Foi realizada por cinco colaboradores da empresa responsáveis pela inspeção das garrafas. A partir da solicitação da produção, teve início a formação dos lotes para inspeção, aonde foi avaliado o estado de cada garrafa.

4.6.3.3 - Nível Sigma do Projeto

Após a realização da medição, apresentou-se o 'nível sigma do projeto' usando o gráfico da metodologia de aplicação das práticas Seis Sigma. O objetivo era avaliar quão bom era o desempenho do processo em atender as expectativas dos clientes. A Figura 18 apresenta o 'nível sigma do projeto'.

Amostragem	300	Unidades
Oportunidades de Erro	3	Oportunidades
Unidades com Erro	34	Unidades
<hr/>		
DPU (Defeitos por Unidade)	0,11333	
DPO (Defeitos por Oportunidade)	0,037778	
DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades)	37777,78	
NIVEL SIGMA	1,78	LONGO PRAZO
	3,28	CURTO PRAZO

Figura 18 – Nível Sigma do Projeto

Explicando o cálculo do Nível Sigma do Projeto:

- Desenvolveu-se uma planilha no Microsoft Excel;
- Efetuou-se o lançamento do tamanho da amostra, as oportunidades de erro e o número de erros encontrados;
 - O cálculo do DPU (Defeitos por Unidade) foi efetuado com a divisão das unidades de erro pela amostragem;
 - O cálculo do DPO (Defeitos por Oportunidade) foi efetuado com a divisão dos defeitos por unidade pelas oportunidades de erro;
 - O cálculo do DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidade) foi utilizado a fórmula mencionada no Quadro 8, na Revisão de Literatura;
 - Nível Sigma Longo Prazo foi utilizado a função do Microsoft Excel, INV.NORMP, que retorna o inverso da distribuição cumulativa normal padrão. A distribuição possui uma média igual a zero e um desvio padrão igual a um;
 - Nível Sigma no Curto Prazo é o valor do Nível Sigma no Longo Prazo somando 1,5 sigma.

4.6.4 - Fase III: Analisar

Nesta fase foram apresentadas as futuras oportunidades de melhoria a partir de uma análise dos dados. Nesta fase utilizou-se o Diagrama de Pareto.

4.6.4.1 – Diagrama de Pareto

Foi possível verificar que o $Y = f(x)$ - Pareto dos Defeitos, que 45,8% dos defeitos podiam ser atribuídos a três atividades: 'identificação do estado da garrafa', 'setup das garrafas' e 'tempo de ciclo'.

Então, foi inserido no Termo de Abertura do Projeto, no quesito DECLARAÇÃO DO PROBLEMA, ESCOPO E OBJETIVO, o valor de 45,8% como objetivo para a redução do tempo de ciclo. A Figura 19 apresenta o Diagrama de Pareto do Projeto.

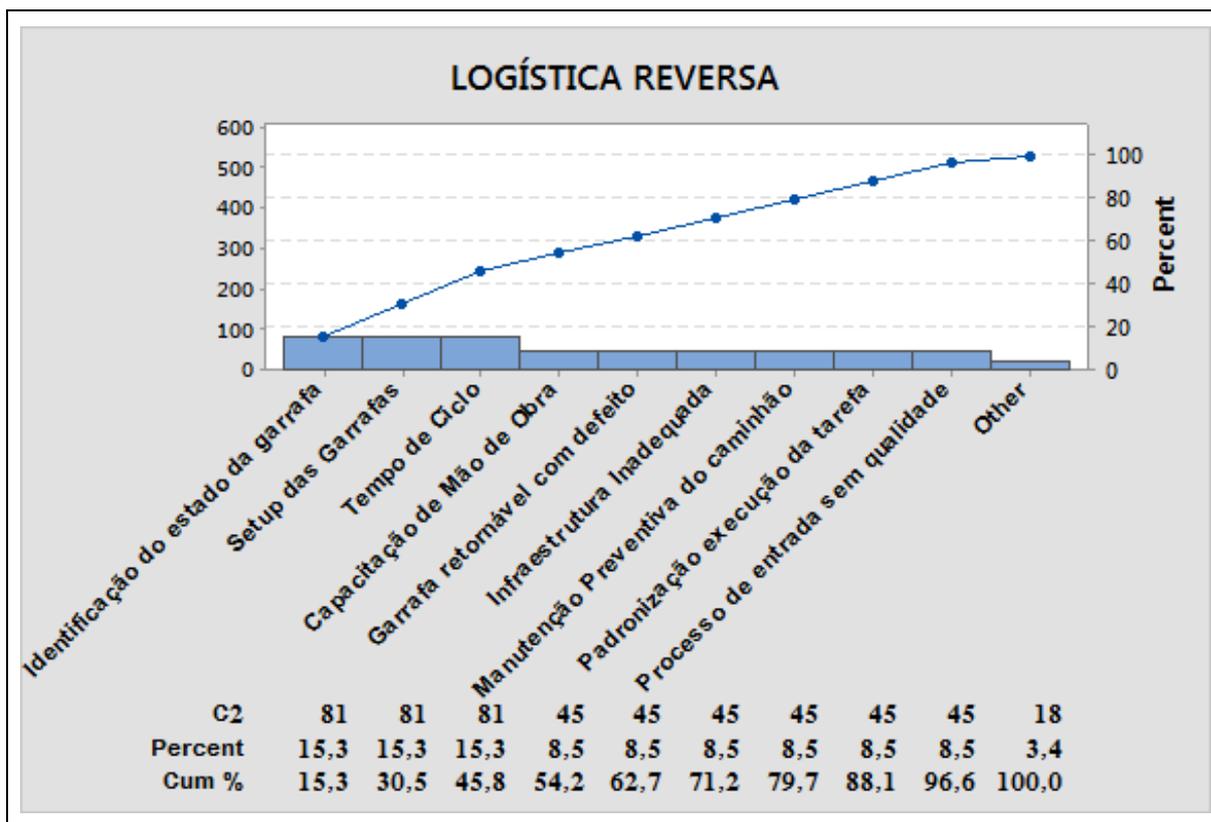


Figura 19 – Diagrama de Pareto

4.6.5– Fase IV: Melhorar

Nesta fase utilizou-se as seguintes ferramentas: Critérios de Avaliação de Melhoria, Matriz de Retornos, Brainstorming e Novo Fluxograma do Processo.

4.6.5.1 – Critérios de Avaliação de Melhoria

Foi dividido em três etapas: definição dos critérios de melhoria (gerando possíveis melhorias), avaliação da melhoria e escolha da melhor opção. A classificação dos critérios de melhorias pode ser dividido em dois grupos:

- Tem-que-ser - são requisitos indispensáveis que podem ser usados para exclusão de alternativas inaceitáveis;
- Desejáveis - são critérios de comparação que podem ser usados como aspecto e características para comparação de uma solução com outra.

A Tabela 8 apresenta os critérios de melhorias do projeto.

Tabela 8 – Critérios de Melhorias

Critérios de Melhorias	
Tem que ser	
<ul style="list-style-type: none"> • Solução não pode violar anormalidade da empresa • Solução não pode por em perigo as pessoas envolvidas no processo 	
Desejáveis	
<ul style="list-style-type: none"> • Solução reduzirá tempo de ciclo do retorno para a linha produção • Solução não adicionará novos custos • Solução pode ser implementada em menos de 3 meses 	

4.6.5.2 - Matriz de Retornos

A Matriz de Retornos foi utilizada para analisar a melhoria que melhor oferecia o mais alto benefício, comparado com a quantidade de esforços requeridos para implementá-la. A Tabela 9 apresenta a Matriz de Retornos.

Tabela 9 – Matriz de Retornos

Benefício	Alto	Infraestrutura de rodovia	Setup da garrafa
		Capacitação de mão de obra	Identificação da garrafa
		Padronização execução da tarefa	Tempo de ciclo
			Garrafa retornável com defeito
			Processo de entrada sem qualidade
			Infraestrutura inadequada
	Baixo	Manutenção do caminhão	
		Manutenção da maquina do processo produção	
		Baixo	Alto
		Esforço	

4.6.5.3 - Brainstorming

Com o objetivo de explorar a potencialidade dos membros da equipe na busca de melhoria para o processo, utilizou-se esta ferramenta, na busca de melhores soluções. A Tabela 10 apresenta o *Brainstorming*.

Tabela 10 – Brainstorming

Brainstorming	
Projeto para Otimização das Atividades Logística Reversa	
Equipe de Trabalho: 1 – Coordenador de Logística; 2 – Analista Logística; 3 – Analista de Estoque; 4 – Supervisor de Logística; 5 – Assistente de Logística; 6 – Assistente de Estoque; 7 – Analista de Qualidade; 8 – Supervisor de Qualidade; 9 – Encarregado de Produção; 10 – Encarregado de Transporte.	
Data da Realização: 10/10/2014	Duração: 3 Horas
Regras do <i>Brainstorming</i>	
1 – Estruturado	
2 – Equipe de Trabalho: 10 Pessoas	
3 – Número de Rodadas: 5	
Priorização das Idéias	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Treinamento Equipe de Logística Reversa responsável pela coleta no cliente; 2. Setup das Garrafas no Cliente; 3. Verificação 01 – Estado da Garrafa no Momento da Separação das Garrafas; 4. Garrafas que não atende o padrão de qualidade, retirar do lote; 5. Atenção no Transporte das Garrafas para Fábrica; 6. Eliminação do Estoque de Garrafas; 7. Elaboração da Etapa Pré-Produção, para validação da garrafa antes do retorno para o processo produtivo. Nesta Etapa as garrafa poderá ficar apenas 1 dia, antes do retorno para a linha de Produção. 	

4.6.6 - Fase V: Controlar

A Fase Controlar apresentou estratégias para assegurar as melhorias e sustentar os prováveis ganhos. Nesta fase utiliza-se a ferramenta carta de controle.

4.6.6.1 – Carta de Controle

As cartas de controle indicam quando e onde um problema aconteceu no processo. Para o projeto, o tipo de carta de controle será o que utiliza as cartas “C”, para controlar o número de não conformidades por unidade (carta de controle por atributo). A Tabela 11 apresenta a carta de controle do processo.

Tabela 11 – Carta de Controle

Carta de Controle		
Numero de Subgrupo	Observações	Numero de Garrafas-não Conformes
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	
11	1	
12	1	
13	1	
14	1	
15	1	
16	1	
17	1	
18	1	
19	1	
20	1	

As cartas de controle deve-se manter melhoria através de eliminação de oportunidade de defeito ou processo de monitoramento para estabelecer uma estratégia para garantir que as melhorias são mantidas no processo.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A empresa em questão percebeu que, realizando as atividades de logística reversa com as melhorias propostas, oriundas das análises realizadas na aplicação do *lean seis sigma*, seria possível atingir um grau de excelência operacional.

5.1– Resultados da Otimização do Processo

Com o objetivo de identificar o que não agrega valor para o cliente e assim eliminar os desperdícios, aplica-se os conceitos da Filosofia *Lean*.

A utilização da Metodologia Seis Sigma promoveu resultados satisfatórios. As fases do *DMAIC* foram seguidas corretamente, com baixo custo de implementação.

Os Resultados obtidos são demonstrados por meio da Tabela 12, quando apresenta-se o impacto das melhorias e o seu percentual de ganho de produtividade.

O maior ganho de produtividade de 16%, foi na Elaboração da Etapa Pré – Produção, para Validação da Garrafa 02 - antes do retorno para o processo produtivo. Nesta Etapa as garrafas poderão ficar apenas 1 dia, antes do retorno para a linha de Produção.

Tabela 12 – Resultados de Produtividade

Resultados de Produtividade	
Solução Implementada	Ganhos de Produtividade
Treinamento Equipe de Logística Reversa responsável pela coleta no cliente	4%
Setup das Garrafas no Cliente	11%
Verificação 01 – Estado da Garrafa no Momento da Separação das Garrafas	12%
Garrafas que não atende o padrão de qualidade, retirar do lote Atenção no Transporte das Garrafas para Fábrica	5%
Eliminação do Estoque de Garrafas	3%
Elaboração da Etapa Pré – Produção, para Validação da Garrafa 02 - antes do retorno para o processo produtivo. Nesta Etapa as garrafa poderá ficar apenas 1 dia, antes do retorno para a linha de Produção.	16%
Gestão Visual com informações dos lotes recebidos;	13%
Utilização de Cartões Kanban para identificação do Estado e família das garrafas nos clientes e no CDD.	9%
Gestão Visual com informações dos lotes de garrafas.	4%
Poka Yoke na Identificação da Garrafa, para que as garrafas possa apresentar um estado satisfatório para reutilização no processo produtivo.	5%
Aplicar o 5s no momento de recolhimento da garrafa no cliente e no CDD;	6%

A partir da priorização dos tipos de desperdícios no processo, após a implementação das soluções de melhorias, ocorreu redução dos desperdícios. O Gráfico 3 apresenta a redução dos desperdícios.

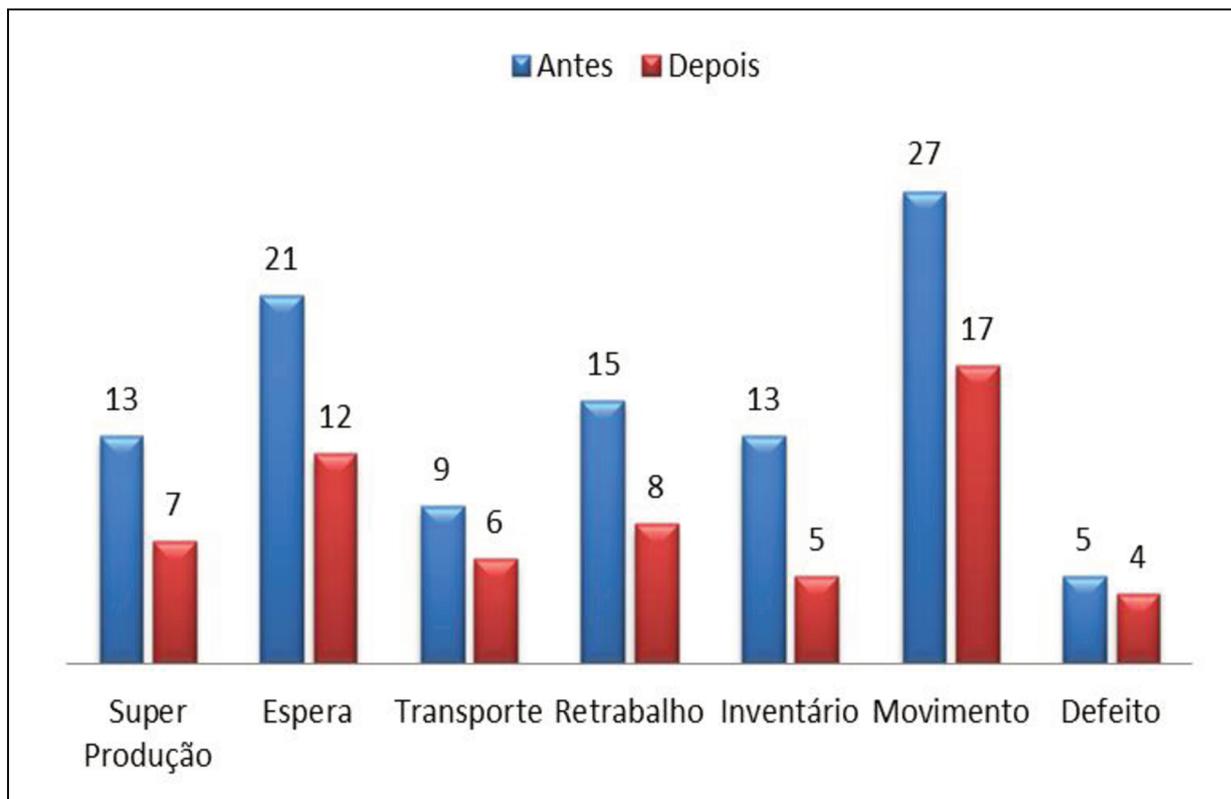


Gráfico 3 – Classificação dos desperdícios após melhorias

O Nível Sigma do processo após as melhorias apresenta redução da variabilidade do processo. A Figura 20 apresenta o Nível Sigma do processo.

Após a implementação das melhorias no processo, foram realizadas várias medições, o resultado foi o exposto na Figura 16, aonde conseguimos diminuir de 34 Unidades de Erro, para apenas 6 Unidades de Erro.

O Nível sigma longo prazo melhorou de 1,78 para 2,47 e o nível sigma no curto prazo também melhorou de 3,28 para 3,97.

Antes		
Amostragem	300	Unidades
Oportunidades de Erro	3	Oportunidades
Unidades com Erro	34	Unidades
<hr/>		
DPU (Defeitos por Unidade)	0,11333	
DPO (Defeitos por Oportunidade)	0,037778	
DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades)	3777,78	
NÍVEL SIGMA	1,78	LONGO PRAZO
	3,28	CURTO PRAZO
Depois		
Amostragem	300	Unidades
Oportunidades de Erro	3	Oportunidades
Unidades com Erro	6	Unidades
<hr/>		
DPU (Defeitos por Unidade)	0,02000	
DPO (Defeitos por Oportunidade)	0,006667	
DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades)	6666,67	
NÍVEL SIGMA	2,47	LONGO PRAZO
	3,97	CURTO PRAZO

Figura 20 – Nível Sigma do Processo após Melhorias

Sistematicamente, a partir do momento que as melhorias foram implementadas, a empresa passou a adotar a utilização do *Lean Seis Sigma*. Não somente para as atividades de logística reversa, mas para todas aquelas onde se vislumbrava algum tipo de ganho. As análises periódicas foram implantadas sempre que, um sinal de declínio nas melhorias era observado.

O ponto crítico das atividades de logística reversa era exatamente o aumento do tempo de ciclo, fator fundamental e onde se localizou o maior desperdício/ganho no Projeto.

5.2 - Resultados Financeiros

Os ganhos financeiros no processo apresentam uma redução de custos de produção de 25%. A Tabela 13 apresenta os ganhos financeiros no processo.

Tabela 13 – Resultados Financeiros

Ganhos Financeiros	
Antes	Depois
Lead Time Processo – 43 Horas Funcionários – 24	Lead Time Processo – 30 Horas Funcionários – 16

Os ganhos financeiros no processo destaca-se a diminuição do número de funcionários atuando no processo de 24 para 16 funcionários e os demais funcionários foram remanejados para atuar em outras posições dentro da empresa.

5.3– Fluxograma com as Melhorias Implementadas

Para validação das melhorias, apresenta-se o fluxograma com as proposta de melhorias apresentadas durante o Brainstorming da equipe. A Figura 21 apresenta o Fluxograma proposto com as melhorias no processo.

O novo Fluxograma do processo destaca-se uma atividade de fundamental importância, que no momento da coleta da garrafa no cliente e no CDD, já realiza uma avaliação do estado da garrafa, e as garrafas não conforme já serão direcionadas para o processo de reciclagem dentro da organização.

5.4 – Mapeamento do Fluxo do Valor (ou *Value Stream Mapping* – VSM) para o Estado Futuro

O Mapeamento do Fluxo do Valor (VSM) no seu estado futuro foi desenvolvido por meio da análise do Mapeamento do Fluxo do Valor do estado atual. O VSM do estado futuro é a forma de apresentar o processo na sua melhor

condição, após todas as melhorias realizadas. A Figura 22 mostra o Mapeamento do Fluxo do Valor (VSM) no Estado Futuro.

O Mapeamento do Fluxo do Valor (VSM) no seu estado futuro destaca-se a eliminação das atividades recebimento da garrafa, uma atividade que não agregava valor para o cliente gerando muitos desperdícios.

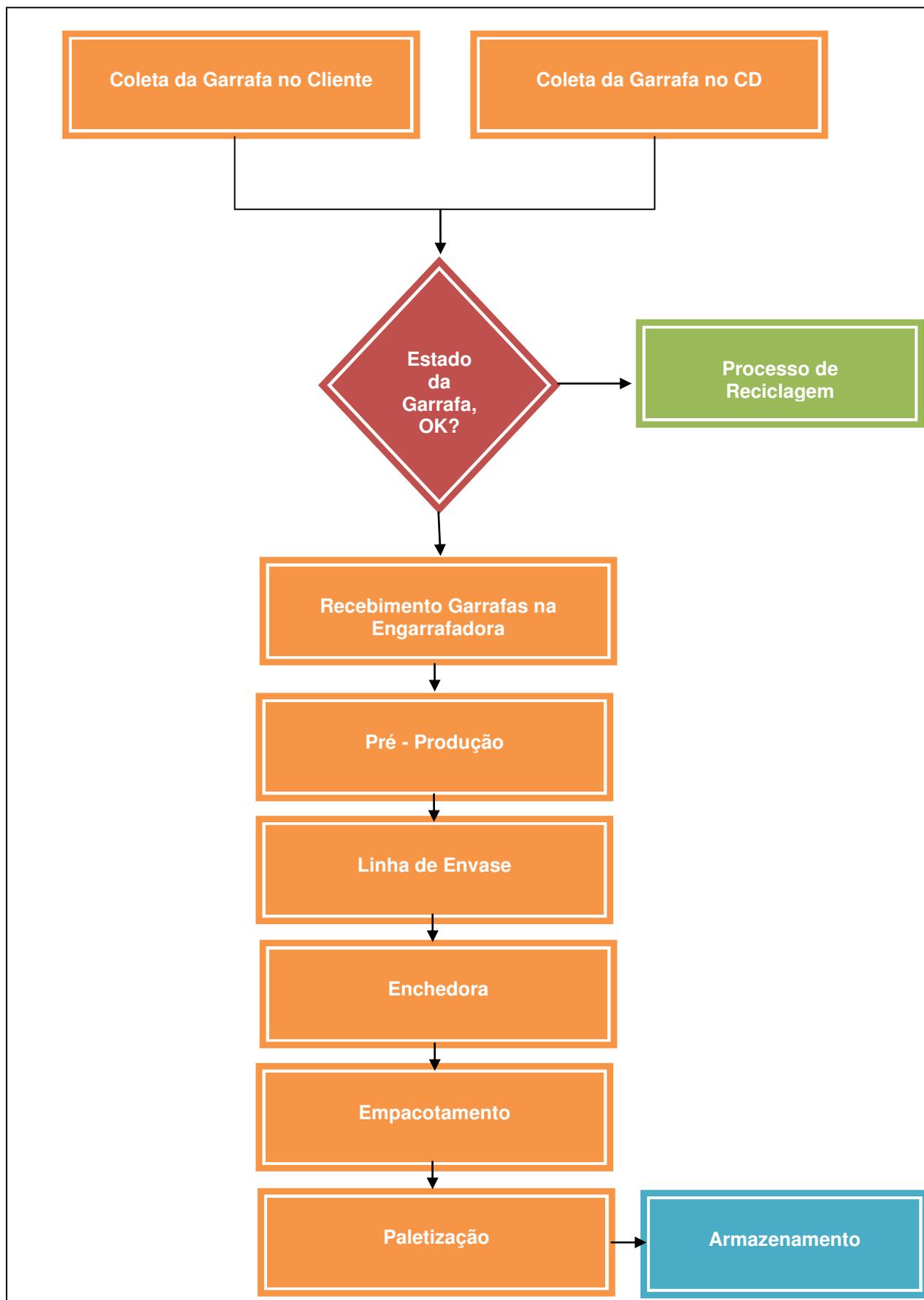


Figura 21 – Novo Fluxograma do Processo de Logística Reversa

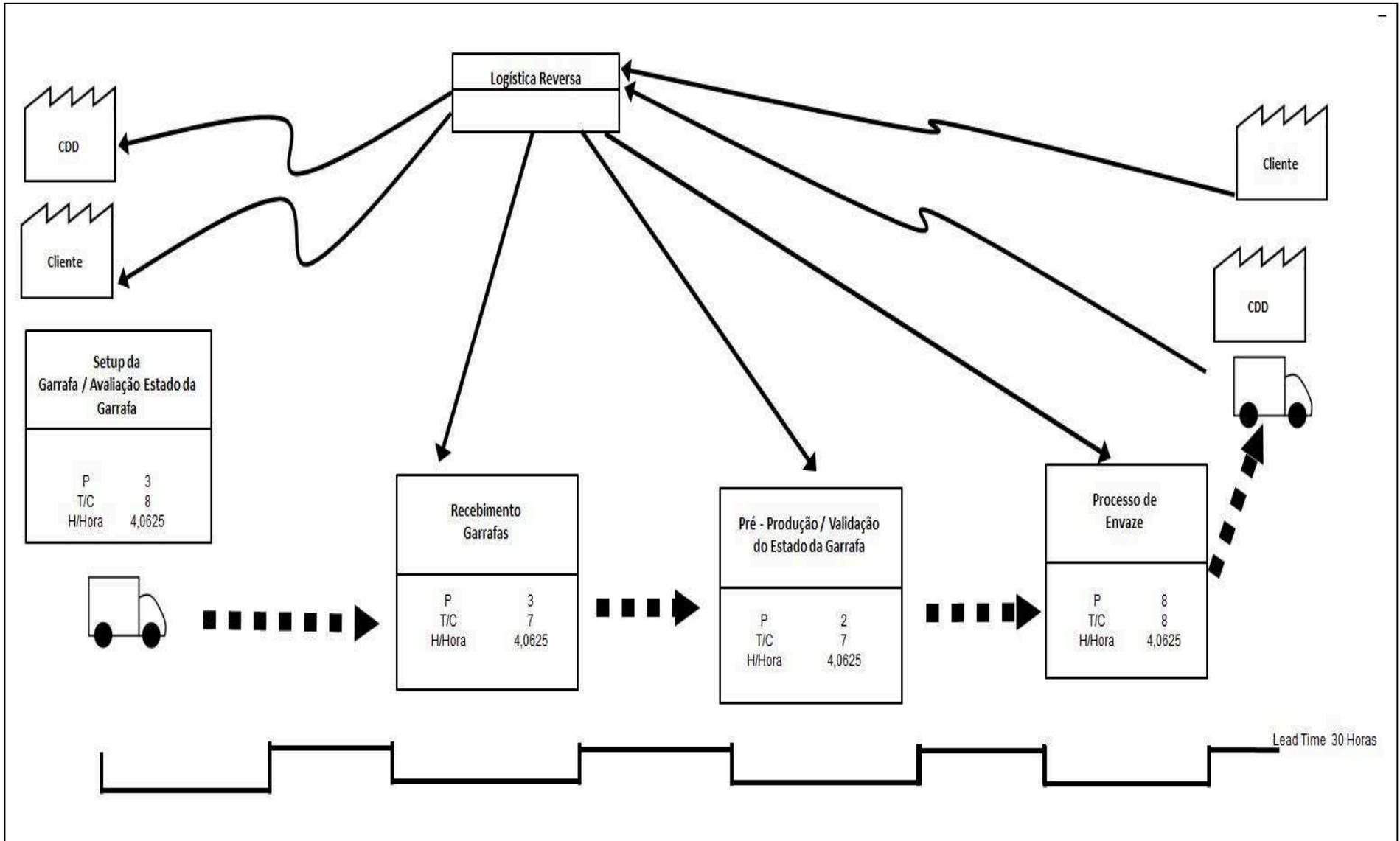


Figura 22 – Mapeamento do Fluxo do Valor (ou *Value Stream Mapping* – VSM) para o Estado Futuro

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Objetivo proposto, a aplicar a Filosofia *Lean* e a Metodologia Seis Sigma com o foco na otimização das atividades de logística reversa em uma engarrafadora de refrigerantes, foi alcançado.

As atividades de logística reversa nas organizações, nos dias atuais, são de fundamental importância, pois geram principalmente, competitividade. Destaca-se a criação da Lei Federal da Política Nacional de Resíduos Sólidos. A logística reversa, para os próximos anos, trará muitas oportunidades de negócios e oportunidades de emprego.

No desenvolvimento da dissertação, aplicou-se o *Lean* Seis Sigma. Foram respeitadas as particularidades de cada filosofia/prática, mas com objetivos específicos.

Primeiramente utilizou-se a Filosofia *Lean* para diminuir os desperdícios e encontrar o que não agregava valor para o cliente. Aplicou-se as seguintes ferramentas da Filosofia *Lean*: 'Mapeamento do Fluxo do Valor (*VSM*)' no estado atual, para visualizar todo o processo de logística reversa e '*Kaizen*', realização de um 'Evento *Kaizen*' para encontrar oportunidades de melhoria contínua no processo.

As melhorias implementadas baseadas na Filosofia *Lean*, proporcionaram um resultado satisfatório, pois conseguiu-se diminuir os desperdícios e desta forma tornar o processo mais ágil e dinâmico.

Após os resultados alcançados pela Filosofia *Lean*, aplicou-se a Metodologia Seis Sigma, para diminuir a variabilidade do processo. Foi desenvolvido o Projeto Seis Sigma: Otimização das Atividades de Logística Reversa.

O Projeto Seis Sigma, foi implementado a partir do DMAIC. A primeira fase do projeto, o problema foi identificado e detalhado. Na segunda fase do projeto, foi desenvolvido uma método de medição para dimensionar o tamanho do problema.

Na terceira fase do projeto, foram analisados as variáveis dos problemas. Na quarta fase, implementou-se as melhorias propostas no projeto. Na quinta fase, desenvolveu-se estratégias para controlar as melhorias no processo.

Os ganhos de produtividades apresentados, em percentual, refletiram-se nas atividades operacionais gerando melhorias no processo. Os maiores ganhos de produtividades foram:

- Setup das Garrafas no Cliente: 11%;
- Verificação do Estado da garrafa no momento da separação das garrafas: 12%;
- Validação das garrafas, antes do retorno para o processo produtivo no prazo de 1 dia: 16%;
- Gestão visual com informações dos lotes recebidos: 13%.

Os ganhos financeiros no processo apresentaram uma redução de custos de produção de 25%. Como ganhos financeiros no processo, destaca-se a diminuição do número de colaboradores de 24 para 16, e os outros colaboradores foram remanejados para atuar em outras posições dentro da empresa.

Os resultados da aplicação do Lean Seis Sigma na otimização das atividades de logística reversa em uma engarrafadora de refrigerantes, foram satisfatórios, gerando valor para organização, melhorando o nível do atendimento dos clientes e com responsabilidade ambiental.

7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

O Desenvolvimento de uma pesquisa, longe de ser conclusivo, abre espaço para que novas ideias e novos trabalhos possam ser desenvolvidos a partir dos estudos realizados. Existem várias pesquisas de aplicação do Programa Lean Seis Sigma para todos os tipos de processos internos de uma organização, tanto os de manufatura quanto os administrativos-transacionais. Entretanto, um dos grandes potenciais de geração de ganhos está na análise de toda a cadeia de valor, pois há muitas oportunidades existentes nas organizações.

Assim sendo, como sugestão de trabalhos futuros, se desenvolvesse um Modelo de Aplicação do Programa Lean Seis Sigma, baseado na Metodologia de Gestão de Projetos *PMI (Project Management Institute PMI)*, que poderá garantir um alinhamento geral na gestão de projetos e processos organizacionais, otimizando tempo, custos, reduzindo desperdícios, variabilidade nos processos e gerando valor para organização.

REFERÊNCIAS

Ballou, R. H. Gerenciamento da Cadeira de Suprimentos / Logística Empresarial. Porto Alegre, Editora Bookman, 2006.

BATAGLIA, F. Desafios para pensarmos *Lean* além das fábricas. Publicado: 2008. Lean Institute Brasil. Disponível em: www.lean.org.br.

Christopher, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégias para redução dos custos e melhoria dos serviços. São Paulo, Editora Pioneira 1997.

Cakmaci, M. *Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry*. Turkey, Engineering Faculty Industrial Engineering Department Dokuz Eylul University, 2008.

Corrêa, H. L. Sistemas de Logística Reversa: criando cadeias de suprimento sustentável. São Paulo, Editora Atlas, 2013.

Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC). Ferramentas da Qualidade: Módulo 1. Sistema de Excelência em Gestão Sindical. Rio de Janeiro, 2010.

Farahani Z.R., Asgari, N., Davarzani, H., *Supply Chain and Logistics in National, International and Governmental Environment*. Berlin, Springer-Verlag Heidelberg, 2009.

FERRO, J. R. O Movimento Lean no Brasil e no mundo. Lean Institute Brasil. Março, 2008. Disponível em: www.lean.org.br

Gil, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisas. São Paulo, Editora Atlas, 2002.

George, M. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. New York, MacGraw-Hill, 2002.

George, M. O. *The Lean Six Sigma Guide To Doing More with Less Cut Costs, Reduce Waste, and Lower Your Overhead 2010*. Accenture, 2010.

Leite, P. R. *Logística Reversa-Meio Ambiente e Competitividade*. Brasil, Editora Prentice Hall, 2009.

Lean Enterprise Institute, *Lean Lexicon a graphical glossary for Lean Thinkers*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 2008.

Liker, J. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer Hardcover*. New York, McGraw-Hill, 2004.

Martin, J. *Lean Six Sigma For Supply Chain Management—Lean Six Sigma Applications To*. Mc Graw-Hill Professional, 2011.

Mckinnon A., Cullinane S., Bromwne M., Whitening A. *Green Logistics Improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page, 2010.

Ohno, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

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

Rother, M. and Shook, J. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1999.

Rotondaro, R. Seis Sigma-Estratégia Gerencial pára a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo, Editora Atlas, 2008.

Rushton, A., Croucher, P., Baker P. *The Handbook of Logistics e Distribution Management*. London, Kogan Page, 2010.

Rogers, D.S. and Tibben-Lembke. R.S. *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*. Reno: University of Nevada, 1999.

Silva, E. L, Menezes, M.E. Metodologia da pesquisa e Elaboração de Dissertação. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

Werkema, C. Lean Seis Sigma. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2012. (a).

Werkema, C. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2012. (b).

Werkema, C. Perguntas e Resposta sobre Lean Seis Sigma. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2012. (c).

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. A. Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro Editora Campus,1992.

Womack, J.P., Jones, D.T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. New York, Productivity Press, 2003.