



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DO PEDIDO:
UMA APLICAÇÃO *LEAN SIX SIGMA* NA LOGÍSTICA**

Alberto Graça Lopes Peixoto Neto

**Campinas
2008**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

Alberto Graça Lopes Peixoto Neto

**REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DO PEDIDO:
UMA APLICAÇÃO *LEAN SIX SIGMA* NA LOGÍSTICA**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Tacla

**Campinas
2008**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP**

P359r **Peixoto Neto, Alberto Graça Lopes**
Redução do tempo de ciclo do pedido: uma
aplicação lean six sigma na logística / Alberto Graça
Lopes Peixoto Neto. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientadores: Douglas Tacla, Orlando Fontes
Junior.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual
de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e
Arquitetura.

1. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade). 2.
Tempo - Administração. 3. Serviço ao cliente. I.
Tacla, Douglas. II. Fontes Junior, Orlando. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil e Arquitetura. IV. Título.

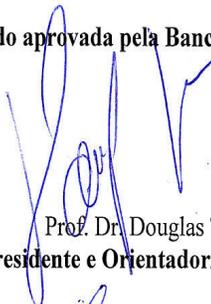
Título em Inglês: Order cycle time reduction: logistics lean sigma application:
Palavras-chave em Inglês: Lean six sigma, Time - Management, Customer service

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

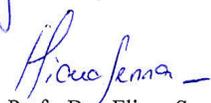
**REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DO PEDIDO:
UMA APLICAÇÃO *LEAN SIX SIGMA* NA LOGÍSTICA**

Alberto Graça Lopes Peixoto Neto

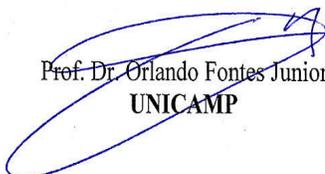
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Douglas Tacla
Presidente e Orientador/UNICAMP



Profa. Dra. Eliana Senna
BOURNEMOUTH UNIVERSITY



Prof. Dr. Orlando Fontes Junior
UNICAMP

Campinas, 18 de Novembro de 2008

Dedicatória

A meus pais, Alberto e Maria Iria, que sempre se esforçaram para que meus sonhos se realizassem e são os grandes responsáveis pelo meu sucesso.

A toda minha família, que - mesmo distante - sempre me apoiou, incentivou, e, sobretudo me deu carinho durante todos esses anos.

A Renata, pela companhia, pelos momentos de descontração e, especialmente, pelo forte encorajamento para a busca dos meus sonhos.

Agradecimentos

A meu Orientador, Prof. Dr. Douglas Tacla, pelos incentivos para realização deste trabalho, dedicação e apoio durante todo o período da Especialização e, agora, do Mestrado.

Aos professores da UNICAMP, pelo auxílio e amizade, em especial a: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Junior, Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Galvez e a Prof^a. Dr^a. Eliana Senna.

A meus colegas de trabalho, pela ajuda nos momentos mais desafiadores, como na conciliação das atividades.

*Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.
Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou;
Tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derrubar, e tempo de edificar;
Tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar;
Tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; tempo de abraçar, e tempo de afastar-se de abraçar;
Tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de lançar fora;
Tempo de rasgar, e tempo de coser; tempo de estar calado, e tempo de falar;
Tempo de amar, e tempo de odiar; tempo de guerra, e tempo de paz.*

Eclesiastes 3

Resumo

PEIXOTO NETO, Alberto Graça L. **Redução do Tempo de Ciclo do Pedido: Uma Aplicação Lean Six Sigma na Logística.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2008. 123p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2008.

Este trabalho tem o objetivo de mostrar a eficiência da aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* na Logística, isto é, mais especificamente na redução do tempo de atendimento a pedidos.

Tanto o *Lean* quanto o *Six Sigma*, até então aplicados de maneira isolada, tinham reduzido significativamente o nível das perdas (estoques) ou melhorado a velocidade dos processos ou reduzido a variabilidade. Porém, se fazia necessária uma abordagem diferente e completa para se reduzir ainda mais o lead time dos pedidos. E, a partir daí, um método é proposto e aplicado neste trabalho para focar a atenção na redução destas perdas, melhorar o processo de atendimento aos pedidos e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de atendimento.

A metodologia *LeanSigma* proposta para processos da Logística consiste basicamente em melhorar o gerenciamento dos inventários, isto é:

- Logística é basicamente lidar com **inventários**, estejam eles onde estiverem na cadeia de suprimentos.
- Por outro lado, **inventários** para o Lean são um dos desperdícios que devem ser atacados.
- Temos que **Logística Lean** consiste basicamente em reduzir todos os **inventários** em excesso.

- Seis Sigma, como anteriormente citado, se preocupa com a redução da variabilidade dos processos e com a eliminação de defeitos.
- Portanto, **Logística Sigma** está focada na redução da variação dos processos Logísticos, garantindo assim, sua confiabilidade.
- Por fim, temos que **Logística Lean Sigma** são esforços direcionados para redução dos estoques e, conseqüentemente, melhoria dos tempos de fluxo logísticos.

Palavras Chave: Logística Lean Seis Sigma; Tempo de Atendimento a Pedidos e Transportes

Abstract

PEIXOTO NETO, Alberto Graça L. **Redução do Tempo de Ciclo do Pedido: Uma Aplicação Lean Six Sigma na Logística.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2008. 123p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2008.

In a world each time more competitive the reaction's velocity on attending technical requirements with lower and lower costs is fundamental to the success of the companies. In this time, the Lean and the Six Sigma distinguished methodologies with oriented focus to decrease key processes variability and consequently decrease associated losses, like overproduction, inventory, transportation, motion, waiting, rework, down time, etc., focused on financial return to the company, has been used by a growing quantity of industries all over the planet.

As the competitive environment changes the way companies do business, companies are embracing both (Lean and Six Sigma) initiatives together to support cost reductions and quality improvements in several different business areas.

This work has the objective of showing the efficiency application of the Lean Six Sigma methodology applied in the Logistics context and more specifically in the order leads time reduction. As much Lean as Six Sigma, up to now applied in an isolated way, they had reduced the level of the losses (stocks) significantly or improved the speed of the processes or reduced the variability.

A method is proposed and applied in this work to focus the attention in the reduction of these losses, to improve the service process to the requests and, consequently, reducing the time of service.

The application of this methodology certainly will help to increase the competitiveness of the national industries by improving their Supply Chain mainly due to the combination of Lean for pursuit simplicity which means **efficiency focus** and Six Sigma for pursuit perfection which means **effectiveness focus**.

Key words: Logistics Lean Six Sigma, Order Cycle Time and Transportation

Lista de Figuras

Figura 1 – Evolução da Gestão Industrial - Heizer e Render, (2001)	8
Figura 2 - Logística interna e externa – Moura, (1997).....	26
Figura 3: Casa do Sistema Toyota de Produção, adaptado de <i>Lean Summit</i> (2004)	30
Figura 4: A equação da movimentação de materiais – Moura, (1997).....	68
Figura 5: Recebimento de mercadorias: diagrama de fluxo de informações - Moura (1997)..	71
Figura 6: Exigências sobre as operações de armazenagem e seus impactos operacionais – Lacerda, (2001).....	73
Figura 7: Efeito no custo logístico total do maior uso de estoques, armazenagens e manuseio de materiais - Ballou (1995).....	74
Figura 8: Estoques mantidos em operações - Slack et. al. (1996)	76
Figura 9: Eliminação de retrocesso por mudança de layout - Adaptado de Moura (1997).....	81
Figura 10: Localização de peças ativas no armazém - Adaptado de Moura (1997).....	81
Figura 11: Tela do Lindo com o resultado do problema	89
Figura 12: Dados de entrada do problema no LINDO	92
Figura 13: Resolução do Problema pelo LINDO	92
Figura 14: Solução analítica para o problema do reabastecimento dos estoques.....	97
Figura 15: Custo total detalhado do cenário atual	100
Figura 16: Modelo proposto pelo autor para Metodologia LeanSixSigma	105

Figura 17: Modelo <i>Six Sigma</i> adaptado pelo autor para Processos Logísticos	106
Figura 18: Modelo <i>Lean Six Sigma</i> para melhoria de processos logísticos, proposto pelo autor	108
Figura 19: Modelo Logística Lean Sigma sumariado.	109
Figura 20: Metodologia LeanSixSigma aplicada à Logística, proposta pelo autor.....	110
Figura 21: Metodologia <i>LeanSigma</i> para Transportes, proposta pelo autor.....	111
Figura 22: TMAP parcial ilustrando as primeiras etapas de um projeto Seis Sigma	117
Figura 23: SIPOC – Projeto Lean Six Sigma na Logisitica	118
Figura 24: PMAP parcial do Recebimento.....	120
Figura 25: Exemplo de FMEA utilizado no Recebimento de Matéria Prima/Material Acabado	122
Figura 26: Matriz de Cause e Efeito utilizado no Recebimento de Matéria Prima/Material Acabado	123
Figura 27: Pareto da Matriz de Causa e Efeito utilizada no recebimento	124
Figura 28: Redução do Custo Logístico Total.....	129
Figura 29: Histórico das vendas	130
Figura 30: Aumento da quantidade de pedidos	130
Figura 31: Evolução do Tempo de ciclo de pedidos em dias	131
Figura 32: Tempo de ciclo do pedido incluindo resultados atuais de 2008	132
Figura 33: Nível de serviço medido em VOT (<i>volume on time</i>)	133
Figura 34: Nível de serviço medido em COT (<i>complete on time</i>).....	133
Figura 35: Modelo de Influências do Tempo de Ciclo de Pedidos (Lead Time)	138

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Indicadores de desempenho logístico no atendimento ao Cliente (GELOG – UFSC)	21
Tabela 2 – Indicadores de desempenho logístico na Gestão dos Estoques (GELOG – UFSC)	22
Tabela 3 – Indicadores de desempenho logístico na Produtividade do Armazém (GELOG – UFSC)	23
Tabela 4 – Indicadores de desempenho logístico em Transportes (GELOG – UFSC)	24
Tabela 5 - Modelo DMAIC de Melhoria de Processo (PANDE, 2002)	48
Tabela 6: Etapas do DMAIC - Breyfogle, Cupello e Meadows (2001)	49
Tabela 7: Tradução do nível da qualidade para partes defeituosas por milhão – WERKEMA(2002)	50
Tabela 8: Comparação das metodologias Seis Sigma e Pensamento Enxuto – NAVE (2002)	52
Tabela 9: Resultados da Avaliação entre Operadores e Linhas de Produtos	83
Tabela 10: Tabela de Contrastes	84
Tabela 11 – Comparação da utilização do FMEA antes e depois da implementação do Lean Seis Sigma no Recebimento	121

Sumário

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto	1
1.2 Objetivos e Motivação para o estudo	4
1.2.1 Objetivos da Dissertação	5
1.2.2 Motivação para o Estudo	5
1.3 Estruturação da Dissertação	6
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 História da Gestão Industrial	8
2.2 Gestão e Tecnologia Industrial Hoje.....	14
2.3 Conceituando Logística.....	17
2.3.1 Indicadores de Desempenho Logístico.....	20
2.3.1.1 Desempenho no atendimento ao Cliente:.....	21
2.3.1.2 Desempenho na Gestão dos Estoques.....	22
2.3.1.3 Produtividade no Armazém	23
2.3.1.4 Desempenho em Transportes.....	24
2.3.2 Movimentação de Materiais	25
2.3.3 A Evolução da Logística.....	27
2.4 Pensamento Enxuto.....	29
2.4.1 Princípios do <i>Lean</i>	30
2.4.2 Os principais tipos de desperdício.....	32
2.4.2.1 Superprodução	32
2.4.2.2 Espera	34
2.4.2.3 Transporte	35
2.4.2.4 Processamento.....	36
2.4.2.5 Estoque.....	36
2.4.2.6 Defeitos.....	37
2.4.3 Ferramentas Lean	38
2.5 Seis Sigma.....	46
2.5.1 Aplicação da Metodologia Seis Sigma em diferentes áreas.....	50
2.5.2 Comparando Seis Sigma e Pensamento Enxuto	51
2.6 Tempo de Ciclo de Pedido	52

2.6.1	<i>Lead Time</i> e Velocidade do Processo Logístico	54
2.6.2	<i>Just in Time</i>	55
2.6.3	Kaizen	57
2.6.4	Kanban	58
2.7	Logística Enxuta	60
2.7.1	Características Importantes para os Clientes	64
2.7.2	Competitividade baseada no tempo (Time-based Competition)	65
2.7.3	Organização do Sistema de Movimentação Interna de Materiais.....	67
2.7.4	Recebimento de Materiais	70
2.7.4.1	Controle e programação das entregas.....	72
2.7.4.2	Estocagem.....	72
2.7.5	Arranjo Físico – Layout.....	79

CAPÍTULO 3 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA82

3.1	Melhorando o Processo	82
3.1.1	Problema	82
3.1.2	Solução	83
3.2	Política de Estocagem	84
3.2.1	Problema	85
3.2.2	Identificação das variáveis	85
3.2.4	Solução	86
3.3	Alocação de Pessoas no Armazém	87
3.3.1	Problema	87
3.3.2	Solução	88
3.4	Designação de Tarefas	91
3.4.1	Problema	91
3.4.2	Solução	91
3.5	Reposição dos Estoques no Armazém	93
3.5.1	Problema	94
3.5.2	Solução	94
3.6	Custo de Transportes	97
3.6.1	Problema	97
3.6.2	Solução	98

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA..... 101

4.1	Metodologia <i>Lean</i>	101
4.1.2	Estruturação da Produção Enxuta na Logística	102
4.2	Metodologia <i>Seis Sigma</i>	104
4.3	Metodologia <i>LeanSixSigma</i>	105
4.4	Modelo proposto para melhoria de processos logísticos	107
4.5	Metodologia <i>LeanSigma</i> na Logística:	109
4.6	Metodologia <i>LeanSigma</i> em Transportes:	110

4.7	Soluções Enxutas para o Serviço Logístico	111
-----	---	-----

CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO..... 113

5.1	Apresentação da Empresa	113
-----	-------------------------------	-----

5.2	Aplicação da Metodologia.....	114
-----	-------------------------------	-----

5.2.1	Kaizen	114
-------	--------------	-----

5.2.2	Etapas da Metodologia Lean Seis Sigma	115
-------	---	-----

5.2.2.1	TMAP – Mapeamento do Processo de Pensamento.....	116
---------	--	-----

5.2.2.2	SIPOC – Fornecedor, Entradas, Processos, Saída e Cliente	117
---------	--	-----

5.2.2.3	PMAP – Mapa do Processo.....	118
---------	------------------------------	-----

5.2.2.4	FMEA – Análise de Modo e Efeitos de Falha	121
---------	---	-----

5.2.2.5	Matriz de Causa e Efeito	122
---------	--------------------------------	-----

5.2.2.6	Controle	124
---------	----------------	-----

5.3	Resultados	125
-----	------------------	-----

5.3.1	Situação anterior ao Projeto.....	126
-------	-----------------------------------	-----

5.3.2	Situação Posterior ao Projeto	127
-------	-------------------------------------	-----

5.3.3	Gráficos	129
-------	----------------	-----

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS135

5.1	Conclusões.....	135
-----	-----------------	-----

5.1.1	Ganhos quantitativos	135
-------	----------------------------	-----

5.1.2	Ganhos qualitativos.....	136
-------	--------------------------	-----

5.2	Desafios à Implementação da Logística Lean Six Sigma	136
-----	--	-----

5.3	Sugestões para próximos trabalhos	138
-----	---	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

141

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Contexto

A Logística vem sendo apontada por vários autores como responsável pelo sucesso ou insucesso das organizações. Porém, o que se pode perceber no mercado é que muito pouco se sabe sobre as atividades da Logística e como as mesmas devem ser definidas nas organizações.

A Logística é uma disciplina relativamente nova no campo da Administração. Durante décadas, os executivos pensaram isoladamente nas atividades que a compõem, tais como planejamento, compras, movimentação de matéria-prima, transportes, etc. (Motwani, Larson & Ahuja, 1998). Somente do meio para o final da década de 70, a Logística integrada passa a ser percebida nas organizações empresariais (Williams, Nibbs & Irby, 1997). Cada vez mais, uma capacitação logística que resulte na entrega rápida e confiável de bens e serviços, e que incorpore flexibilidade e tempestividade para operar em ambientes dinâmicos, passou a se fazer um elemento chave na estratégia de marketing das empresas (Fawcett et al., 1977)

As forças do ambiente de negócio que interferem no desenvolvimento da função logística são: redução dos ciclos de vida de produtos, proliferação de itens substitutos, consumidores cada vez mais exigentes, processos de manufaturas just-in-time e integração global. Para enfrentar tais desafios, a gestão eficiente da cadeia de suprimentos, objetivo da Logística, se foca na redução dos tempos envolvidos em dois

componentes consecutivos: o fluxo de informação do pedido do cliente e o fluxo físico de materiais e produtos (Manson-Jones & Towil, 1998).

Por outro lado, o sucesso da organização individual parece estar relacionado à sua habilidade em competir desempenhando diferentes papéis nas cadeias de suprimentos dinâmicas, e não pela sua atuação como organização isolada e estática. (Gulati, Hohria & Zaheer, 2000; Henriott, 1999)

Uma cadeia logística convencional é composta por “Logística *inbound*, Logística *outbound*, *warehouse* e movimentação interna”.

Normalmente, depois de concluídos, os produtos são armazenados em um *warehouse* e só depois entregues ao cliente. Isto naturalmente acontece pelo fato de os processos anteriores e posteriores estarem desvinculados um dos outros, sem um canal de comunicação freqüente, não se conseguindo, assim, efetuar uma produção comprometida com o processo cliente. O Gestor da Logística, sem perceber a causa-raiz do problema, executa um plano de logística considerando somente a eficiência dos transportes, isto é, transportar com o maior equipamento, com o aproveitamento total da capacidade de transporte, e assim reduzir o custo do frete.

Verifica-se, portanto, que nesse tipo de decisão logística acontecem algumas perdas relativas à otimização dos transportes que geralmente não aparecem, como a necessidade de construção (ou ampliação) de *warehouses*, naturalmente acompanhada de toda a infra-estrutura que sua manutenção requer.

A solução para esse problema é montar uma logística que funcione como um canal de comunicação entre os processos produtivos, e assim criar uma relação de proximidade entre eles.

O grande desafio consiste em eliminar os “*warehouses*” ou, quando não possível eliminá-los, torná-los mais produtivos operacionalmente.

Experiências bem-sucedidas em todo o mundo mostram que o ponto-chave para atingir todos esses objetivos são as pessoas, afinal são elas que vivenciam as limitações das organizações em que trabalham e conhecem, em profundidade, o potencial que cada empresa tem para se adaptar e responder às necessidades do mercado.

Por outro lado, o desenvolvimento e a implantação das tecnologias de informação e comunicação nos mais variados processos produtivos colocaram em evidência a falácia dos postulados da sociedade pós-industrial: o mito da fábrica sem homens e a substituição da indústria pelos serviços. Ao contrário, os processos em marcha, para alcançar êxito, em vez de ruptura estabelecem necessariamente relações de reciprocidade entre pesquisa científica, desenvolvimento, métodos, fabricação e marketing (Lojkin, 1995), ou seja, verifica-se que atividades materiais e atividades imateriais se interpenetram.

Com os novos padrões de competitividade, o tempo de entrega torna-se um valor importante, ao lado de critérios tradicionais como custo, estética, funcionalidade e durabilidade dos produtos e serviços. Assim como a produção se rege, hoje, pelo princípio de «produzir certo da primeira vez» ou «produzir na quantidade certa», procura-se «produzir no momento certo», o que envolve desde o tempo de resposta da empresa para desenvolver e fabricar produtos até sua entrega no momento em que é declarada a necessidade do cliente. Por isso a Logística assume uma função estratégica ao servir de mediação entre fornecedor e cliente, que pode ser outro produtor ou o consumidor final, organizando simultaneamente o fluxo de informações e o fluxo de deslocamento espacial dos produtos.

Com a produção *just in time*, parte do estoque foi eliminada e parte transformada em estoque móvel, verdadeiro almoxarifado sobre rodas de veículos. Atualmente, no setor automobilístico, as empresas fornecedoras de autopeças fazem entregas de duas em duas horas, devendo manter uma robusta infra-estrutura de transporte e um sistema de monitoramento permanente para resolver, em tempo real, as eventuais falhas, de modo a manter um fluxo contínuo. Isso só se torna possível porque dois fluxos, paralelos e em sentido oposto, se combinam para sincronizar produção, transporte e consumo: de um

lado as informações que se movimentam de jusante a montante; de outro o fluxo material propriamente dito, que responde ao fluxo de informações.

Nesse cenário, empresas vêm buscando melhorias contínuas em seus processos logísticos internos com o intuito de eliminar desperdícios e, conseqüentemente, reduzir o tempo de atendimento a pedidos. Para tanto, as metodologias *Lean Six Sigma* são adequadas, pois proporcionam maior velocidade aos processos (*Lean*), reduzindo a variabilidade dos mesmos (*Six Sigma*).

Logística preocupa-se com estoques, enquanto Mentalidade Enxuta (*Lean*) se foca na agilidade, fluxo e eliminação de perdas. Por outro lado, Six Sigma se propõe a entender e reduzir a variabilidade.

Conseqüentemente, *Logística Lean Sigma* pode ser definida como a eliminação de perdas através de esforços para entender e reduzir a variabilidade, enquanto se aumentam a velocidade e o fluxo na cadeia de fornecimento.

1.2 Objetivos e Motivação para o estudo

As melhorias gerenciais nos processos produtivos tendem a produzir resultados mais consistentes no produto final, podendo gerar, em paralelo, menor tempo para execução das tarefas ao longo do ciclo produtivo. Tais melhorias demandam minucioso exame do fluxo de trabalho, visando a identificar todas as etapas (ou as principais etapas) executivas, que devem ser medidas e controladas. Após a diagnose das principais etapas, podem ser tomadas medidas gerenciais que permitirão melhorias da performance, com possíveis ganhos de tempo, qualidade, custo, marketing, etc.

Lean Six Sigma é uma ferramenta gerencial que está intimamente ligada à efetividade dos empreendimentos da indústria. Conseqüentemente, a concepção de uma boa metodologia de planejamento e um adequado acompanhamento do fluxo produtivo

possibilitarão o incremento da confiabilidade nos serviços prestados aos clientes, impactando positivamente o tempo esperado do Ciclo do Pedido.

1.2.1 Objetivos da Dissertação

O objetivo principal deste trabalho é mostrar a eficiência da metodologia Lean Six Sigma na redução do tempo de atendimento a pedidos, através da apresentação de um estudo de caso.

Desta forma, os objetivos secundários desta dissertação são:

- Descrever metodologias de melhorias na redução do tempo de atendimento a pedidos, coerentes com a filosofia *Lean Six Sigma*.
- Comparar as metodologias apresentadas para redução do tempo de atendimento a pedidos com as atuais práticas gerenciais exercidas, visando a futura adequação dos processos da Logística à filosofia *Lean SixSigma*.
- Aplicar as metodologias *Lean Six Sigma* selecionadas aos processos logísticos de uma empresa industrial.

1.2.2 Motivação para o Estudo

O Lean e o Seis Sigma são ferramentas da melhoria contínua, que, nas empresas, geralmente competem entre si. Entretanto, nos últimos anos têm-se observado algumas iniciativas para utilização das duas ferramentas em conjunto.

Porque a integração *Lean* com o *Six Sigma* é necessária?

Seis Sigma não consegue sozinho melhorar drasticamente o tempo de ciclo dos processos e reduzir seus desperdícios; por outro lado, o Lean não atua na medição e

controle da variabilidade e capacidade de processo, nem no equacionamento e otimização de variáveis complexas do processo. Assim sendo, os dois integrados permitem melhoria significativa de qualidade, produtividade e custo.

A meta principal, no que se refere a Logística, consiste na melhoria do fluxo com maior velocidade (Lean) e qualidade (6Sigma).

E, considerando-se a Cadeia (Supply Chain), pode-se afirmar que o objetivo maior é a diminuição do custo e o aumento da competitividade.

1.3 Estruturação da Dissertação

O primeiro capítulo apresenta as justificativas, problemas, delimitações e objetivos do trabalho.

O capítulo dois inicia a fundamentação teórica da dissertação, com uma visão crítica a partir da evolução dos processos industriais até os métodos atualmente mais utilizados de melhoria de processos.

São apresentados, neste segundo capítulo, a definição da Metodologia Lean e de Seis Sigma, e a importância da seleção correta dos projetos.

O terceiro capítulo apresenta problemas relacionados a processos logísticos, sua modelagem e as respectivas propostas de soluções.

O quarto capítulo se refere às diretrizes seguidas durante o trabalho, à metodologia utilizada, às estratégias adotadas, às justificativas, aos métodos utilizados em cada etapa do desenvolvimento e ao delineamento geral da pesquisa.

O quinto capítulo apresenta o estudo de caso, com a aplicação da metodologia e os resultados numéricos obtidos.

Por fim, no sexto capítulo estão as conclusões, demonstrando a eficiência da aplicação da Metodologia *LeanSixSigma*, onde são apresentados os ganhos qualitativos e quantitativos. Algumas sugestões para os próximos trabalhos e alguns comentários finalizam esta dissertação

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

2.1 História da Gestão Industrial

É difícil dizer onde e quando exatamente aconteceu a primeira ação de Engenharia e Gestão Industrial, pois é sempre possível questionar se ao produzir algo não se está de alguma forma a fazer Engenharia e Gestão Industrial. Ao longo dos séculos, muitos produtos foram conseguidos, e certamente algumas técnicas foram então desenvolvidas e usadas para melhorar a eficiência da sua produção. Trata-se de uma característica inerente ao homem: sempre que faz alguma coisa mais do que uma vez tenta fazê-lo de uma forma mais eficiente.

Heizer e Render (2001) propuseram uma classificação das épocas em que cada autor apresentou sua contribuição ao contexto da Engenharia e Gestão Industrial (Figura 1)

Ênfase no Custo	Ênfase na Qualidade	Ênfase na Personalização
Conceitos Iniciais 1776-1880	Era da Produção em Massa 1910-1980	Era da Produção Magra 1980-1995
Especialização do Trabalho (Smith e Babbage) Padronização de Peças (Whitney)	Linha de Montagem (Ford) Controlo Estatístico (Shewhart) Encomenda	Just-In-Time Computer Aided Design Electronic Data Interchange Total Quality Management Baldrige Award Empowerment Kanbans
Era da Gestão Científica 1880-1910	Económica (Harris) Programação Linear PERT/CPM (DuPont) MRP	Era da Personalização em Massa 1995-2010
Gráficos de Gantt (Gantt) Estudo de tempos e movimentos (Gilbreth) Análise de Processo (Taylor) Teoria de Filas de Espera (Erlang)		Globalization Internet Enterprise Resource Planning Learning Organization International Quality Standards Finite Scheduling Supply Chain Management Agile Manufacturing E-Commerce Virtual Enterprises

Figura 1 – Evolução da Gestão Industrial - Heizer e Render, (2001)

Adam Smith (1723-1790) foi o primeiro a considerar o problema da Economia da Produção, e a assinalar as vantagens da divisão do trabalho e da especialização de trabalhadores em determinadas tarefas como forma de aumentar a produtividade. Ele acreditava que quando o trabalho era organizado para produzir grandes quantidades de um item, o seu processamento deveria ser dividido em tarefas discretas. Segundo ele, a divisão do trabalho traria os seguintes benefícios:

1. Grande habilidade certamente obtida por operadores que continuamente desempenhem a mesma tarefa.
2. Economia de tempo, pelo fato de se evitar a mudança de uma tarefa para outra.
3. Desenvolvimento de ferramentas e técnicas especiais para tornar uma mesma tarefa mais eficaz, como consequência do grau de concentração e conhecimento adquirido pelo operador durante seu desempenho.

Eli Whitney (1765-1825) foi um americano que inventou a máquina de descaroçar algodão (1793), a qual revolucionou economicamente esta cultura, levando-a à produção da fibra têxtil mais importante do mundo. Outro feito importante de Eli Whitney diz respeito à criação e ao uso de peças intermutáveis. Peças que podem ser montadas em qualquer conjunto do mesmo tipo. Até então, cada peça era ajustada especificamente para o seu conjunto e não se encaixaria em outro.

Eli Whitney mudou este conceito, criando a idéia, que para nós agora é óbvia, de que peças iguais poderiam se encaixar em conjuntos iguais.

Charles Babbage (1791-1871) estendeu as observações de Adam Smith, e levantou uma série de questões estimulantes acerca da organização da engenharia de produção. Seus pensamentos foram condensados no livro “*On the Economy of Machinery and Manufactures*”, publicado em 1832. Em referência às vantagens econômicas resultantes da divisão do trabalho, Babbage concordava com Smith, mas observava que este não levava em conta uma vantagem das mais importantes, como exemplificou no caso da fabricação de alfinetes, a saber:

Na fabricação de alfinetes, comum e retilíneo (como era na época), o nível de especialização correspondia a sete operações básicas:

1. estiramento do arame: esta operação consiste em estirar o arame através de uma matriz para reduzi-lo ao diâmetro desejado;
2. endireitamento do arame;
3. preparação da ponta;
4. torção e corte da cabeça;
5. formação da cabeça;
6. estanhagem ou branqueamento: esta operação era compatível com um processo, então moderno, de galvanoplastia para impedir a ferrugem do arame de aço;
7. embalagem: consistia em colocar os alfinetes prontos em papéis ou cartas, espetando-os.

Babbage, portanto, anotou a gama de pagamentos para essas diferentes especialidades em unidades monetárias. Em seguida, mostrou que se a oficina fosse organizada de forma a que cada operário passasse a executar a totalidade da seqüência de operações, o salário pago a esses homens seria determinado pelo custo da operação mais exigente de toda a seqüência. Desse modo, a empresa pagaria pela operação de estanhar, que era a que exigia mais perícia, mesmo quando o operário estivesse endireitando o arame, fazendo a cabeça dos alfinetes ou os embalando.

Com a divisão do trabalho, só era necessário pagar o valor de cada operação segundo o preço definido para a mesma, e não o preço da operação mais cara.

Nos anos que se sucederam às observações de Adam Smith e Babbage, a divisão do trabalho continuou e, em seguida, acelerou-se durante a primeira metade do século vinte. Aí então as grandes linhas de produção representam o princípio da divisão do trabalho levado ao extremo.

Frederick W. Taylor (1856-1915) foi, sem dúvida, a figura histórica preponderante no desenvolvimento do campo da gestão de produção. Sabe-se que Smith e Babbage eram

observadores e escritores, mas Taylor era concomitantemente um pensador e um homem de ação. A prática da época era deixar aos operadores a escolha dos meios pelos quais a produção seria realizada. Eles determinavam a maneira de fabricar uma peça, de acordo com sua habilidade e experiência adquirida; o tempo e o custo da produção eram orientados pelos métodos tradicionais. Taylor conhecia essas práticas, porque entrara no sistema industrial como operário. Ao contrário dos outros trabalhadores, produzia mais do que podia. Subiu rapidamente, e mais tarde atingiu uma posição que lhe permitia pôr em prática algumas de suas idéias.

Essencialmente, a nova filosofia de Taylor estabelecia que o método científico podia e devia ser aplicado a todos os problemas de gestão. Ele indicava quatro novos deveres de gestão, que podem ser enumerados como segue (Taylor, 1919):

1. O estabelecimento de uma norma científica para cada operação elementar, a qual deveria ser seguida por cada operário para substituir vários métodos empíricos.
2. O uso de método científico na seleção, treino e desenvolvimento dos operários, em vez da velha prática de permitir que cada trabalhador escolhesse suas próprias tarefas e se formasse da melhor maneira que pudesse ou soubesse.
3. O estabelecimento de um espírito de cooperação cordial entre o trabalhador e os gestores, para assegurar que o trabalho fosse desenvolvido de acordo com os procedimentos cientificamente planejados.
4. A divisão da responsabilidade do trabalho entre os operários e os gestores em partes aproximadamente iguais, cada grupo se responsabilizando pelo trabalho para o qual estivesse mais qualificado, em vez da condição anterior, em que a maioria do trabalho e da responsabilidade caía sobre os ombros dos operários.

Estas quatro idéias estão hoje tão integradas à prática de organizar que é difícil crer que a situação tenha podido, um dia, ser diferente.

Taylor, em 1911, apresenta o primeiro manifesto revolucionário sobre a reorganização de processos de trabalho visando a aumentos radicais de produtividade, no livro “*The Principles of Scientific Management*”.

Para Taylor, o trabalhador não precisava pensar, mas teria de participar senão nada funcionaria. Assim, no centro da idéia taylorista há uma enfática proposta de participação do trabalhador. Mas participação no resultado, não na formulação dos processos ou das decisões que levariam a esses melhores resultados. O trabalhador para Taylor não precisava (nem devia) ser inteligente; só devia obedecer. Pensar era para o “gestor científico”.

Frank Gilberth (1868 - 1924) e Lillian Gilberth (1878 - 1972) analisaram, com singular intensidade, os movimentos de jogadores de basebol, médicos espoliados da guerra, operários de construção civil e operários de fábricas. Pelo exame sistemático da forma como tarefas repetitivas eram desenvolvidas, o casal Gilberth podia descobrir “a melhor forma” de terminar qualquer operação. O tempo ganho em função de um melhor uso dos movimentos do corpo poderia permitir a criação de “momentos de felicidade”. No livro intitulado “Fatigue Study”, publicado em 1916, o casal descreve o seu objetivo da seguinte forma:

“O objetivo da vida é a felicidade independentemente do que isso significa para cada um de nós. A eliminação da fadiga, que nasce do desejo da preservação da vida humana e da eliminação do desperdício, deve aumentar os “minutos de felicidade”, independentemente de outros benefícios, ou então falhou nos seus objetivos”.

Isto quer dizer que o principal objetivo da eliminação da fadiga é a melhoria de vida dos operários, os outros ganhos são secundários.

O terceiro grande pioneiro, depois de Taylor e Gilberth, foi Gantt. Trabalhou para Frederik Taylor nos Estados Unidos da América, e é lembrado pela sua influência humanista na Gestão do Trabalho, dando ênfase às condições de trabalho e seus efeitos psicológicos no trabalhador. Gantt (GANTT, 1910; 1919) centrou-se nos esquemas de motivação dos trabalhadores, como também na importância das qualidades de liderança e capacidade de gestão e otimização na construção de organizações industriais eficientes.

Os diagramas de Gantt provaram ser uma ferramenta analítica tão poderosa para os gestores que permanecem praticamente inalterados por quase cem anos. Somente nos anos 90 foram acrescentadas linhas de ligação às barras de tarefa, indicando as dependências entre elas de uma forma mais precisa.

São as seguintes contribuições de Gantt que ficaram na história da Gestão de Produção:

- aspecto psicológico do operário;
- conceito de homem econômico;
- sistema de bônus – prêmios de produção;
- régua de cálculo;
- diagramas de Gantt.

A inspeção foi o primeiro passo na integração da qualidade como uma atividade rotineira dentro das organizações. Surgiu na década de 20, junto aos departamentos de produção como resultante da produção em série.

Shewhart, em 1924, apresentou sua obra relatando a experiência de melhoria da confiabilidade dos sistemas de transmissão na Bell Telephones.

A divulgação das Cartas de Controle foi um marco para a história da qualidade, e Shewhart reconhecido como pai do controle estatístico do processo.

Ele reconheceu que a variabilidade era um componente do processo, e que podia ser explicada através dos princípios da probabilidade estatística.

O método PDCA (“Plan / Do / Act / Check”), que se baseia no controle de processos, foi desenvolvido na década de 1930 por Shewhart, mas foi Deming o seu maior divulgador, ficando mundialmente conhecido ao aplicá-lo nos conceitos de qualidade no Japão.

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, não é mais do que a tradução para o ambiente industrial do Método Científico Tradicional, podendo ser aplicado em todos os níveis da organização, desde a alta direção até os operadores.

Segundo Campos (1999), o Ciclo PDCA (Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming) foi introduzido no Japão após a guerra, idealizado por Shewhart e divulgado por Deming, que efetivamente o aplicou. O ciclo de deming tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão como, por exemplo, na Gestão da Qualidade, dividindo-a em quatro principais passos.

O PDCA é aplicado principalmente nas normas de sistemas de gestão e deve ser utilizado (pelo menos na teoria) em qualquer empresa, de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área ou departamento (vendas, compras, engenharia, etc.). O ciclo começa pelo planejamento; em seguida a ação, ou conjunto de ações planejadas, é executada, checa-se o que foi feito e se em acordo com o planejado, constante e repetidamente (ciclicamente), e se adota uma ação para eliminar ou, ao menos, mitigar defeitos no produto ou na execução. Da mesma forma que ocorreu com o ciclo PDCA, o CEP (Controle Estatístico de Processo) foi intensivamente utilizado pelos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, e pelo Japão no pós-guerra, através da atuação de Deming e Juran.

Durante a década de 90, as teorias de Shewhart foram “descobertas” por uma terceira geração de gestores, tendo sido apelidadas de Seis Sigma. (BURTON e SAMS, 2005).

Shewart fez parte de um grupo de pesquisadores que vieram a ser conhecidos como os primeiros modernistas. Eles foram os pioneiros da moderna engenharia industrial, empregando a análise matemática como forma de complementar as filosofias precedentes.

2.2 Gestão e Tecnologia Industrial Hoje

De acordo com CORRÊA E GIANESI (1993), os Sistemas de Gerenciamento da Produção são elaborados, geralmente, com fundamento em um dos três métodos mais conhecidos de administração da produção: Manufacturing Resources Planning - MRP II; Just-in-Time - JIT e Optimized Production Technology - OPT.

Estes métodos, por sua vez, têm origem nas três principais filosofias ou linhas de pensamento da Administração da Produção: Filosofia Tradicional (que deu origem ao MRP II), Sistema Toyota de Produção (que deu origem ao JIT) e Teoria das Restrições (que deu origem à OPT).

A filosofia tradicional de administração da produção está baseada na concepção Fordista, em que as tarefas e máquinas são especializadas e as linhas de montagem dedicadas. A estratégia é a de ganho de escala com grandes volumes de produção, buscando alta produtividade pela produção de uma faixa reduzida de produtos e maximizando a utilização dos recursos produtivos. O objetivo principal é otimizar a rentabilidade dos meios de produção, concentrando os esforços no sentido de evitar a ociosidade dos recursos da fábrica.

A filosofia tradicional tem algumas características bastante marcantes, segundo SLACK (1993):

(a) Constituição de estoques admitida - estes têm como finalidade principal amortecer a aleatoriedade do Sistema de Produção. Além disso, o princípio do lote econômico utilizado para cálculo das ordens de produção incentiva a produção em grandes lotes. A idéia é a diluição de custos fixos relacionados ao setup e troca de ferramentas. Isto, porém, acarreta grandes estoques intermediários entre processos.

(b) Planejamento e controle externos ao Sistema de Produção - a tendência é gerenciar através de sistemas que planejam, controlam e supervisionam todos os recursos da empresa, de forma integrada e externa ao processo produtivo. Estas atividades são centralizadas em órgãos específicos (PCP e Engenharia de Manutenção), isentando os trabalhadores da responsabilidade por elas. Isto torna o chão de fábrica apenas

cumpridor de ordens e cada trabalhador limitado apenas à sua especialidade, sem uma visão do sistema como um todo.

(c) Necessidade de mão-de-obra especializada e pouco flexível a trocas funcionais.

(d) princípio do menor custo a ser seguido para a escolha de fornecedores - os estoques de segurança devem absorver as variações de qualidade dos materiais e atrasos na entrega.

O Sistema Toyota de Produção surgiu a partir do desenvolvimento do conceito de Mecanismos da Função Produção, na fábrica da Toyota Motors, no Japão. O Mecanismo da Função Produção foi apresentado pela primeira vez no ano de 1945, em um encontro técnico promovido pela Associação Japonesa de Gerenciamento. Este conceito rompeu a visão tradicional proveniente do ambiente industrial taylorista/fordista, no qual os processos e as operações eram percebidos como pertencentes ao mesmo eixo de análise. O argumento é que os sistemas de produção constituem uma rede funcional de processos e operações: o processo se refere ao fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço, enquanto que a operação se refere à ativação das pessoas e dos equipamentos disponíveis no tempo e no espaço. (Shigeo Shingo, 1986).

Ainda segundo SHINGO (1986), a teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção se baseia na priorização das melhorias na função processo, via eliminação contínua e sistemática das perdas nos Sistemas de Produção. O sistema visa, especificamente, a eliminar os custos desnecessários ao Sistema de Produção, princípio do "não-custo". Os conceitos e técnicas que formam a base do chamado Sistema Toyota de Produção foram resultado da seguinte sucessão de conclusões:

(a) A função processo consiste de processamento, inspeção, transporte e estocagem. Somente o processamento agrega valor. As outras funções são perdas que devem ser minimizadas, principalmente a superprodução (estocagem). Surgiu daí o conceito *just-in-time*.

(b) A demanda do mercado requer alta diversidade.

(c) Atender à demanda com alta diversidade requer continuados esforços para executar a produção em pequenos lotes, o que só é possível reduzindo drasticamente os tempos de *setup*, de trocas de ferramentas, e diminuindo as perdas de produção. Destas necessidades surgiram as técnicas Troca Rápida de Ferramentas e Inspeção Zero Defeitos (100%).

(d) Os ciclos de produção também têm que ser reduzidos. Fluxos unitários de peças devem ser adotados, e fluxos de produção interligados e coerentes, do processamento à montagem, devem ser construídos. A técnica Kanban surgiu para atender a estas necessidades.

O Sistema Toyota tem como primeiro princípio a minimização dos custos. Ele vê a origem dos lucros pela fórmula Preço - Custo = Lucro. Como o preço é estabelecido pelo mercado, a única maneira de aumentar o lucro é reduzir constantemente os custos. Para reduzir custos, deve-se perseguir arduamente à eliminação de perdas.

2.3 Conceituando Logística

Segundo o *Council of Logistics Management* (1996), a Logística pode ser definida como o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento, eficiente e capaz em termos de custos, de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e as informações correlatas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de obedecer às exigências dos clientes.

Para Novaes (1989), a Logística é a ciência que tem por objetivo procurar resolver problemas de suprimentos de insumos ao setor produtivo (fontes de suprimentos, políticas de estocagem, meios de transporte utilizados, etc.), problemas de distribuição de produtos acabados e semi-acabados (armazenagem, processamento de pedidos, transferência, distribuição, etc.) e outros problemas logísticos gerais, tais como os de localização de instalação de armazéns, processamento de informações, etc. Tudo isso procurando englobar restrições tanto de ordem espacial (deslocamento de produtos, dos

pontos de produção aos centros de consumo) quanto cronológica (exigência de rígidos prazos de entrega, de níveis de confiabilidade operacional, etc.).

O conceito de Logística, segundo BALLOU (1991, 1998), é: coordenar todas as atividades relacionadas à aquisição, movimentação e estocagem de materiais. Esta abordagem considera o fluxo inteiro de materiais e peças, desde os fornecedores até o estabelecimento de manufatura, com seus depósitos e linhas de produção, e também o processo posterior à manufatura, o fluxo de peças e produtos através dos armazéns e centros de distribuição até os clientes; este fluxo é controlado e planejado como um sistema integrado; esta abordagem é diferente da tradicional, que era a departamentalizada.

Existem muitas maneiras de definir Logística. Alguns autores a definem como:

"A Logística consiste em fazer chegar a quantidade certa das mercadorias certas ao ponto certo, no tempo certo, nas condições perfeitas e ao mínimo custo; a Logística constitui-se num sistema global, formado pelo inter-relacionamento dos diversos segmentos ou setores que a compõem. Compreende a embalagem e a armazenagem, o manuseio, a movimentação e o transporte de um modo geral, a estocagem em trânsito e todo o transporte necessário, a recepção, o acondicionamento e a manipulação final, isto é, até o local de utilização do produto pelo cliente." (MOURA, 1998: 51).

"A Logística é responsável pelo planejamento, operação e controle de todo o fluxo de mercadorias e informação, desde a fonte fornecedora até o consumidor." (ALT & MATINS, 2000: 252).

"A Logística empresarial é o processo de planejamento, implementação e o controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias-primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente." (BALLOU, 1998:42).

ALT & MATINS (2000) afirmam que a evolução da Logística empresarial tem início a partir de 1980, com as demandas decorrentes da globalização, alteração estrutural da economia mundial e desenvolvimento tecnológico, tendo como consequência a sua segmentação em três grandes áreas:

1. Administração de materiais: é o conjunto de operações associadas ao fluxo de materiais e informações, desde a fonte de matéria-prima até a entrada na fábrica; em resumo, é “disponibilizar para produção”, sendo que participam desta área os setores de: Suprimentos, Transportes, Armazenagem e Planejamento e Controle de Estoques.

2. Movimentação de materiais: transporte eficiente de produtos acabados do final de linha de produção até o consumidor, sendo que fazem parte o PCP (Planejamento e Controle da Produção), Estocagem em processo e Embalagem.

3. Distribuição física: é o conjunto de operações associadas à transferência dos bens, objeto de uma transação, desde o local de sua produção até o local designado ao destino e ao fluxo de informação associado, devendo garantir que os bens cheguem ao destino em boas condições comerciais, oportunamente e a preços competitivos; em resumo, é “tirar da produção e fazer chegar ao cliente”. Participam os setores de Planejamento dos Recursos da Distribuição, Armazenagem, Transportes e Processamento de Pedido.

A missão do gerenciamento logístico é planejar e coordenar todas as atividades necessárias para alcançar níveis desejáveis dos serviços e qualidade ao custo mais baixo possível. Portanto, a Logística deve ser vista como o elo entre o mercado e a atividade operacional da empresa. O raio de ação da Logística se estende sobre toda a organização, do gerenciamento de matérias-primas até a entrega do produto final.

Dentro da Logística integrada temos que fazer uma diferenciação entre suas variantes:

A Logística de Abastecimento, que é a atividade que administra o transporte de materiais dos fornecedores para a empresa, o descarregamento no recebimento e armazenamento das matérias-primas e concorrentes. Estruturação da modulação de

abastecimento, embalagem de materiais, administração do retorno das embalagens e decisões sobre acordos no sistema de abastecimento da empresa.

A Logística de Distribuição, que é a administração do centro de distribuição, localização de unidades de movimentação nos seus endereços, abastecimento da área de separação de pedidos, controle da expedição, transporte de cargas entre fábricas e centro de distribuição e coordenação dos roteiros de transportes urbanos.

A Logística de Manufatura, que é a atividade que administra a movimentação para abastecer os postos de conformação e montagem, segundo ordens e cronogramas estabelecidos pela programação da produção, a desova das peças conformadas, como semi-acabados e componentes, armazenamento nos almoxarifados de semi-acabados, e o deslocamento dos produtos acabados no final das linhas de montagem para o armazém de produtos acabados.

A Logística Organizacional, que é a logística inserida em um sistema organizacional, em função da organização, planejamento, controle e execução do fluxo de produtos, desde o desenvolvimento e aquisição até produção e distribuição para o consumidor final, para atender às necessidades do mercado a custos reduzidos e uso mínimo de capital.

2.3.1 Indicadores de Desempenho Logístico

Os indicadores e gráficos de controle tornaram-se tão populares que passaram a ser usados em outras áreas para outras finalidades. Na Logística, eles avaliam e auxiliam o controle do desempenho logístico.

Assim, os indicadores de desempenho logístico podem monitorar a qualidade das atividades logísticas internas à empresa ou a de seus parceiros (fornecedores).

Bons indicadores não permanecem bons para sempre. Para que estratégia e medidas de desempenho estejam alinhadas, e o sistema de medição se mantenha integrado, eficiente e eficaz ao longo do tempo, é necessário que os indicadores empregados sejam revisados sistematicamente e que o sistema seja dinâmico. Para Kennerley e Neely (2003), a habilidade do acompanhamento contínuo é um importante fator de sucesso.

O passo final para a implementação de um sistema de indicadores de desempenho é o monitoramento contínuo do *output*. Uma das chaves da melhoria contínua é o processo constante de monitoramento que identifica as variações e age corretivamente para eliminar suas causas e evitar que elas ocorram novamente.

2.3.1.1 Desempenho no atendimento ao Cliente:

Tabela 1 – Indicadores de desempenho logístico no atendimento ao Cliente (GELOG – UFSC)

Indicador	Descrição	Cálculo	Melhores Práticas
Entregas no Prazo (%)	Mede % de entregas realizadas no prazo acordado com o Cliente	Entregas no Prazo / Total de Entregas realizadas	Variam de 95% a 98%
Taxa de Atendimento do Pedido (%)	Mede % de pedidos na qtde e especificações solicitadas pelo Cliente	Pedidos Integralmente Atendidos / Total de Pedidos Expedidos	99,5%
Pedidos Completos e no Prazo	Entregas realizadas dentro do prazo e atendendo as quantidades e especificações do pedido	Perfeitas/Total de Entregas Realizadas	O índice varia de 90% a 95%
Pedido Perfeito	Calcula a Taxa de Pedidos sem erros em cada estágio do pedido ao Cliente	% Acuracidade no Registro do Pedido x % Acuracidade na Separação x % Entregas no Prazo x % Entregas sem danos x % Pedidos Faturados Corretamente	Em torno de 70%
Tempo de Ciclo do Pedido	Tempo decorrido entre a realização do Pedido por um Cliente e a data da entrega.	Data da Entrega menos a Data da Realização do Pedido	Menos de 24 horas para localidades até um limite de 350 km

2.3.1.2 Desempenho na Gestão dos Estoques

Tabela 2 – Indicadores de desempenho logístico na Gestão dos Estoques (GELOG – UFSC)

Indicador	Descrição	Cálculo	Melhores Práticas
Tempo do Recebimento	Tempo da mercadoria da doca de recebimento até a sua armazenagem física.	Tempo da doca ao estoque ou disponibilidade do item para produção ou venda.	2 horas ou 99,9% no mesmo dia.
Acuracidade do Inventário	Corresponde à diferença entre o estoque físico e a informação contábil de estoque.	$\frac{\text{Estoque Físico Atual por SKU}}{\text{Estoque Contábil Reportado no Sistema}}$	99,5% (Brasil) e 99,95% (Japão e EUA)
“ Stock outs”	Vendas perdidas em função da indisponibilidade do item solicitado.	$\frac{\text{Receita não realizada devido a Indisponibilidade do Item em Estoque (R\$)}}{\text{Estoque Total (R\$)}}$	Variável
% Estoque Indisponível para Venda	Estoque indisponível para vendas em função de danos decorrentes da movimentação, armazenagem, vencimento ou obsolescência.	$\frac{\text{Estoque Indisponível (R\$)}}{\text{Estoque Total (R\$)}}$	Variável
Utilização da Capacidade de Estocagem	Mede a utilização volumétrica ou do número de posições para estocagem disponíveis em um armazém.	$\frac{\text{Ocupação média em m3 ou Posições de Armazenagem Ocupadas}}{\text{Capacidade Total de Armazenagem em m3 ou No. de Posições}}$	Estar acima de 100% é um péssimo indicador, pois provavelmente indica que corredores ou outras áreas inadequadas para estocagem estão sendo utilizadas.
Visibilidade dos Estoques	Mede o tempo para disponibilização dos estoques recém recebidos no sistema da empresa.	$\frac{\text{Data ou Hora do Registro da Informação de Recebimento do Material no Sistema da Empresa}}{\text{Data ou Hora do Recebimento Físico}}$	Máximo de 2 horas

2.3.1.3 Produtividade no Armazém

Tabela 3 – Indicadores de desempenho logístico na Produtividade do Armazém (GELOG – UFSC)

Indicador	Descrição	Cálculo	Melhores Práticas
Pedidos por Hora	Mede a Quantidade de Pedidos Separados e Embalados por hora	$\frac{\text{Pedidos Separados Embalados}}{\text{Total de Horas Trabalhadas no Armazém}}$	Variam conforme o tipo de negócio
Custo por Pedido	Rateio dos Custos Operacionais do Armazém pela quantidade de pedidos expedidos	$\frac{\text{Custo Total do Armazém}}{\text{Total de Pedidos Expedidos}}$	Variam conforme o tipo de negócio
Custo de Movimentação e Armazenagem	Revela a participação dos custos operacionais de um armazém nas vendas de uma empresa	$\frac{\text{Custo Total do Armazém}}{\text{Vendas Total}}$	Variam conforme o tipo de negócio
Tempo Médio de Carga / Descarga	Mede o tempo médio de permanência dos veículos nas docas de recebimento e expedição	$\frac{\text{Hora de Saída da Doca} - \text{Hora de Entrada na Doca}}$	Varia conforme o tipo de veículo, carga e condições operacionais
Tempo Médio de Permanência do Veículo	Além do tempo de Doca, mede tempos de manobra, trânsito interno, autorização da Portaria, Vistorias, etc.	$\frac{\text{Hora de Saída da Portaria} - \text{Hora de Entrada na Portaria}}$	Variam conforme procedimentos da empresa.
Utilização dos Equipamentos de Movimentação	Mede a utilização dos equipamentos de movimentação disponíveis em uma operação de movimentação e armazenagem.	$\frac{\text{Horas em Operação}}{\text{Horas Disponíveis para o Uso}}$	Em uso intensivo com Operador dedicado, mínimo de 95%

2.3.1.4 Desempenho em Transportes

Tabela 4 – Indicadores de desempenho logístico em Transportes (GELOG – UFSC)

Indicador	Descrição	Cálculo	Melhores Práticas
Custos de Transporte como 1% das Vendas	Mostra a participação dos custos de Transportes nas vendas totais da empresa.	$\frac{\text{Custo Total de Transportes (R\$)}}{\text{Vendas Totais (R\$)}}$	Variam conforme o tipo de negócio
Custo do Frete por Unidade Expedida	Revela o Custo do Frete por Unidade Expedida	$\frac{\text{Custo Total de Transportes (R\$)}}{\text{Total de Unidades Expedidas}}$	Variam conforme o tipo de negócio
Coletas no Prazo	Calcula a % de coletas realizadas no prazo acordado	$\frac{\text{Coletas no Prazo}}{\text{Total de Coletas}}$	Variam de 95% a 98%
Utilização da Capacidade de Carga	Avalia a utilização da capacidade de carga dos veículos	$\frac{\text{Carga Total Expedida}}{\text{Capacidade Teórica Total dos Veículos Utilizados}}$	Dependem de diversas variáveis, mas estão ao redor de 85%
Avarias no Transporte	Mede a participação das avarias em transporte no total expedido	$\frac{\text{Avarias no Transporte (R\$)}}{\text{Total Expedido (R\$)}}$	Variável
Não Conformidade em Transportes	Mede a participação de custo extra de frete decorrente de devoluções, atrasos, etc.	$\frac{\text{Custo Adicional de Frete com NC (R\$)}}{\text{Custo Total de Transporte (R\$)}}$	Variável
Acuracidade no Conhecimento de Frete	Mede a participação de erros verificados no conhecimento de frete em relação aos custos totais de transportes.	$\frac{\text{Erros na cobrança (R\$)}}{\text{Custo Total de Transportes (R\$)}}$	Mínimo 98,5%

2.3.2 Movimentação de Materiais

A Associação Brasileira de Movimentação de Materiais - ABMM, segundo Moura (1997), considera Movimentação de Materiais uma operação, ou conjunto de operações, que implique mudança na posição de qualquer material ou produto para processamento ou serviço, sua armazenagem interna ou externa dentro de uma mesma unidade fabril, depósito ou terminal.

Moura (1997) considera a função Movimentação de Materiais o estudo dos movimentos dentro da companhia, diferenciando-a da movimentação externa, que é comumente conhecida por transporte.

O fluxo da movimentação de materiais está relacionado com o transporte de matérias-primas e produtos acabados, com o armazenamento (estocagem, seleção de pedidos, montagem, embalagem, expedição) e distribuição das matérias-primas e produtos acabados, no âmbito interno da empresa.

Assim, em qualquer local de fabricação, a movimentação de materiais tem uma grande importância. Ela compreende todas as operações básicas envolvidas de qualquer tipo de material por qualquer meio - da recepção da matéria-prima até a expedição e distribuição do produto acabado. Moura (1997) primeiro divide a Logística em interna (relativa à produção) e externa (distribuição). (figura 2)

O elemento de ligação é o armazém de produtos acabados, que pode ser considerado parte de cada um dos setores, visto que constitui ao mesmo tempo a última etapa da produção e a primeira da distribuição. É possível efetuar subdivisões de setores. Por exemplo, o armazém de matérias-primas pode ser dividido em seção de entrada de mercadorias, de reserva e de preparação dos pedidos. Mas um sistema logístico deve permitir a interação de três funções básicas: i) estocagem física de matéria-prima, desde sua aquisição até a entrada no processo de produção; ii) fluxo dos materiais, desde a sua entrada no processo, como matéria-prima, até a transformação em processo acabado; iii)

movimentação de produtos acabados, desde a saída do processo até sua entrega ao cliente.

A Logística Interna pode ser estendida às atividades de recebimento de materiais, estocagem, manuseio e abastecimento da linha de produção, expedição, programação e administração da frota de veículos e devolução para o fornecedor, e à movimentação associada às operações de produção. Na classificação de Porter (1992) é, portanto, uma atividade primária e recentemente identificada como Movimentação de Materiais.

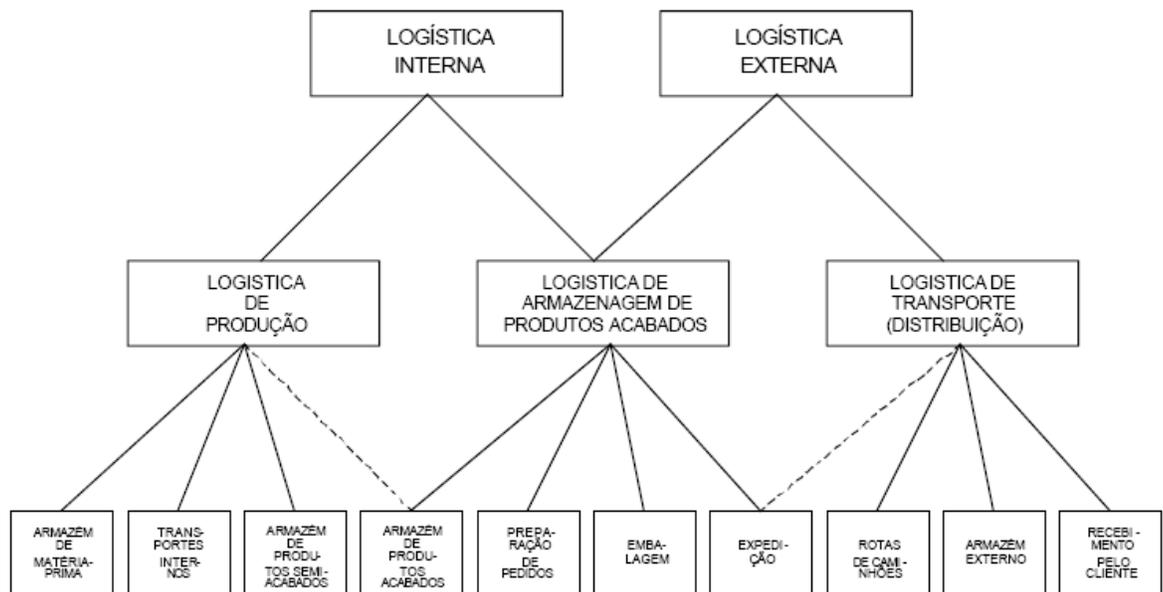


Figura 2 - Logística interna e externa – Moura, (1997)

2.3.3 A Evolução da Logística

O conceito de logística, segundo Ching (2001), inicialmente estava relacionado à distribuição física de materiais, fazendo com que a maioria das organizações dispensasse à matéria um tratamento puramente funcional. Os problemas logísticos eram tratados de forma pontual e segmentada, sem integração das diferentes atividades envolvidas.

Segundo o mesmo autor, com o passar do tempo essa visão segmentada da Logística evoluiu, entrando em vigor uma nova concepção, na qual deve existir a integração de todas as atividades envolvidas na cadeia de suprimento.

Figuero e Arkader (2000) descrevem as cinco fases principais da evolução do pensamento logístico, a saber:

Do campo ao mercado: esta etapa se estende do início do século XX até o início dos anos 40, caracterizando-se pela falta de conceituação teórica da Logística e pela preocupação prática de escoamento da produção agrícola dos campos para os mercados consumidores.

Especialização: esta se estende do início dos anos 40 até o início da década de 60. Nesta fase surge o termo logística, sob forte influência militar em função da Segunda Guerra Mundial, associado à movimentação de tropas e suprimentos. A principal preocupação era a identificação dos aspectos que influenciavam a eficiência dos fluxos de materiais, principalmente os relacionados a armazenagem e transporte. É importante destacar que o período imediatamente posterior à guerra foi marcado pelo forte crescimento das economias, que proporcionavam elevadas margens de lucro. Nesse contexto, o enfoque principal era em vendas e produção, não havendo grandes preocupações com custos logísticos e ineficiências na distribuição. (Ching, 2001).

Integração interna: iniciando-se na década de 60 e estendendo-se até o início dos anos 70, esta fase se caracteriza pelo início de uma visão integrada nas questões logísticas. O

conceito de custo total da cadeia logística passa a ser difundido e melhor compreendido pelas organizações.

Foco no cliente: essa fase, que se estende do início dos anos 70 até meados dos anos 80, se caracteriza pela busca pela eficiência, com foco nas questões relacionadas à produtividade e custos de estoques. A década de 70 foi marcada por forças de mudança que influenciaram de forma definitiva a administração das empresas e a Logística, como o aumento da competição mundial, a crise do petróleo, a falta de matérias-primas e o aumento da inflação mundial. Esses fatores resultaram, por exemplo, na diminuição das margens de lucro e aumento dos custos de transporte e estoques. O pensamento empresarial reconheceu na Logística a principal forma de reduzir os custos logísticos e otimizar as atividades da empresa. Neste período consolidou-se o conceito de Sistemas Logísticos, ou Logística Empresarial, baseado na combinação das atividades de administração interna de materiais e de distribuição física dos produtos. (Coyle et alli, 1996)

Supply Chain Management: nessa fase, que vai de meados dos anos 80 até o presente momento, a Logística passou a ser identificada como um elemento diferenciador entre as empresas, através do qual foi possível explorar novas e importantes vantagens competitivas (Coyle et alli, 1996). A ênfase passa a ser a preocupação com as interfaces entre as diferentes funções da empresa, surgindo assim o conceito de Logística Integrada, que busca a integração das atividades desde a origem até o consumidor final. De acordo com Cooper et alli (1998), o conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimento surgiu no início dos anos 80, aparecendo pela primeira vez na literatura em 1982. A expressão foi usada inicialmente para enfatizar uma estratégia de redução de níveis de estoques, tanto nos fluxos internos das empresas como nos fluxos interempresas. Posteriormente, esse conceito foi aprimorado e revisado. O termo Supply Chain Management tem sido utilizado, pelas empresas e no meio acadêmico, como um sinônimo da Logística, uma extensão do conceito de Logística Integrada, ou como uma abordagem bastante ampla da integração dos processos de negócios, que em muitos casos ultrapassa as atividades diretamente relacionadas com a Logística Integrada. (Fleury, 2000).

2.4 Pensamento Enxuto

Segundo WOMACK, JONES e ROOS (1992), o Sistema Toyota de Produção (STP) nasceu na Toyota (empresa japonesa fabricante de automóveis) como resposta ao modelo anterior de produção em massa (modelo totalmente padronizado e verticalizado, de propriedade da Ford), o qual levou a empresa a um colapso nas vendas em 1949.

O Sistema Toyota de Produção recebeu no ocidente a denominação Produção Enxuta.

Os principais impulsionadores da Toyota para Mentalidade Enxuta, segundo WOMACK, JONES e ROOS (1992), foram a limitação do mercado japonês e sua exigência por diversidade.

O modelo estrutural da Toyota se desenvolveu e foi aperfeiçoado durante décadas, assumindo nos dias atuais a representação da Figura 2, com a denominação “Casa do Sistema Toyota de Produção”.

Neste modelo-se identificar os grandes pilares de sustentação desta metodologia, o *just-in-time*, com todas as suas ferramentas de gestão objetivando a redução do ciclo de produção e viabilizando o lote unitário, e o Jidoka, com o princípio da automação, projetando e utilizando máquinas que possam detectar as anormalidades e parar automaticamente, evitando assim os problemas causados pela produção de lotes e produtos defeituosos.

A estabilidade desta estrutura é oferecida pelo Kaizen, Heijunka e pela padronização do trabalho.



Figura 3: Casa do Sistema Toyota de Produção, adaptado de *Lean Summit* (2004)

Segundo Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção apresenta as seguintes principais características:

- (i) O princípio da minimização dos custos é um conceito básico subjacente ao Sistema Toyota de Produção. A sobrevivência da empresa depende, portanto, da redução dos custos. Isso requer a eliminação completa das perdas.
- (ii) A melhor resposta à demanda é a produção contra pedido. Sob esse sistema, a produção convencional em grandes lotes deve ser abandonada.
- (iii) O Sistema Toyota aceita o desafio da redução do custo da mão-de-obra e reconhece a vantagem de usar máquinas que sejam independentes dos trabalhadores.
- (iv) O Sistema Toyota de Produção e Sistema Kanban têm uma relação de sinergia. O desenvolvimento do sistema Kanban proporciona uma técnica de controle simples, poderosa e altamente flexível.
- (v) A Toyota transformou um sistema de produção tradicionalmente passivo em um novo sistema, calcado em conceitos jamais antes utilizados.

2.4.1 Princípios do *Lean*

Os cinco princípios básicos da Mentalidade Enxuta, segundo WOMACK, JONES (1998), são:

- especificar o valor do produto, ou seja, focar no que é requerido pelo cliente final;
- identificar o fluxo de valor;
- estabelecer um fluxo contínuo para o produto, os materiais e as informações, eliminando os desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor;
- deixar o cliente puxar o valor;
- buscar perfeição através de melhorias contínuas.

O ponto de partida para a aplicação da Mentalidade Enxuta consiste em definir o que é valor. Quem definirá esse valor não é a empresa, mas seu cliente final, o consumidor. Para este, a necessidade gera o valor, e cabe às empresas interpretar essas necessidades, transformando-as em produto/serviço satisfatório, cobrando um preço específico para se manter no negócio e ser mais lucrativas através da melhoria contínua dos processos, reduzindo o custo e aumentando a qualidade.

O passo seguinte consiste em definir o fluxo de valor, que significa dissecar a cadeia produtiva, separando os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor mas são importantes para a manutenção da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser evitados imediatamente pois são apenas desperdício.

O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para levar um produto específico pelas três tarefas gerenciais críticas, em qualquer negócio: a solução de problemas, o gerenciamento da informação e a transformação física. A tarefa solução de problemas vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela Engenharia. A tarefa gerenciamento da informação vai do recebimento do pedido até a entrega. A tarefa transformação física vai da matéria-prima ao produto acabado, até as mãos do cliente final. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Durante esses processos, muitos desperdícios passam despercebidos, pois usualmente as etapas não são analisadas de forma crítica para verificar sua real necessidade de existência. Womack e Jones (2002) propõem ainda que o fluxo de valor seja analisado não somente dentro da empresa mas como um todo, sendo expandido para todas as unidades de trabalho, ou seja, devem ser analisadas todas as atividades desenvolvidas na criação e na fabricação de um produto específico, da concepção à disposição, passando pelas atividades de projeto, da venda à entrega, pelo recebimento do pedido, programação da produção e da matéria-prima, até as mãos do cliente.

Depois de definir com exatidão o fluxo de valor e mapeá-lo, de forma que seja possível definir quais etapas não agregam valor, o próximo passo é fazer com que fluam as etapas selecionadas, aquelas que agregam valor ao produto.

2.4.2 Os principais tipos de desperdício

De acordo com Womack (1992), o executivo Taiichi Ohno identificou os principais tipos de desperdício. São sete tipos primários, que também conduzem a desperdícios secundários. Como exemplo, o caso do inventário extra, que provoca a necessidade de material e mão-de-obra extras, com custos indiretos como energia e outras utilidades.

Na seqüência, os sete tipos de desperdício são apresentados com pormenores:

2.4.2.1 Superprodução

A superprodução está relacionada ao fato de se produzir mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou por produzir em um ritmo acima do necessário. Portanto, dentro do Sistema Toyota de Produção (STP), a produção deve ser sustentada pela filosofia *Just-In-Time (JIT)*, que significa produzir produtos exatamente na quantidade requerida, quando requerida, e não antes disso. Dessa forma, o volume de produção deve

ser igual ao número de pedidos. Como nem sempre é possível atingir um ciclo de produção (P) menor do que o prazo de entrega (E), o método do "supermercado" também foi adotado para planejamento e produção.

A superprodução geralmente dá a impressão de que todos estão ocupados, trabalhando, e que as atividades fluem normalmente, mas isso é uma ilusão, pois elevados volumes distorcem a verdade e mascaram os problemas, que podem vir à tona quando os excessos são eliminados.

A superprodução tende a esconder problemas de produção ou defeitos e produções ineficientes. Além disso, ela pode ocasionar outros desperdícios, como:

- crescimento de estoques e, conseqüentemente, imobilização do capital antes do tempo e aumento de despesas financeiras;
- necessidade de utilização de maior espaço, o que exige ampliação das instalações;
- desmotivação das equipes quanto à produtividade;
- compra de materiais ou componentes em duplicidade, assim como danos aos produtos e materiais armazenados;
- gastos em excesso com energia e utilidades.

A superprodução esconde, ainda, a questão da movimentação, pois qualquer movimento de pessoas ou de maquinário que não agregue valor será considerado perda de movimento. O movimento de pessoas (operadores) deve ser planejado de forma ergonômica para evitar perda de produtividade, ocasionada pelo estresse físico e até mesmo mental. Quando movimentos desnecessários são analisados, revisa-se não somente o valor agregado, mas também o método de trabalho operacional, visando à não sobrecarga do operador, conseqüente aos fatores que provocam esforços repetitivos.

Quando os movimentos de um operador são observados, pode-se comparar e analisar o valor agregado e o valor não agregado. Em um acompanhamento de estudos de métodos e tempos, é possível observar movimentos que podem ser agrupados, melhorados ou até

mesmo eliminados por meio de simples ações como, por exemplo, a melhor disposição física da estação de trabalho.

Segundo Shingo (1996), ações desse tipo podem ser implementadas tanto no processo de fabricação como nas operações. Há necessidade, portanto, de melhor entender a definição de ambos os termos:

a) Processo – entendido como o fluxo de materiais no espaço e no tempo.

É a transformação de matéria-prima em componentes semi-acabados, que, por sua vez, se transformam no produto acabado.

b) Operações – trabalho realizado para a efetivação da transformação.

Quando o método de trabalho não é adequado, as pessoas acabam trabalhando além do necessário, o que resulta em menor produtividade.

2.4.2.2 Espera

É a atividade de ter que esperar para processar determinado produto/serviço, o que constitui desperdício. Refere-se tanto à matéria-prima quanto aos produtos semi-acabados em processo e/ou aguardando para ser processados, assim como à acumulação excessiva dos estoques a serem entregues. Portanto, com relação à estocagem, há dois tipos de espera: as de processo e as de lotes.

As esperas de processo normalmente estão relacionadas às taxas de defeitos superestimadas, à espera do processamento do excedente ou, devido à antecipação da programação, à constituição de buffers (estoques intermediários), fatores que podem ser gerados por desbalanceamento, para compensar quebras e refugos e oferecer segurança gerencial.

Enquanto o operador assiste ao trabalho da máquina não há a possibilidade de ele desempenhar outra atividade; conseqüentemente, não se agrega valor. Este tipo de desperdício é rigorosamente um "tempo morto". Em algumas organizações onde não há planejamento, ocorre freqüentemente a alocação de operadores em ciclos automáticos, e eles acompanham o funcionamento da máquina sem desenvolver atividades paralelas durante o tempo de processamento do equipamento.

São necessários, portanto, estudos que possibilitem a menor intervenção possível do homem na operação, visando ao seu melhor rendimento durante o tempo de processamento do equipamento que opera.

Para esses casos devem ser sempre utilizados conceitos de fluxo contínuo de fabricação, fazendo-se uso do bom senso, da lógica, criatividade e iniciativa para o desenvolvimento de métodos eficazes.

Outro ponto a ser ressaltado é que a manufatura celular nem sempre pode ser implementada com a utilização de equipamentos "velhos". A Engenharia deve desenvolver pequenos equipamentos automatizados que não requeiram o acompanhamento intensivo, tendo como objetivo o que se chama fluxo de uma peça.

2.4.2.3 Transporte

Muitos processos/armazéns são desenhados com distâncias definidas entre máquinas/postos de trabalho, o que ajuda no uso de lotes de produção. A movimentação desses lotes força o operador, freqüentemente, a deixar seu posto de trabalho para mover essas peças, que compõem um *muda*. Ao se planejar e desenhar estações de trabalho é necessário que se observe a localização, que deverá ser o mais próximo possível das operações simultâneas requeridas pelos lotes.

Todavia, lotes de transporte de peças unitárias acrescem o transporte de um processo ao próximo, problema este que pode vir a ser resolvido por meio da otimização do arranjo. Após essa primeira providência, meios de transporte com maior eficiência devem ser considerados, para permitir que o material processado flua facilmente de um processo para outro, propiciando a redução dos tempos de produção, como o número de horas-homem de transporte.

O transporte é somente uma movimentação de produtos, o que não contribui diretamente para o valor agregado destes. Esta é a razão pela qual ele deve ser evitado, a menos que seja utilizado para o fornecimento da quantidade certa, na hora certa, no lugar certo, de acordo com a solicitação.

2.4.2.4 Processamento

A atividade de acrescentar ao processo mais "trabalho" ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes também deve ser tratada como desperdício. O valor deve ser criado pelo produtor, e o cliente deve enxergá-lo e querer pagar por ele. Dessa forma, o "pensamento enxuto" deve começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor, em termos de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, por meio do diálogo com clientes específicos.

2.4.2.5 Estoque

Quando ocorre excesso de fornecimento de produtos entre os processos, ou muitas peças (matéria-prima, componentes, etc.) são entregues pelos fornecedores com o intuito de abastecer a fábrica, ocorre o que se chama de Inventário (estoque), que exige capital de giro para sua manutenção, gera custo e, como já citado, caracteriza dinheiro parado, ou seja, perdas. Quanto maior o inventário, maior o desperdício.

O inventário é meramente uma garantia contra emergências, mas grandes inventários dificultam o acesso, aumentam o custo de estocagem e, ainda, ocupam áreas da empresa, gerando também um custo pela sua ocupação.

Outro problema encontrado nas empresas com grandes estoques é que essa característica esconde a realidade das organizações, tornando cada vez mais difícil a identificação dos problemas existentes e, conseqüentemente, a sua eliminação. Quando ocorrem problemas com fornecedores, também fica mais difícil identificar a verdadeira causa do problema para que ações corretivas sejam iniciadas.

Normalmente, inventário excessivo é desperdício, pois há produção além do necessário, o que gera lotes (inventários) intermediários, devido à inexistência de um fluxo contínuo. A Manufatura Enxuta tem como objetivo final um sistema em que tudo esteja ligado em fluxo coerente de peças unitárias.

Embora essa integração total não seja facilmente atingida, um sistema de entregas mistas contínuas e freqüentes de pequenos lotes pode ser desenvolvido, para plantas de fabricação e para linhas de montagem. Dessa forma, chegarão entregas constantes, oriundas de processos adjacentes à planta de montagem final.

Todas as atividades devem ser sincronizadas com os tempos de fabricação unitários e controladas por meio do sistema *Kanban*. O sucesso desta atividade refletirá na rotatividade do estoque.

2.4.2.6 Defeitos

Pode-se dizer que este item está entre os piores fatores de desperdício, pois os mesmos podem gerar retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda total do esforço e material. Outro ponto importante a ser considerado é o elevadíssimo risco de perder clientes.

Os produtos devem ser processados de forma correta, logo na primeira vez; caso contrário, serão adicionadas tarefas desnecessárias para sua finalização, dentre as quais se podem citar energia, tempo de equipamento, mão-de-obra e outros, que acrescentarão custos desnecessários para a correção do defeito encontrado.

2.4.3 Ferramentas Lean

Alguns conceitos e ferramentas lean foram adaptados por Tapping; Shuker (2003) e Picchi (2002) para sua aplicação em ambientes administrativos. Exemplos destes serão apresentados a seguir:

(a) **5 S**: é uma ferramenta para melhoria de processos baseada em cinco palavras japonesas iniciadas com a letra S (SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU, SHITSUIKE), que têm como objetivo criar um espaço de trabalho que permita controle visual e execução de tarefas de forma enxuta. Com sua aplicação, o espaço de trabalho será organizado de forma padronizada, os desperdícios serão reduzidos e os trabalhadores terão maior controle sobre o espaço e sobre as atividades realizadas. O significado de cada uma dessas palavras, segundo Tapping; Shuker (2003), Lean Enterprise Institute (2003) e ABIMAQ [entre 1990 e 2003], é:

- **SEIRI** (Senso de utilização): significa basicamente separar o útil do inútil, eliminando o desnecessário, como arquivos, suprimentos, ferramentas, equipamentos, livros, etc., que não são utilizados. O que é usado com maior frequência deve ser organizado próximo ao local de trabalho, o que é usado ocasionalmente deve ser organizado em um local mais afastado, e o que não é utilizado deve ser eliminado.
- **SEITON** (Senso de arrumação): significa separar e arrumar tudo de forma que qualquer pessoa possa localizar qualquer coisa facilmente. Isso inclui a padronização de locais de trabalho, de reuniões, de arquivos, de comunicação visual de leitura rápida e fácil, etc.

- **SEISO** (Senso de limpeza): significa manter o ambiente de trabalho limpo, eliminando as causas da desordem, aprendendo a não sujar e a preservar o bom funcionamento do ambiente e equipamentos.
- **SEIKETSU** (Senso de saúde e higiene): significa conservar o ambiente de trabalho sempre favorável à saúde e higiene, eliminando condições inseguras, humanizando-o e criando diretrizes com o objetivo de sustentar a aplicação dos S anteriores, mantendo a área de trabalho organizada, limpa e com comunicação visual padronizada.
- **SHITSUKE** (Senso de autodisciplina): significa tornar essas atitudes um hábito, transformando o 5S num modo de vida, usando a criatividade para difundir esse pensamento, mantendo a comunicação entre as pessoas e a conscientização, compartilhando visões e valores, treinando com paciência e persistência e avaliando os avanços.

Apesar de simples, a aplicação dessa ferramenta promove redução do tempo gasto com diversas atividades que não agregam valor.

(b) Tempo Takt: é o tempo determinado através da coleta de dados sobre a demanda do cliente, sendo, portanto, o ritmo imposto ao fluxo de trabalho por essa demanda, estipulando quão rápido ele deve ser para atingi-la.

Para calcular o Tempo Takt para um determinado fluxo de valor, basta dividir o número de horas de trabalho diárias pelo total de unidades de trabalho requeridas para um dia, descontando do tempo de trabalho diário os intervalos para reuniões, refeições, etc. (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

Para determinar a demanda do cliente para as atividades administrativas não existe uma fórmula exata, e nem sempre a unidade de trabalho é mensurável, como ocorre na manufatura, sendo necessário recorrer a históricos, desenvolver técnicas para a coleta desses dados, e definir uma unidade de trabalho que possa ser associada a um tempo de processamento. É também necessário escolher um período de trabalho apropriado para analisar os dados da demanda, longo o suficiente para refletir as possíveis variações. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003).

(c) Pitch: é uma ferramenta utilizada quando não há praticidade para algumas atividades do fluxo moverem uma unidade de trabalho de acordo com o Tempo Takt, sendo este, assim, utilizado para determinar a quantidade de trabalho ideal, ou lote, para se movimentar.

O Pitch é um múltiplo do Tempo Takt que permite a criação e sustentação de um fluxo de trabalho consistente e prático, para a unidade de trabalho se mover do início ao fim do processo através do fluxo de valor.

Para calculá-lo, multiplica-se o Tempo Takt pelo número de unidades de trabalho que serão agrupadas em um lote, que será determinado de forma que se adapte ao serviço em questão.

Desta forma o fluxo de trabalho mantém um ritmo contínuo e suave, e a ocorrência de algum problema é rapidamente identificada, pois o Pitch permite que a produção seja acompanhada em pequenos intervalos de tempo, evitando, quando a demanda não é atingida, o acúmulo de problemas e erros até o final do período. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

(d) Estoques de Recursos e Recursos de Segurança: são ferramentas utilizadas para assegurar que a demanda do cliente seja atendida imediatamente, em qualquer condição.

Os Estoques de Recursos são sempre utilizados em fluxos de valor administrativos, pois o volume de trabalho requerido pelo cliente dificilmente é exato. Assim, os estoques suprem variações inesperadas na demanda dos clientes, ajudando a manter o Tempo Takt. Os Recursos de Segurança são utilizados quando algum problema interno interrompe o fluxo normal da produção, mantendo assim o atendimento da demanda.

Os Recursos de Segurança são sempre idênticos aos Estoques de Recursos, mas devem ser separados para que possa haver o controle dos dados de custos ocorridos por variações na demanda ou por erros internos.

Essas ferramentas devem ser vistas como medidas temporárias, que têm como objetivo atender, em quaisquer circunstâncias, a demanda do cliente, porém melhorias contínuas devem sempre ter como objetivo a sua redução. (TAPPING; SHUKER, 2003).

(e) Trabalho Padronizado: é um conceito que significa estabelecer e documentar o procedimento que fornece o melhor resultado, com o melhor método e a melhor seqüência para as atividades.

A padronização das tarefas é uma importante ferramenta na identificação de problemas nos ambientes administrativos, pois cria uma seqüência eficiente para o fluxo de atividades, minimiza as variações nos procedimentos, estabelece as melhores práticas para manter a qualidade do serviço, e permite o treinamento simples do pessoal, de forma que uma pessoa seja capaz de executar mais de um serviço, sendo conferida maior flexibilidade ao fluxo.

Deve-se procurar reduzir o número de passos ao padronizar um processo, analisando o fluxo de valor para destacar as atividades desnecessárias e desperdícios inerentes a elas. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003).

(f) Supermercados: são ferramentas utilizadas quando existem obstáculos no processo, como as atividades denominadas gargalos, onde as unidades de trabalho precisam ser movidas uma por vez, enquanto as demais atividades do processo trabalham em pequenos lotes; ou quando existe variação no tempo de ciclo entre duas atividades, que é o tempo decorrido do seu início até sua conclusão, impedindo assim o estabelecimento do fluxo contínuo.

Os Supermercados são utilizados para estocar algumas unidades de trabalho que aguardam o processo seguinte, ou cliente final, de forma que possa ser prontamente puxado quando necessário, sendo imediatamente solicitada sua reposição, puxando a atividade à montante. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

g) Kanban: é uma ferramenta normalmente utilizada em conjunto com o sistema de Supermercados para puxar a produção, controlando a reposição de unidades e mantendo o fluxo contínuo. Consiste em uma forma de comunicação visual, através de pequenos cartões ou qualquer tipo de sinalização de fácil compreensão, que indica ao processo anterior que a unidade de trabalho foi utilizada e precisa ser reposta, evitando desta forma a produção em excesso com estoques desnecessários, e garantindo atendimento imediato à demanda do cliente (interno ou externo).

Assim, o Kanban é responsável por puxar o sistema de produção, sinalizando a necessidade de reposição e carregando todas as informações sobre o produto que possam ser necessárias para sua produção. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

(h) Células de Trabalho: consistem no arranjo de ferramentas e pessoas, necessárias para um serviço adequado, colocando estas próximas umas das outras na seqüência das atividades que serão realizadas em fluxo contínuo.

A vantagem da formação de células está na redução do tempo, do espaço e dos recursos despendidos com o transporte entre as atividades, acelerando o processo e com isso aumentando a produtividade; também na maior facilidade que oferecem de se estabelecerem Fluxos Contínuos e produção puxada. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

Os princípios desta alteração no layout da produção são:

- Arranjar os processos em seqüência;
- Arranjar as ferramentas e equipamentos de acordo com a seqüência dos processos;
- Procurar utilizar equipamentos pequenos, que se encaixem ao tamanho das mesas de trabalho e possibilitem maior proximidade entre as atividades;
- Treinar os funcionários, procurando manter todos preparados para executar qualquer uma das atividades da célula;

- Dar preferência ao formato em U para a Célula de Trabalho, de forma que a primeira e a última atividade fiquem próximas;
- Programar as células para trabalharem como uma linha FIFO.

(i) Linhas FIFO (First In – First Out): este é um conceito que estabelece que todas as tarefas devem ser processadas seguindo a ordem de entrada no fluxo; assim, a primeira unidade de trabalho que entra é a primeira que sai.

Uma Linha FIFO comporta certa quantidade de serviço entre dois processos diferentes, como um lote, mas com unidades de características variadas, ordenadas conforme a chegada dos pedidos. Quando a linha está completa, é sinalizado ao processo à montante que o carregamento deve cessar. São necessários procedimentos e regras nas atividades à montante e jusante, controlados através de comunicação visual.

As Linhas FIFO podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto com outras ferramentas, como células de trabalho e supermercados.

No ambiente administrativo cada atividade tem características diferenciadas, não são comuns unidades de trabalho idênticas; assim, cada serviço requerido tem necessidades diferentes e prazos diferentes, o que torna o sistema de Linhas FIFO uma ferramenta importante. (TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

(j) Heijunka (Caixa de Nivelamento): é um artifício físico utilizado para controlar o volume de serviço e sua variedade dentro de certo período.

Resumidamente, a Heijunka consiste em uma caixa com fendas, onde cada fenda representa um incremento Pitch em que a unidade de trabalho deve ser transferida para a atividade seguinte. O objetivo desta ferramenta é nivelar a carga de trabalho de forma que as pessoas e recursos sejam utilizados da melhor forma possível, servindo como centro de informações do que está ocorrendo no fluxo. (TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

(k) Runners: são pessoas cuja função é manter o ritmo do trabalho e o movimento das informações, garantindo o cumprimento do Pitch. Cada Runner é responsável por cobrir uma determinada rota durante um Pitch, carregando os Kanbans e unidades de trabalho, entregando-as em seus respectivos postos.

Quando a unidade de trabalho não é finalizada a tempo, por qualquer motivo, o problema é imediatamente identificado e comunicado ao supervisor, ou é diretamente providenciada sua solução.

Os Runners têm importante papel na resolução de problemas no fluxo e, portanto, precisam possuir algumas características especiais, como: entender os requisitos dos processos, ser comunicativo, conhecer bem os conceitos e ferramentas lean, compreender a importância do Tempo Takt e do Pitch, ser eficiente, trabalhar com precisão e ser engenhoso. (TAPPING; SHUKER, 2003).

(l) Balanceamento da Linha de Produção: consiste na determinação de uma distribuição nivelada de unidades de trabalho no fluxo de valor para atender ao Tempo Takt, otimizando a utilização do pessoal, e distribuindo a carga de serviço de forma que todos tenham cargas semelhantes e capacidade de atender ao Takt.

A melhor ferramenta para determinar esse balanceamento é o Painel de Balanceamento de Pessoal, uma ferramenta visual que ilustra os elementos de trabalho, o tempo disponível para sua execução e o pessoal empregado.

Ele é utilizado para mostrar oportunidades de melhoria, através da relação entre o tempo utilizado por cada tarefa, o tempo de ciclo total e o Tempo Takt.

Para calcular o número de pessoas necessárias para realizar um serviço, divide-se o tempo de ciclo do serviço pelo Tempo Takt do processo. Visualizando a distribuição deste serviço através do Painel de Balanceamento de Pessoal, fica claro se houver a necessidade de redistribuição de serviços e melhoria dos processos, através, por exemplo, da padronização dos serviços. (TAPPING; SHUKER, 2003).

(m) Fluxo Contínuo: é um conceito segundo o qual se permite que a unidade de trabalho flua entre as etapas do processo sem interrupção, portanto, sem a necessidade de transporte e estoques. O principal objetivo da combinação da aplicação de todas as ferramentas apresentadas anteriormente é criar um fluxo contínuo. Assim, para aplicar esta ferramenta deve-se questionar:

- Em quais etapas do processo o Fluxo Contínuo pode ser aplicado?
- O processo requer o Fluxo Contínuo de uma unidade, ou de pequenos lotes de trabalho fluindo em conjunto?
- Que tipo e formato de Célula de Trabalho podem ser utilizados?
- Que tipo de controle será feito à montante da produção?
- Será utilizado Kanban?
- Serão utilizados Supermercados?
- Serão utilizadas Linhas FIFO?
- Quais outras melhorias podem ser implementadas para ajudar a manter o Fluxo Contínuo?

O estado ideal do fluxo contínuo é caracterizado quando é possível reabastecer uma única unidade de trabalho assim que o cliente seguinte (interno ou externo) a puxa, ou seja, quando o sistema consegue fazer entregas à unidade just in time.

Como no ambiente administrativo não existe um cliente puxando uma peça, é necessário conhecer bem os processos seguintes, o que ocorre à jusante, de forma que o serviço seja executado e seu resultado esteja disponível no momento correto, nem antes, nem depois.

A mudança da produção tradicional para a produção puxada acarreta vantagens, como: diminuição do tempo de processamento, redução do trabalho em processo (pilhas de papel nas mesas), redução de estoques e filas, redução no transporte de unidades de trabalho, reorganização do ambiente de trabalho, com redução de etapas do processo e de pessoal envolvido, programação nivelada, maior controle da produção e da identificação de problemas, maior flexibilidade para responder às alterações na

demanda, etc. (PICCHI, 2002; TAPPING; SHUKER, 2003; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

(n) Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV): é um diagrama de todas as etapas envolvidas no processo produtivo, tanto no fluxo de material quanto no fluxo de informações, desde o pedido até a entrega (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003). Os MFV funcionam como uma fotografia da empresa, escritório ou fábrica, evidenciando como estão, naquele exato momento, os estoques, a demanda, os Tempos de Ciclo, Tempo Takt, etc. Assim, este diagrama deve ser redesenhado em diferentes momentos, a fim de revelar novas oportunidades de melhoria. A partir do MFV vigente é proposto um MFV para o futuro, que desdobra as oportunidades de melhoria identificadas.

2.5 Seis Sigma

Seis Sigma é uma inflexível e rigorosa busca da variação em todos os processos críticos para alcançar melhorias contínuas e quânticas que impactam os índices de uma organização e aumentam a satisfação e lealdade dos clientes. (Rasis, 2002).

Segundo o mesmo autor, *Seis Sigma* é uma iniciativa organizacional projetada para criar processos de manufatura, de serviço ou administrativo que gerem no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO).

A metodologia Seis Sigma tem a finalidade de melhorar os processos, reduzindo a variabilidade. A variabilidade é tratada com se fosse uma falha intrínseca ao processo e, dessa forma, através de projetos de melhoria contínua e sustentável se objetiva reduzi-la a níveis baixíssimos, visto que não existe processo sem variação. (Rath & Strong, 2001).

Seis Sigma é primariamente uma iniciativa de negócios, e não apenas um programa de qualidade. O maior propósito é a redução do risco do negócio, mais do que a simples idéia de redução de defeitos. Focando as fontes de risco comumente associadas com as operações ou processos internos, o risco de falhas a que os clientes estarão expostos, ao adquirir um produto ou serviço,

serão minimizados. Ao mesmo tempo, os fornecedores destes produtos ou serviços se beneficiam da redução dos riscos de falhas das suas operações e processos. (Harry, 2000).

A implementação do Seis Sigma pode ser feita por meio de diversas ferramentas que, de um modo geral, são aplicadas dentro de um mesmo modelo, conhecido como DMAIC (Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar), que significa, segundo Pyzdek (2000):

- **D** – *Define* – definição dos objetivos da atividade de melhoria; é a parte do projeto onde o grupo tem que definir o motivo pelo qual o projeto será levado adiante;
- **M** – *Measure* – medição do sistema existente; servirá para evidenciar a situação do processo e indicar pontos de oportunidade de melhoria;
- **A** – *Analyse* – análise do sistema medido; é a fase em que se analisa o processo vigente com base nas medições realizadas;
- **I** – *Improve* – melhoria do sistema; diversas ferramentas são utilizadas nesta fase com a finalidade de atacar os pontos de oportunidade de melhoria detectados, e assim tornar o processo mais eficiente;
- **C** – *Control* – controle do novo sistema; a fase de controle é muito importante para que o DMAIC seja visto como um ciclo, o que torna possível a sua continuidade, uma vez que ao alcançar esta fase a melhoria do processo já está instalada.

A ferramenta DMAIC, esta sim, é uma metodologia reconhecida em todo o mundo como o meio de estruturar os projetos de melhoria na busca do padrão Seis Sigma. As empresas têm utilizado esta ferramenta como a principal estrutura para que o CEP (Controle Estatístico do Processo) determine os pontos de oportunidade de melhoria nos processos estudados e propicie a aplicação da estratégia, com a finalidade de elevar o nível Sigma.

Segundo Pande (2002), o DMAIC se baseia no ciclo original PDCA (*Plan-Do-Check-Action*). Ele é amplamente aplicado, tanto aos esforços de melhoria de processo quanto aos de projeto de produtos ou processos, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Modelo DMAIC de Melhoria de Processo (PANDE, 2002)

Processos de Melhoria Seis Sigma		
Etapa	Melhoria de Processo	Projeto/Reprojeto de Processo
1.DEFINIR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identifique o problema ➤ Defina requisitos ➤ Estabeleça metas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identifique problemas específicos ou amplos ➤ Defina objetivo / Mude a visão ➤ Esclareça o escopo e as exigências do cliente
2.MEDIR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Valide problema / processo ➤ Redefina problema / Objetivo ➤ Meça passos chave / entradas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Meça desempenho em relação às exigências ➤ Colete dados sobre eficiência do processo
3.ANALISAR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desenvolva a hipóteses causais ➤ Identifique causas-raiz “poucas e vitais” ➤ Valide hipótese 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identifique “ melhores práticas” ➤ Avalie projeto do processo: – <ul style="list-style-type: none"> -Com / sem valor agregado -Gargalo de processo -Caminhos alternativos ➤ Redefina exigências
4.MELHORAR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desenvolva idéias para remover causas-raiz ➤ Teste soluções ➤ Padronize solução / meça resultados 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Projete novo processo <ul style="list-style-type: none"> -Desafie suposições -Aplique Criatividade -Prncipios de fluxo de trabalho ➤ Implemente novos processos
5.CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho ➤ Corrija problema quando necessário 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabeleça medidas e revisões para manter o desempenho ➤ Corrija problemas quando necessário

O modelo DMAIC concentra uma série de outras ferramentas para sistematizar a definição, medição, análise, identificação e implantação de melhorias nos processos onde a variabilidade esteja presente gerando a ocorrência de defeitos no produto ou serviço recebido pelo cliente, aqui se considerando tanto o cliente final como o cliente interno do processo.

A Tabela 6 apresenta as etapas do DMAIC, os objetivos de cada uma delas e algumas das ferramentas utilizadas.

Tabela 6: Etapas do DMAIC - Breyfogle, Cupello e Meadows (2001)

Etapa	Objetivo	Ferramentas
DEFINIR	Definir processo, identificar clientes e pontos chaves	QFD – Desdobramento da Função Qualidade (<i>Quality Function Deployment</i>)
MEDIR	Medir entradas e saídas de processo Coletar dados	Fluxograma de processo Cartas de Controle
ANALISAR	Transformar dados em informações como causas de falha e prioridades	Análise de regressão Análise de hipótese Estudos de corelação e regressão
MELHORAR	Implementar mudanças e medir resultados	DOE – Projeto de Experimento (<i>Design of Experiments</i>)
CONTROLAR	Manter as melhorias, prevenir ocorrências de surpresas inesperadas	Implementar planos de controle <i>Error proofing</i> Controle Estatístico de Processo

Na Tabela 7, os benefícios resultantes de se alcançar padrão Seis Sigma são traduzidos do nível da qualidade para a linguagem partes defeituosas por milhão (ppm).

Tabela 7: Tradução do nível da qualidade para partes defeituosas por milhão – WERKEMA(2002)

Nível da Qualidade	Defeitos por milhão
Dois Sigma	308.537
Três Sigma	66.807
Quatro Sigma	6.210
Cinco Sigma	233
Seis Sigma	3,4

2.5.1 Aplicação da Metodologia Seis Sigma em diferentes áreas

Atualmente é muito comum considerar a metodologia Seis Sigma mais uma ferramenta da Gestão da Qualidade. No entanto, devido à complexidade e abrangência dos problemas, a metodologia Seis Sigma é uma ferramenta gerencial, muito mais que uma ferramenta de qualidade. Seis Sigma é conduzido com uma sensata inter-relação de passos com adequadas ferramentas, com a finalidade de atacar e controlar fortemente a causa-raiz do problema, e conseqüentemente reduzir o número de defeitos, utilizando dados reais e análises estatísticas. Desta maneira, a metodologia Seis Sigma também é interpretada como uma filosofia que pode ser usada para gerenciar todas as áreas de uma organização, tanto na manufatura como em serviços.

A metodologia Seis Sigma, implantada como uma direção estratégica, exige comunicação e relacionamento entre todos os processos da empresa, desde a aquisição de insumos até o pós-venda, derrubando as barreiras entre a manufatura e o mercado.

Segundo Witt (2002), assim como na área de Manufatura, pode-se aplicar a Metodologia Seis Sigma na área de logística não apenas para obter sucesso, mas também mantê-lo. O objetivo é obter menos que 3.4 defeitos, ou praticamente ‘pedidos perfeitos’. Atendimento perfeito de pedidos significa um pedido entregue:

- na hora certa e sem material danificado;
- com a correta adição de valor previamente acordada;
- na quantidade correta e sem substituições não autorizadas;
- no local correto;
- e, tudo isso, a um custo justo e competitivo.

2.5.2 Comparando Seis Sigma e Pensamento Enxuto

Existe alguma semelhança entre Seis Sigma e Pensamento Enxuto; ambas as ferramentas partem do pressuposto de que o produto/serviço atende aos requisitos do cliente, o projeto do produto está adequado em termos de custo, e o *Staff* da empresa dá suporte ao processo de mudança. Para alguns autores, esses pressupostos não são verdade absoluta e precisam ser investigados.

A implementação do Seis Sigma implica o uso de técnicas estatísticas refinadas, tais como: Gráfico Seqüencial, Análise de Séries Temporais, Estratificação, etc., requerendo profissionais com um elevado conhecimento técnico e possuidores de habilidades de liderança necessárias à condução de equipes. Em geral, as pessoas na empresa envolvidas com o Seis Sigma se restringem aos participantes da equipe de projeto. As características necessárias aos profissionais que irão trabalhar com a técnica, o rigoroso processo de qualificação e o tempo, relativamente longo, para formação de *Black Belts* inibem a implementação e uso do Seis Sigma em pequenas e médias empresas.

Diferentemente do Seis Sigma, a implementação do Pensamento Enxuto requer a participação efetiva de todos os empregados, pois estes são um fator crítico para o sucesso.

No Pensamento Enxuto, o processo de capacitação e treinamento das pessoas ocorre de maneira simultânea à sua implementação. Em razão de ser baixo o grau de dificuldade de compreensão das técnicas empregadas: 5S, Definição da Cadeia de Valor, Aproximação das Etapas do Processo, Conceito Supermercado e Geladeira, etc., há uma exigência menor quanto à formação das pessoas.

Na implementação do Pensamento Enxuto, os resultados aparecem rapidamente e são visíveis para todos; então cria-se um clima dentro da empresa altamente positivo e favorável a essa implementação.

Segundo NAVE (2002), alguns aspectos técnicos e conceituais importantes para comparação dessas metodologias estão resumidos na Tabela 8.

Tabela 8: Comparação das metodologias Seis Sigma e Pensamento Enxuto – NAVE (2002)

Metodologia	Seis Sigma	Lean
Teoria	Reduzir variação	Eliminar desperdícios
Diretrizes de Aplicação	1. Definir 2. Medir 3. Analisar 4. Melhorar 5. Controlar	1. Identificar valor 2. Identificar cadeia de valor 3. Fluir 4. Puxar 5. Aperfeiçoar
Foco	Foco no problema.	Foco no fluxo.
Pressupostos	Há um problema Gráficos e números são valorizados. Os resultados do sistema são melhorados se a variação em todos os processos for reduzida.	A eliminação do desperdício aumentará o desempenho do negócio. Várias pequenas melhorias são melhores do que grandes rupturas.
Efeito principal	Resultado uniforme do processo.	Tempo de fluxo reduzido.
Efeitos secundários	Menos variações. Resultados uniformes. Menos estoques. Novo sistema de contabilidade. Avaliação de desempenho pelos gerentes. Qualidade melhorada	Menos desperdícios. Melhoria da saída do processo. Menos estoques. Avaliação de desempenho pelos gerentes., Qualidade melhorada
Críticas	A interação do sistema não é considerada. Os processos são aperfeiçoados independentemente.	A análise estatística ou de sistema não é valorizada.

2.6 Tempo de Ciclo de Pedido

O *lead-time* de pedido pode ser definido como o lapso de tempo entre o momento em que a requisição de um serviço, o pedido do cliente ou o pedido de compra é colocado, e o momento em que o produto é recebido pelo cliente. Os elementos de um ciclo de pedido individual são o tempo de transmissão e de processamento do pedido, o tempo de montagem do pedido, a disponibilidade de estoque, o tempo de produção e o tempo de entrega (BALLOU, 2001).

Em relação ao processamento do pedido, podem ser identificadas atividades como a preparação de documentação de embarque, atualização de registros de estoque, coordenação de liberação de crédito, checagem de erros nos pedidos, comunicação com os clientes e com as partes interessadas dentro da empresa, situação dos pedidos e divulgação da informação do pedido para vendas, produção e contabilidade.

A montagem do pedido se refere ao tempo para liberar o embarque para entrega após o recebimento do pedido, e à disponibilidade da informação para a área responsável pelo embarque ou armazenamento, envolvendo a retirada do produto do estoque, a sua movimentação até a expedição, qualquer empacotamento necessário (embalagem) ou ajustes de manufatura, e a consolidação com outros pedidos que sigam na mesma direção. O processamento e a montagem do pedido são concorrentes, sendo o tempo total diferente da soma dos tempos exigidos por cada uma dessas atividades, devido à sobreposição de algumas tarefas.

A disponibilidade de estoque também interfere consideravelmente no tempo total do ciclo de pedido, já que quando os estoques não estão disponíveis, um segundo canal de distribuição (de reserva) pode ser usado ou, simplesmente, o pedido é mantido em aberto em um ponto de estocagem primário.

O tempo de entrega reflete o tempo exigido para movimentar o pedido do ponto de estocagem até a localização do cliente, incluindo, também, se for o caso, o tempo para carregamento na origem e descarregamento no destino (transporte).

Algumas vezes, as políticas de serviço ao cliente distorcem os padrões normais de tempo do ciclo de pedido, como no caso de prioridades no processamento e condições do pedido, e restrições ao seu tamanho.

No que diz respeito às prioridades no processamento de entrada, distinguir um cliente dos demais pode ser fundamental quando ocorrem pedidos em aberto. Menos arbitrariedade nas regras de prioridade pode auxiliar a empresa a controlar quais devem ser processados primeiro, em detrimento de clientes menores ou não tão valiosos.

Quanto aos padrões de condições de pedido, a maioria das empresas não deseja absorver o alto custo, tampouco o cliente o alto preço, para eliminar a chance de ocorrência de um pedido incorreto ou a entrega de produtos danificados. Assim, há um acréscimo no tempo do ciclo, referente ao conjunto de padrões para projeto de embalagem, procedimentos para retorno e reposição de mercadorias e, ainda, padrões de monitoramento da qualidade do pedido.

De acordo com o posicionamento estratégico da empresa, o gestor de Logística pode desejar estabelecer um tamanho de pedido mínimo ou até máximo. Tais restrições podem representar redução de custos na distribuição dos produtos, muito embora alguns clientes sejam perdidos ou atendidos com menor frequência ou confiança. Com a formação de lotes, vários pedidos pequenos poderão ser consolidados para construir um grande volume de embarque e reduzir os custos de transporte; o tempo de processamento poderá aumentar enquanto o custo de transporte diminui.

Ainda em relação aos procedimentos de cada empresa, o processamento pode ser paralelo ou seqüencial. Quando todas as tarefas são realizadas em seqüência, o tempo de processamento de pedido fica mais longo, mas em casos de algumas tarefas serem executadas simultaneamente, o tempo total de processamento poderá ser reduzido. Por exemplo, cópias de um pedido podem ser geradas para que o gerente de vendas reveja cada uma delas, enquanto as atividades de transcrição e verificação do crédito são realizadas, comprimindo o tempo de processamento do pedido.

Mais um fator essencial deve ser levado em conta, a acurácia no atendimento do pedido. A capacidade de completar o ciclo de processamento sem cometer erros na requisição de pedido do cliente pode minimizar o tempo de processamento. É provável que alguns erros ocorram, mas a sua ocorrência deve ser cuidadosamente controlada, caso o tempo de processamento de pedido seja uma consideração relevante na operação da empresa.

2.6.1 *Lead Time* e Velocidade do Processo Logístico

A compreensão dos direcionamentos do *lead time* é facilitada por uma equação simples, conhecida como Lei de Little, assim chamada devido ao matemático que a comprovou no início dos anos 60, A Lei de Little relaciona o número de clientes no sistema com o tempo médio despendido no sistema: $Q_i = \lambda_i R_i$

- Número médio de clientes = Taxa de chegada \times Tempo médio de resposta
- $R_i = S_i + W_i$
- Tempo médio de resposta = Tempo médio de serviço + Tempo médio de espera

A Lei de Little se aplica sempre que o número de chegadas é igual ao número de saídas (denominado sistema em equilíbrio). Pode ser aplicada também em subsistemas (caixa preta). Se o sistema está em equilíbrio, a taxa de chegada é igual ao throughput, portanto: $Q_i = X_i R_i$

Portanto, utilizando-se a Lei de Little para o lead time pode-se afirmar que:

$$\text{Lead Time} = \frac{\text{Quantidade de Trabalho em Processo}}{\text{Índice Médio de Conclusão}}$$

Essa equação determina qual tempo necessário para que qualquer item de trabalho possa ser concluído (lead time) através da simples contagem de quanto trabalho está parado esperando ser concluído (trabalho em processo) e de quantas tarefas/atividades podemos concluir a cada dia, semana, etc. (índice médio de conclusão).

A Lei de Little é muito mais importante para a Logística do que parece. A maioria das empresas não tem qualquer idéia do que sejam os tempos médios de conclusão e de *lead time*, quanto mais da variação. Rastrear um pedido através de cada passo do processo é desafiador, especialmente se há um processo que leva dias ou semanas para ser concluído.

2.6.2 *Just in Time*

O Sistema *Just in Time* (JIT) é uma filosofia de administração da manufatura, surgida no Japão nos meados da década de 60, sendo a sua criação e seu desenvolvimento creditados à Toyota

Motor Company, por isso sendo também conhecido como o “Sistema Toyota de Produção”. Seu idealista foi o vice-presidente da empresa, Taiichi Ohno.

Visa a administrar a manufatura de forma simples e eficiente, otimizando o uso dos recursos de capital, equipamento e mão-de-obra. O resultado é um sistema de manufatura e distribuição capaz de atender às exigências de qualidade e entrega de um cliente, ao menor custo.

Segundo CORRÊA e GIANESI (1993), existem três estratégias básicas sobre as quais se desenvolve o sistema Just in Time:

A primeira é a integração e otimização de todo o processo de manufatura. Aqui entra o conceito amplo, total, conferido ao valor do produto, ou seja, tudo o que não agrega valor ao produto é desnecessário e precisa ser eliminado. Como se sabe, muitas das funções improdutivas que existem em uma empresa foram criadas devido à ineficácia das funções iniciais. Assim, o conceito de integração e otimização começa na concepção e projeto de um novo produto.

A segunda idéia é a melhoria contínua (Kaizen). O *Just in Time* fomenta o desenvolvimento de sistemas internos que encorajam a melhoria constante, não apenas dos processos e procedimentos, mas também do homem dentro da empresa.

A terceira estratégia básica é entender e responder às necessidades dos clientes. Isto significa a responsabilidade de atender o cliente nos requisitos de qualidade do produto, prazo de entrega e custo. O Just in Time enxerga o custo do cliente sob visão maior, isto é, a empresa Just in Time deve assumir a responsabilidade de reduzir o custo total do cliente na aquisição e uso do produto. Desta forma, os fornecedores devem também estar comprometidos com os mesmos requisitos, já que a empresa fabricante é cliente dos seus fornecedores. Cliente e fornecedores formam, então, uma extensão do processo de manufatura da empresa.

A meta do Just in Time é desenvolver um sistema que permita a organização ter somente os materiais, equipamentos e pessoas necessários a cada tarefa. Para se conseguir esta meta, é preciso, na maioria dos casos, trabalhar sobre seis objetivos básicos (LUBBEN, 1989):

1. Integrar e otimizar cada etapa do processo;
2. Produzir produtos e fornecer serviços com qualidade;
3. Reduzir os custos de produção e distribuição;
4. Produzir e entregar somente em função da demanda;
5. Desenvolver flexibilidade de produção e distribuição;
6. Manter os compromissos assumidos com clientes e fornecedores;

Esses objetivos são aspirações normais para qualquer organização, porém nem sempre exequíveis, devido ao desconhecimento dos meios para alcançá-los.

Segundo MACEDO NETO (1989), é necessário considerar dois conceitos para se compor o custo total (CT): custo financeiro e o custo pela má qualidade.

Custo financeiro é função do tempo total de permanência do produto na empresa, desde sua entrada.

2.6.3 Kaizen

A cultura japonesa do Kaizen foi traduzida no ocidente pelos movimentos TQC - *Total Quality Control* e ISO 9000 (*International Standard Organization*), embora *Kaizen* tenha implicações diferentes. A expressão melhoria contínua de processos (CPI - *Continuos Process Improvement*) é a que mais se aproxima de seu significado, embora o Kaizen não se refira exclusivamente a melhorias em produtos, serviços, atendimento ao cliente, relacionamentos com fornecedores. Kaizen significa melhoria contínua com a participação de todos, (compartilhar e construir juntos o conhecimento). (Imai:1986). O Kaizen é uma meta vital do fluxo de valor, e parte desse valor é inerente à busca de aperfeiçoamento pessoal que se manifesta no exercício de aperfeiçoamento de coisas externas à pessoa: produtos, processos, tarefas, relacionamentos, e assim por diante. Os artigos sobre gerência japonesa “acabam por gerar confusão, pois cada autor tem seu modo próprio de explicar o segredo do sucesso japonês - sugerindo muitas vezes que esse sucesso é impossível de acontecer no Ocidente.” (Imai: 1986).

O que dificulta o entendimento da palavra kaizen é que não existe na língua portuguesa um vocábulo equivalente; Kaizen transmite a idéia de todas as pessoas melhorando todas as coisas o tempo todo.

2.6.4 Kanban

O modelo tradicional de produção fundamentado apenas em economia de escala foi eficiente para épocas de crescimento e vendas em massa, quando o que fosse produzido poderia ser vendido. Em épocas de crescimento lento, cuja demanda exige lotes menores de produção com maior variedade, o sistema tradicional de produção deixa de ser prático. Como visto anteriormente, o sistema Enxuto surgiu e evoluiu da necessidade imposta pela exigência do mercado pós-guerra de baixa demanda e muita variedade. Ohno comenta em seu livro o sistema Toyota de produção, um aspecto importante sobre este novo contexto mundial:

“A crise do petróleo no outono de 1973, seguida de recessão, afetou governos, empresas e sociedades no mundo inteiro. Em 1974, a economia japonesa havia caído para um nível de crescimento zero e muitas empresas estavam com problemas. Mas na Toyota Motor Company, embora os lucros tenham diminuído ganhos maiores do que os de outras empresas foram mantidos em 1975, 1976 e 1977. A diferença cada vez maior entre ela e as outras companhias fez com que as pessoas perguntassem sobre o que estaria acontecendo na Toyota. Depois da segunda guerra mundial o Japão iniciou sua entrada no mercado mundial. Impulsionadas pela concorrência natural deste mercado, as empresas japonesas tinham necessidade de melhorar sua produtividade baixando seus custos. Além disto, a economia do Japão necessitava ser re-equilibrada, era séria a recessão da época naquele país.” (OHNO, 1996).

As características desvantajosas do método tradicional de abastecimento eram conhecidas e tratadas por Ohno (1996) como possibilidades de uma falha na previsão, de um erro no preenchimento de formulários, de problemas com o equipamento, com a qualidade e outras variáveis bastantes para que problemas de abastecimento ocorram. Como fazer para que exista um perfeito ajuste entre estoque e produção? Como será possível aproveitar a experiência e

conhecimento do pessoal que trabalha diretamente nas linhas de produção? Como dividir a responsabilidade centrada apenas nos programadores e programas, notadamente o já largamente utilizado sistema MRP? (Materials Requirement Planning - planejamento das necessidades de materiais).

Foi então que surgiu a idéia do kanban, inspirada nos supermercados americanos. O primeiro supermercado de estilo americano surgiu no Japão em meados dos anos 50. Taiichi Ohno analisou várias partes da metodologia utilizada no supermercado e, observando o sistema de troca de mercadorias, estabeleceu a relação entre estes supermercados e o sistema Just-in-time. Dentre estas, ressaltam-se quatro características principais:

a) Mercadoria retirada pelo próprio consumidor: O supermercado funciona com auto-atendimento, do tipo self service. Em um supermercado, o consumidor pode apanhar as mercadorias que bem entender, mas todos compram apenas o que interessa, sem necessidade de um controle maior. É quase certo imaginar que este controle é realizado pelo valor em dinheiro que o consumidor tem para gastar, e que se não fosse isto todos comprariam indefinidamente, o que não é verdade, pois um artigo como o sal, por exemplo, apesar de ser de baixo custo, não tem explosão de consumo.

A dona de casa sabe, intuitivamente, que estoque demasiado não é bom negócio, pode-se aproveitar muito melhor o espaço na cozinha que seria ocupado pelo sal em excesso. A lição observada nesse caso foi que o controle de estoque podia ser realizado diretamente pela pessoa que utiliza o material, o próprio consumidor.

b) Mercadorias distribuídas em prateleiras: No supermercado, os artigos com maior consumo têm mais espaço e são colocados em maior quantidade nas prateleiras. Já os artigos com menor consumo, ocupam espaços menores e são colocados em menor quantidade.

Como exemplo, pode-se citar a situação da margarina e da manteiga nas prateleiras refrigeradas; enquanto os potes de margarina ocupam grandes áreas, os tabletes de manteiga são colocados em um pequeno espaço se comparado ao da margarina; o mesmo acontece com o azeite de oliva em relação ao óleo de soja.

c) A reposição feita de acordo com a demanda: À medida que os produtos são consumidos, eles são repostos sem que exista um momento certo e fixo para tal. Um outro aspecto observado por Taiichi Ohno foi que a necessidade de reposição era determinada de maneira visual, e que qualquer pessoa teria condições de abastecer o estoque; assim, isto deixava de ser tarefa destinada a especialistas.

d) Informações necessárias em um cartão: Mesmo nos dias atuais, com o advento do código de barras, cada lugar nas prateleiras do supermercado é identificado com um cartão contendo apenas as informações que interessam ao consumidor, praticamente constituída pela identificação do produto e seu preço. Este cartão identifica que aquele local é destinado a um determinado artigo, mesmo que se encontre vazio. Em suma, cada lugar na prateleira tem seu local e espaço definidos de forma visual.

Com esta visão, Taiichi Ohno imaginou uma forma de adaptar o sistema de abastecimento utilizado no supermercado às linhas de produção da Toyota. Como ele próprio relata em seu livro:

“Um supermercado é onde um cliente pode obter (1º) o que é necessário, (2º) no momento necessário, (3º) na quantidade necessária. Às vezes, é claro, o cliente pode comprar mais do que ele ou ela precisa. Em princípio, entretanto, o supermercado é um lugar onde compramos conforme a necessidade. Os operadores dos supermercados, portanto, devem garantir que os clientes possam comprar o que precisam em qualquer momento.” (OHNO, 1996).

2.7 Logística Enxuta

A mentalidade enxuta parte do princípio de que existem sete tipos de desperdícios dentro da empresa, os quais devem ser atacados e eliminados. Esses desperdícios, segundo Giansi & Corrêa (1993), são:

Desperdício de superprodução: provém, em geral, de problemas e restrições do processo produtivo, tais como altos tempos de preparação de equipamentos, induzindo à produção de grandes lotes; incerteza da ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade de equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de coordenação entre a demanda e a produção, em termos de quantidades e momentos; grandes distâncias a percorrer com o material, em função de um arranjo físico inadequado, levando à formação de lotes para movimentação, entre outros.

A filosofia Enxuta sugere que se produza somente o que é necessário no momento e, para isso, que se reduzam os tempos de set up, que se sincronize a produção com a demanda, que se compacte o layout da fábrica, e assim por diante.

Desperdício de material esperando no processo: resulta na formação de filas que visam a garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. A sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção contribuem para a eliminação deste tipo de desperdício.

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

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

Desperdício de movimentação nas operações: aqui, justifica-se a importância das técnicas de estudo de tempos e métodos, pois a Produção Enxuta é um enfoque essencialmente de “baixa tecnologia”, apoiando-se em soluções simples e de baixo custo, em vez de grandes investimentos em automação. Ainda que se decida pela automação, devem-se aprimorar os movimentos para,

somente então, mecanizar e automatizar. Caso contrário corre-se o risco de automatizar o desperdício.

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

Desperdícios de estoque: significam desperdícios de investimento e espaço. A redução dos desperdícios de estoque deve ser feita através da eliminação das causas geradoras da necessidade de manter estoques. Eliminando-se todos os outros desperdícios, reduz-se, por conseqüência, os desperdícios de estoque. Isto pode ser feito reduzindo-se os tempos de preparação de máquinas e os *lead times* de produção, sincronizando-se os fluxos de trabalho, reduzindo-se as flutuações de demanda, tornando as máquinas confiáveis e garantindo a qualidade dos processos.

As metas colocadas pela produção Enxuta em relação aos vários problemas de produção são:

- zero defeitos;
- tempo zero de preparação (setup);
- estoque zero;
- movimentação zero;
- quebra zero;
- lead time zero;
- lote unitário (uma peça).

Dos sete desperdícios clássicos definidos originariamente por Taiichi Ohno (1996), quatro deles (movimentação, espera, estoque e transporte) estão associados à Logística (administração dos estoques, movimentação de materiais e processamento das informações).

Esses tipos de desperdícios podem ser eliminados ou minimizados se os conceitos da Mentalidade Enxuta forem adequadamente implementados dentro dos fluxos de valor porta-a-porta. Dentro da fábrica, isso ocorre como conseqüência natural do esforço de criação de fluxo

contínuo, da introdução de sistemas puxados e do nivelamento da produção (WOMACK, JONES e ROOS, 1992). A conquista da estabilidade e o trabalho padronizado de acordo com o tempo takt consolidam estes esforços, focalizados nas atividades e ações que agregam valor ao cliente final.

Assim como é possível a introdução da mentalidade enxuta de movimentação de materiais dentro da fábrica, os almoxarifados podem ser gerenciados com base nos mesmos conceitos de fluxo, puxar, trabalho padronizado, gestão visual enfatizando mais as pessoas do que os equipamentos automatizados ou tecnologias de informação. Isto permite melhor atendimento aos clientes, a redução dos *lead times* e dos estoques, e o aumento da produtividade e qualidade.

Existem oportunidades de se trabalhar a **Logística** *inbound* e *outbound*, procurando eliminar não só os desperdícios (*muda*) como também *mura* (inconsistência ou variação) e *muri* (sobrecarga).

A **Logística** *outbound* preocupa-se em atender os clientes com presteza, utilizando o menor nível possível de estoques. Para o seu sucesso, é necessário um planejamento cuidadoso e consenso por parte de toda a empresa (vendas-produção-compras), trabalhando próximo dos clientes a fim de criar previsões precisas e corretas e demandas menos erráticas e instáveis, reconhecendo que as condições mudam e a demanda raramente se comporta de acordo com o previsto. E a implementação de sistemas puxados, que programarão a produção a partir do consumo real, permitindo suavizar os impactos da variação da demanda fluxo acima, ao mesmo tempo que garantirão o atendimento aos clientes.

A **Logística** *inbound* trata de garantir que os materiais cheguem dos fornecedores da forma mais suave, estável e nivelada possível, puxados de forma ritmada pelo consumo real dos processos de produção, com qualidade garantida, para não interromper os fluxos produtivos. A implementação de sistemas puxados com fornecedores e os sistemas de coleta programada (*milk run*), com recolhimentos frequentes e pequenos lotes, ao mesmo tempo que se racionalizam os fretes, é um exemplo disso.

Ao implementar a Logística lean, uma premissa fundamental precisa ser destacada, ou seja, a necessidade de considerar os custos totais, envolvendo transporte e movimentação além da

estocagem, perdas de vendas ou penalidades pelo não cumprimento de prazos de entrega e outros custos "invisíveis".

A implementação da **Logística Lean (movimentação interna, almoxarifados, inbound e outbound)** segue os mesmos princípios lean e surge como o próximo passo após a empresa ter conseguido criar fluxo e puxar de forma suave e compassada, de acordo com o tempo takt. Mas não se deve pular diretamente para a implementação da Logística lean sem antes ter certeza de que as suas operações internas, inclusive a movimentação de materiais, estejam estáveis, trabalhando de acordo com o takt, e que você possua métodos para soluções de problemas que consigam colocar a operação sob controle quando estes surgirem. A **Logística Lean** desponta como um elemento fundamental na jornada lean após a empresa expandir a implementação, além de ser um projeto piloto na transformação da fábrica.

2.7.1 Características Importantes para os Clientes

Apesar de as expectativas dos clientes variarem conforme o tipo de produto ou serviço desejado, algumas características permanecem importantes, na visão do consumidor, e regularão sua disposição para a aquisição. Como o nível de exigência dos consumidores tem aumentado gradativamente, é de esperar que haja alguma variação nas expectativas, assim como diferenças devido a necessidades específicas dos vários segmentos de mercado.

Apresentamos, a seguir, algumas características importantes definidas pelos consumidores, levantadas através de pesquisas sobre o Nível de Serviço ao Cliente (Dooley, 2000):

➤ **Conforme Lalonde e Zinszer:**

- 1) disponibilidade do produto;
- 2) tempo do Ciclo do Pedido;
- 3) flexibilidade;
- 4) informação;

- 5) serviço de atendimento ao consumidor;
- 6) assistência técnica pós-vendas.

➤ ***Conforme Shycon:***

- 1) disponibilidade do produto;
- 2) qualidade do produto;

➤ ***Conforme Jackson & Keith:***

- 1) confiabilidade da entrega;
- 2) disponibilidade do produto;
- 3) tempo do Ciclo do Pedido;
- 4) cooperação;
- 5) informação sobre a entrega;
- 6) embalagem.

➤ ***Conforme Dooley & Rodriguez***

- 1) taxaço sobre o produto;
- 2) confiabilidade da entrega;
- 3) nível de Serviço ao Cliente;
- 4) tempo de transporte;
- 5) perdas e danos ao produto.

Em todas as pesquisas, o tempo é apresentado como uma das características mais importantes na visão do consumidor, vindo ao encontro das expectativas das empresas que, ao reduzir o tempo da cadeia de suprimentos, otimizam seus processos produtivos.

2.7.2 Competitividade baseada no tempo (Time-based Competition)

Algumas organizações, principalmente no Japão, começaram a notar que os conceitos da GQT não eram suficientes para diferenciar a empresa perante seus concorrentes, apesar de serem extremamente importantes para seu sucesso. (Carter, Melnyk, Handfield, 1995).

Tendo em vista que os produtos ou serviços oferecidos aos consumidores estão-se tornando cada vez mais semelhantes, com características e dimensões muito próximas, as implementações que algumas empresas realizam para melhoria de seus processos produtivos rapidamente são copiadas pelos concorrentes, na busca incessante de se manter o mercado consumidor cativo. Há uma grande paridade entre marcas, preços e promoções, fazendo que o consumidor compre o produto ou serviço disponível na ocasião.

A chave da efetiva diferenciação já não reside exclusivamente nas práticas da GQT, que impulsionaram muitas empresas em suas ações gerenciais.

Atualmente, o grande diferenciador, aquele que os concorrentes têm dificuldade em acompanhar, se baseia na variável temporal. (Tersine, Hummingbird, 1995).

A otimização dos processos se dá através da exclusão ou minoração de atividades que não agregam valor, sob a ótica do consumidor, dos produtos oferecidos. Os processos e atividades produtivas da empresa são analisados criteriosamente, verificando-se dentre eles quais representam ganhos efetivos para o consumidor e quais podem ser excluídos sem perda para o processo produtivo. As tarefas consideradas ineficientes para o processo representam perdas de recursos e de tempo, que devem ser combatidas no intuito de avivar a competitividade do produto ou serviço no mercado.

Após análise dos fluxos da organização, é possível discernir as atividades realmente importantes para a competitividade dos produtos, que devem ser otimizadas, visando a melhorar os resultados.

A estratégia da competitividade baseada no tempo se caracteriza pelo atendimento a três princípios básicos (Carter, Melnyk, Handfield, 1995):

- A redução do tempo do Ciclo do Pedido deve ser implementada nas atividades do processo produtivo importantes para o consumidor, após criteriosa análise dos fluxos da empresa.
- A redução do tempo do Ciclo do Pedido deve ser alcançada diminuindo o tempo médio de entrega do produto ou serviço ao consumidor, tanto quanto aumentando a confiabilidade dos prazos negociados.
- A variação dos prazos deve ser limitada a valores mínimos e máximos que permitam ao consumidor planejar o uso do produto ou serviço necessitado.

Conforme citado anteriormente, a estratégia da competitividade baseada no tempo gera melhorias para o processo da empresa, as quais se refletem na satisfação dos consumidores, principalmente porque tal estratégia é baseada na premissa do atendimento das necessidades mais importantes para eles. Em vez de procurar melhorias no processo, internas à empresa e que podem ou não se refletir em ganhos para o consumidor, a estratégia visualiza quais atividades são cruciais para a melhoria do desempenho e que adicionem valor sob a ótica do cliente. Essa tendência de mercado de satisfazer às exigências dos clientes requer grandes esforços da empresa na sua consecução, mas o propósito, ao ser atingido, é de difícil acompanhamento pela concorrência, transformando-se em diferencial positivo para a imagem do produto ou serviço oferecido.

2.7.3 Organização do Sistema de Movimentação Interna de Materiais

A movimentação interna de materiais é responsável pela administração do fluxo de materiais, a partir do fluxo de informações recebido principalmente das áreas de produção, planejamento e controle da produção, assim como muitas vezes das áreas de Compras e Engenharia. Moura (1997), ao propor a equação de movimentação de materiais [material (o que?) + movimento (onde e quando?)], resulta no método (como? quem?) para solucionar a questão, por que movimentar? (figura 4), mostra que movimentar materiais, estejam eles em estado sólido, líquido ou gasoso, requer um ciclo completo de operações que necessariamente passam pela fonte de matérias-primas, pelo seu recebimento e estocagem, e pela sua movimentação entre as diversas

fases de processamento até o produto acabado, administrando ainda a embalagem, armazenagem e distribuição.

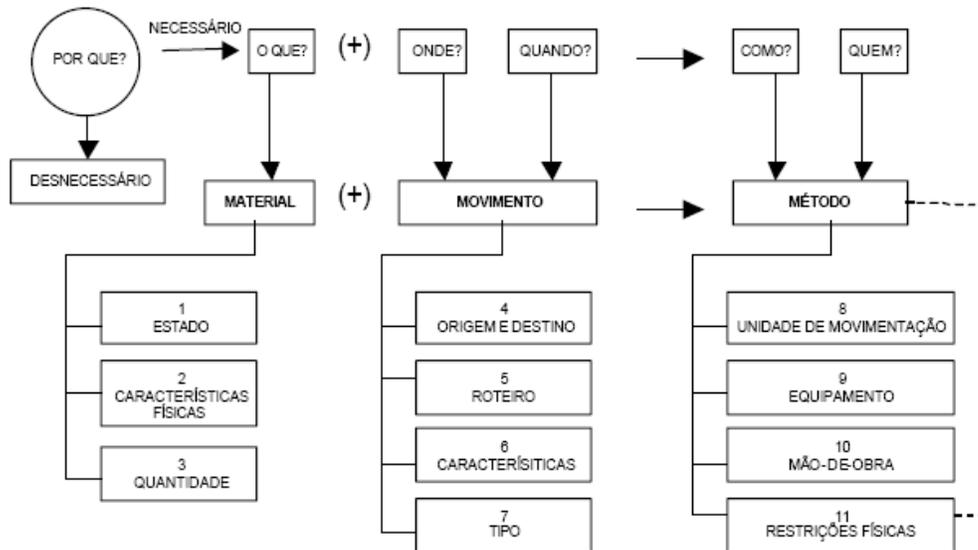


Figura 4: A equação da movimentação de materiais – Moura, (1997)

Segundo Dias (1993), na movimentação interna de materiais, destacam-se:

- recebimento;
- estocagem;
- distribuição interna dos materiais;
- movimentação durante o processo;
- estocagem durante o processo;
- movimentação ao local de trabalho;
- movimentação inter-departamental;
- movimentação intra-departamental;
- movimentação interna da fábrica;
- movimentação relacionada com funções auxiliares;
- embalagem (para consumo);
- armazenagem de produtos acabados;
- embalagem (para transporte);

- carregamento e expedição;
- movimentação entre plantas de um mesmo complexo industrial.

Classifica ainda a movimentação e o transporte de material de acordo com a atividade funcional a que se destina:

- Granel – Abrange os métodos e equipamentos de transportes usados desde o recebimento, estocagem e transporte interno de toda a espécie de materiais a granel, incluindo gases, líquidos e sólidos.
- Cargas Unitárias - Cargas acondicionadas em um recipiente de paredes rígidas ou individuais ligadas entre si, formando uma única unidade para manipulação.
- Embalagem – Recipientes usados para o transporte de produtos no processo de produção ou de produtos acabados.
- Acondicionamento ou Armazenamento – Corresponde ao empilhamento ou colocação em prateleiras ou em suportes especiais, assim como a expedição de cargas de qualquer forma, em qualquer fase do processo de manufatura, desde o recebimento da matéria prima até a expedição do produto.
- Vias de Transporte – Abrange o estudo do carregamento, desembarque e transferência interna de qualquer tipo de material por qualquer modal de transporte.
- Análise de Dados – Nessa área estão contidos todos os aspectos analíticos da movimentação interna de materiais, tais como: levantamento de mapas de movimentação e manuseio, disposição física de equipamentos, organização, segurança, treinamento, manutenção, análise de custos e outras técnicas para o desenvolvimento de um sistema eficiente de movimentação de materiais.

Mostra que um sistema de movimentação de materiais em uma indústria tem que cumprir as seguintes finalidades básicas:

- Redução de custos. Melhor utilização de equipamentos, acondicionamento, racionalização de movimentação interna e armazenagem permitem obter redução de custos de mão-de-obra, materiais e despesas gerais.

- Capacidade Produtiva. Sistema de movimentação eficiente que permite aumento de produção, capacidade de armazenagem e melhor distribuição de armazenagem.
- Condições de Trabalho. Maior segurança, redução da fadiga e maior conforto pessoal são melhorias possíveis de ser acrescentadas ao processo de produção pelos sistemas de movimentação de material.
- Distribuição. Atividade que se inicia na recepção dos materiais e se estende até a expedição do produto, permitindo melhoria na circulação, localização estratégica de almoxarifados e melhoria nos serviços ao usuário.

2.7.4 Recebimento de Materiais

Qualquer que seja o tipo de produto gerado pelo processo industrial, o recebimento constitui o início da movimentação de materiais.

Moura (1998) considera que na maioria das organizações o recebimento é uma atividade não valorizada, sendo, portanto, o portão de entrada da ineficiência ou baixa produtividade. Mesmo em modernas instalações, o trabalho ainda é realizado no recebimento lembrando os tempos medievais. A descarga manual, falta de planejamento do fluxo e lentidão no processamento atrasam os passos seguintes do processo.

No recebimento inicia-se também o processamento das informações. A ação física inicia-se com a recepção do veículo, conforme mostra o diagrama de fluxo de informações no recebimento (figura 5).

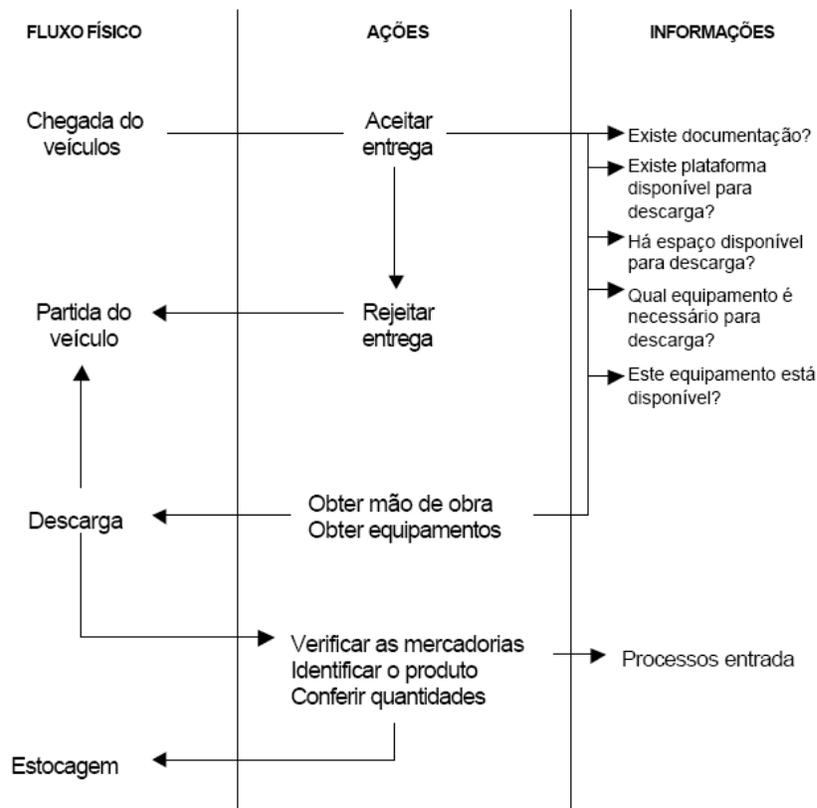


Figura 5: Recebimento de mercadorias: diagrama de fluxo de informações - Moura (1997)

Moura (1998), ao propor uma análise do fluxo de materiais no recebimento, sugere que sejam levados em consideração:

- ▶ Métodos de descarga devem ser padronizados para cada tipo de carga.
- ▶ Avaliação das cargas deve ser feita de acordo com suas características, tais como:
 - Tipo de embalagem das cargas (caixas de madeira, papelão, tambores, paletes);
 - Quantidades de cada tipo de carga recebida;
 - Tamanho das embalagens;
 - Peso das cargas/movimento;
 - Peculiaridades de cada tipo de carga;
 - Número de recebimento por período;
 - Número de recebimento por tipo de veículo;

- Métodos de descarga;
- Tempo necessário para descarga.

▶ Avaliação das atividades de abertura das caixas ou volumes para conferência qualitativa e quantitativa, permitindo o desenvolvimento de planos para reduzir essas atividades.

▶ Avaliação da documentação (recebida e emitida) durante o recebimento, e o desenvolvimento de planos para reduzi-la.

▶ Mecanização das operações de descarga.

▶ Horários programados para recebimento de cargas.

▶ Planejamento para movimentação de cargas diretamente do ponto de recebimento para o ponto de estocagem. O recebimento inclui, portanto, todas as atividades envolvidas na recepção dos materiais, cujo objetivo principal, para Moura (1997), geralmente envolve:

2.7.4.1 Controle e programação das entregas

Obtenção e processamento de todas as informações para que a armazenagem possa identificar:

- ▶ Necessidade de estocagem especial;
- ▶ Localização do estoque existente;
- ▶ Considerações de estocagem FIFO (First In - First Out), primeiro a entrar, primeiro a sair;
- ▶ Análise de documentos para subsidiar planejamento;
- ▶ Programação e controle para manter a operação balanceada;
- ▶ Sinalização que permita facilitar a descarga e evitar demora;
- ▶ Coordenação do processo burocrático envolvido na inspeção de materiais com o trabalho físico de descarga.

2.7.4.2 Estocagem

Na seqüência do fluxo de materiais, a estocagem é a etapa seguinte ao recebimento, seja de matérias-primas, materiais em processo, componentes adquiridos de terceiros, seja de todos os insumos necessários à manufatura.

Mas, de acordo com Gasnier & Banzato (2001), a armazenagem é considerada uma importante função para atender com efetividade à Gestão da Cadeia de Suprimento. Sua importância reside em ser ela um sistema de abastecimento em relação ao fluxo logístico, que serve de base para a uniformidade e a continuidade deste, assegurando um adequado nível de serviço e agregando valor ao produto.

Lacerda (2001) adverte que, por estarem trabalhando com níveis de estoque mais baixos, os clientes demandam menor tempo de resposta dos seus fornecedores, aumentando a pressão por agilidade nos armazéns, que passam a ter menor tempo entre o recebimento do pedido e sua expedição nas docas.

A figura 6 mostra as exigências a que as operações são submetidas, bem como os impactos operacionais que estas exigências ocasionam:

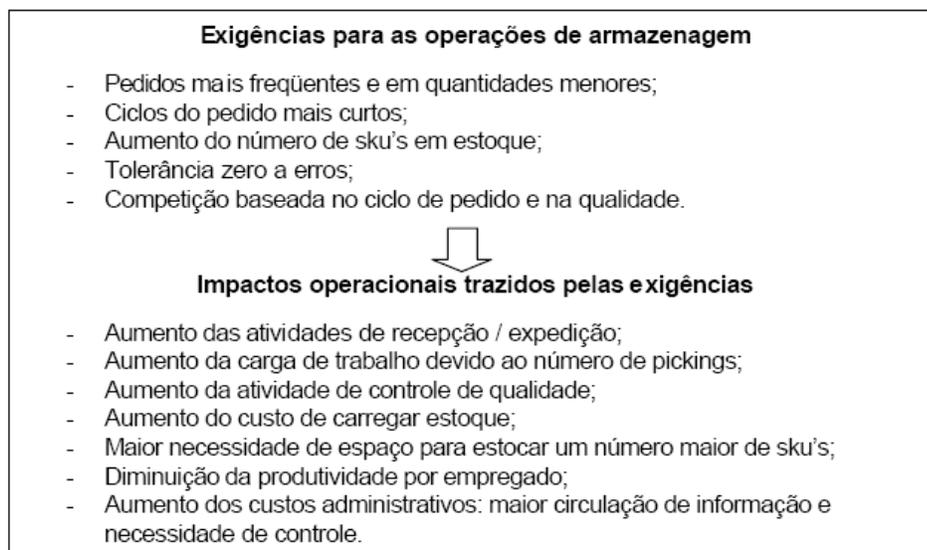


Figura 6: Exigências sobre as operações de armazenagem e seus impactos operacionais – Lacerda, (2001)

Ballou (1995) afirma que a armazenagem e estocagem de mercadorias constituem funções essenciais do sistema logístico, e que seus custos podem absorver de 12 a 40% das despesas Logísticas de uma empresa.

Para Ballou (1995), entretanto, os custos de armazenagem e do manuseio dos materiais são justificáveis, quando compensados pelos custos de transporte e produção, conforme mostrado na figura 7.



Figura 7: Efeito no custo logístico total do maior uso de estoques, armazenagens e manuseio de materiais - Ballou (1995)

Dias (1993) considera que a eficiência de um sistema de estocagem depende da escolha do almoxarifado, que deve estar relacionado com a natureza do material movimentado e armazenado. Uma correta administração do almoxarifado proporciona melhor aproveitamento da matéria-prima e dos meios de movimentação, evita rejeição de peças devido a batidas e impactos, reduz as perdas de material no manuseio e impede outros extravios, proporcionando economia nos custos logísticos de movimentação.

Os custos indiretos estão ligados, sobretudo, à administração. Um sistema que permite diminuir despesas de supervisão, examinar parte da burocracia e garantir melhor controle da produção é economicamente satisfatório: pode reduzir diretamente as despesas de operação e aumentar a produção com reflexos no custo por unidade.

Ballou (1995) considera que a empresa tem quatro razões básicas para destinar parte de seu espaço físico à armazenagem: reduzir custos de transporte e produção; coordenar suprimento e demanda; auxiliar o processo de produção; auxiliar o processo de marketing.

Entretanto, Gasnier & Banzato (2001) advertem que a armazenagem não agrega valor ao produto, e sim custos, pelo fato de seu processo se dar mais como um prestador de serviços do que ser uma função que efetivamente agrega valor. Apesar disso, a armazenagem é necessária para as organizações.

Os autores conceituam a Logística de armazenagem como “um processo de gestão de fluxo de materiais, no momento em que o mesmo assume velocidade zero, garantindo assim uma maior qualidade de serviço ao cliente, bem como maximizando a produtividade operacional com o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (tempo, espaço, equipamentos, pessoas, etc.).”

Slack et al. (1996) definem estoque como “a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”. Para os autores, o termo é usado normalmente para caracterizar recursos que serão transformados, ou mantidos em operação, incluindo estoque de materiais na manufatura ou estoque de informações em um escritório (figura 8).

Operação	Estoques mantidos em operações
Hotel	Itens de alimentação, toalete, materiais de limpeza
Hospital	Gaze, instrumentos, sangue, alimentos, drogas, materiais de limpeza
Loja de varejo	Materiais a serem vendidos, materiais de embrulho
Armazém	Materiais armazenados, materiais de embalagem
Distribuidor de Autopeças	Autopeças em depósito principal, autopeças em pontos de distribuições locais
Manufatura de Televisor	Componentes, matérias-primas, semi-acabados, televisores acabados, materiais de limpeza
Metais preciosos	Materiais (ouro, platina, etc) esperando serem processados, material completamente refinado.

Figura 8: Estoques mantidos em operações - Slack et. al. (1996)

Além da diversidade quanto ao tipo, outra característica que diferencia os estoques nas diversas empresas é o seu valor. Em algumas, ele é relativamente pequeno; em outras, muito alto.

Slack et al. (1996) mostram ainda que o estoque existe porque há uma diferença de ritmo ou de taxa entre o fornecimento e a demanda. Se o item fosse fornecido exatamente no momento em que fosse demandado não haveria estoque. Se em uma operação houver esforços para casar as taxas de fornecimento e de demanda haverá uma redução nos níveis de estoque. Este ponto é a base do sistema just in time, um dos pilares da produção enxuta (lean manufacturing).

Womack & Jones (1998) mostram que um dos pontos importantes para o sucesso do sistema japonês de produção enxuta - que vem substituindo o sistema de produção em massa idealizado por Henry Ford e Alfred Sloan - é primeiramente considerar como objetivo a inexistência de estoques, pois estes servem principalmente para esconder ineficiências do processo de produção; segundo, buscar no estoque uma forma de agilizar o fluxo de produção.

Mudanças na frequência de entrega de peças, adotadas pelas empresas, administradas pelo conceito de produção em massa para reduzir estoques, transferindo-os para os fornecedores, não caracterizam uma nova filosofia mas simplesmente a tentativa destas empresas de transferir custos para seus fornecedores, obtendo a entrega de peças com maior frequência. A entrega de

peças em lotes mais frequentes não significa produzir tais peças em lotes menores, conforme faria um fornecedor enxuto.

A impressão de que os adeptos da produção em massa estejam mudando para a produção enxuta, quando introduzem conceitos de produção novos como just-in-time, é falsa, e ainda que várias mudanças se assemelhem à imagem do suprimento enxuto, quase todos são resultado de pressões de custos e da lógica de produção em massa existente: i) fontes únicas para obter economia de escalas; ii) just-in-time, para transferir o ônus do estoque.

Ferro, in Womack & Jones (1998), analisando a produção enxuta no Brasil, considera que sua adoção provocará dificuldades, devido ao alto grau de verticalização, às diferenças históricas entre as partes envolvidas, aos hábitos enraizados e à idade avançada das plantas, tornando as empresas brasileiras, ainda por muito tempo, usuárias de estoques para balancear o fluxo de materiais no processo de produção.

Mas a existência de estoques torna sua armazenagem inevitável. Estoques necessitam, portanto, de depósitos para ser acondicionados.

Ballou (1995) considera que as empresas, ao decidir sobre o espaço físico destinado para estoques, podem optar por: possuir o depósito, alugar o espaço físico, alugar e estocar em trânsito. Cada alternativa oferece diferentes níveis de custo, risco e envolvimento gerencial.

A armazenagem é uma operação que não acrescenta valor ao produto, mas aumenta seu custo. Nenhum cliente está interessado em pagar mais por um produto, somente porque ele consumiu longo tempo de armazenamento ou esteve em armazém automático. Torna-se, portanto, necessário buscar sempre sistemas de estocagem que promovam eficiência no abastecimento da produção, ao menor custo.

Segundo Moura (1997 – vol. 2), a estocagem ao ar livre, denominada estocagem externa, é uma alternativa que não deve ser subestimada, a não ser que problemas técnicos, como a necessidade de proteção em decorrência de condições climáticas, o exijam. Para ele, “A eficiência da

estocagem ao ar livre é determinada pela localização das mercadorias, pelas condições do solo e pelo equipamento utilizado."

Destacam-se os seguintes tipos de estocagem ao ar livre:

- ▶ Estocagem de materiais soltos ou em pilhas;
- ▶ Empilhamento a granel;
- ▶ Silos e tanques;
- ▶ Estocagem de pós e grãos em silos;
- ▶ Estocagem de líquidos em tanques;
- ▶ Depósitos para líquidos.

Em razão do alto custo de uma nova construção, a estocagem externa deve ser levada em conta pelas empresas, sempre que possível. Moura (1997) considera que detalhar cada aspecto da estocagem externa é praticamente impossível.

Os produtos, as condições locais, a filosofia de administração da empresa, as leis de zoneamento, topografia, condições do solo, vão definir a utilização da área externa. Quando todos os fatores são avaliados, pode-se dizer que não há limite para a estocagem externa, e que ela pode ocorrer com sucesso e economia.

Entretanto, a maioria dos materiais exige estocagem em locais fechados. Para Moura (1997, vol. 2), do investimento necessário para construir armazéns, 60% são gastos na construção do edifício e 40% nas instalações de estocagem e movimentação de materiais, se forem consideradas as soluções tradicionais de movimentação de materiais. Para um armazém com muita mecanização, a proporção sobe para 50% para cada uma das partes mencionadas.

Estocar materiais é um procedimento inativo, estático e não lucrativo. Muitos são os caminhos a seguir quando se trata de estocar. Para Moura (1997), o sistema ideal é aquele que leva em conta as circunstâncias e as exigências de cada caso. Sistemas de estoques eficientes devem:

- ▶ Manter os estoques em um nível econômico, reduzindo o montante de capital investido;

- ▶ Reduzir o período entre receber e expedir mercadorias, aumentando os lucros e proporcionando melhor serviço ao usuário;
- ▶ Otimizar o uso do espaço disponível, reduzindo o custo unitário de estocagem;
- ▶ Reduzir o custo da mão-de-obra, tornando-a mais eficiente;
- ▶ Reduzir os danos, as perdas e o roubo dos materiais;
- ▶ Permitir planejamento de forma a tornar simples os sistemas de estoque, pois este é um instrumento de gestão para o longo prazo.

A estocagem deve ser planejada considerando-se todos os detalhes: localização, layout, equipamentos e métodos de trabalho.

2.7.5 Arranjo Físico – Layout

Dias (1993) define o arranjo físico, o layout, como a disposição de homens, máquinas e materiais que permite integrar o fluxo de materiais e a operação dos equipamentos de movimentação para que a armazenagem se processe dentro do padrão máximo de economia e rendimento.

Para Moura (1997), o layout de um armazém deve ter por objetivo:

- ▶ Assegurar a utilização máxima do espaço;
- ▶ Proporcionar movimentação de materiais da forma mais eficiente;
- ▶ Permitir estocagem mais econômica, minimizando as despesas de equipamento, espaço, danos de material e a mão-de-obra do armazém;
- ▶ Proporcionar a máxima flexibilidade do sistema, de forma que atenda às necessidades de mudança de estocagem e movimentação;
- ▶ Permitir a boa organização do armazém.

Slack et al. (1996) listam algumas razões práticas para destacar a importância do arranjo físico para a produção, o que adaptamos para a armazenagem:

- ▶ A atividade é difícil e de longa duração, devido às dimensões dos materiais a serem estocados e transportados.
- ▶ O rearranjo físico das posições de estocagem pode interromper o fluxo de materiais, provocando perdas de produção.
- ▶ A construção do arranjo físico de forma inadequada pode levar a padrões de fluxos excessivamente longos ou confusos, estoque excessivo de materiais, filas de usuários ao longo da operação, tempo de processamento desnecessariamente longo, operações inflexíveis, fluxos inflexíveis e de alto custo.

Assim, o projeto de um arranjo físico deve considerar inicialmente o que se pretende conseguir com o mesmo. Neste caso, há necessidade inicialmente de compreender muito bem os objetivos estratégicos da produção e a participação do fluxo de materiais no processo.

O fluxo de material é o caminho percorrido pelos materiais desde a hora em que entram na empresa até o momento de saída. Um bom fluxo de materiais permite diminuir o custo de movimentar materiais.

Moura (1997, vol. 2) mostra que é possível conseguir balancear três objetivos com o arranjo físico do armazém: i) bom fluxo de material, ii) custo de operação baixo para estocagem; iii) coleta e eficiente utilização do espaço de estocagem e do equipamento. Para tanto, torna-se necessário considerar dois princípios básicos:

- ▶ O retrocesso deve ser minimizado. Os itens devem ser movimentados sempre em direção à doca de expedição (figura 10, parte B).
- ▶ As atividades devem estar localizadas próximas, entre as operações (Figura 9, parte B).

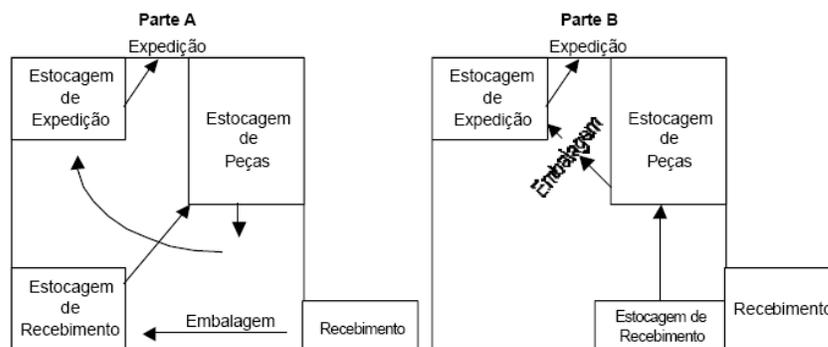


Figura 9: Eliminação de retrocesso por mudança de layout - Adaptado de Moura (1997)

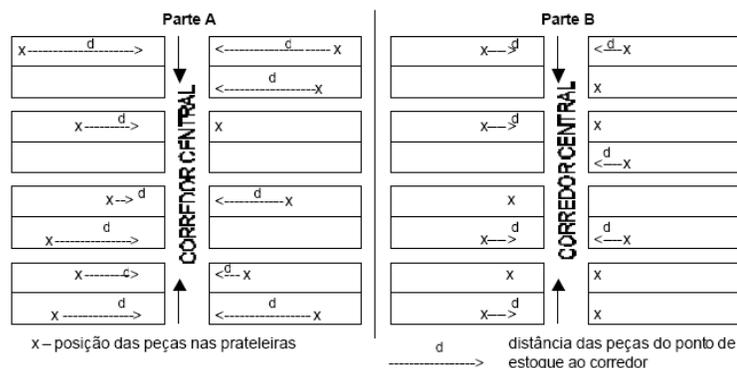


Figura 10: Localização de peças ativas no armazém - Adaptado de Moura (1997)

Moura (1997) mostra que os layouts que minimizam o volume de estocagem são diferentes daqueles que minimizam a distância de movimentação, tornando necessário o uso de diferentes tipos destes para minimizar os custos globais operacionais, conforme mostram as modificações da parte A para a parte B, nas Figuras 9 e 10.

Capítulo 3 - Apresentação do Problema

O problema central abordado consiste na redução do tempo de ciclo do pedido, isto é, o tempo gasto entre o recebimento do pedido e o embarque do mesmo.

Para tanto, foram também levantadas e tratadas outras questões que circundam o problema central anteriormente descrito, a saber:

- melhoria em Processos da Logística Interna: caso do Picking;
- melhoria na Política de Compra: caso do Lote mínimo;
- melhoria na Política de Pessoas: caso da Alocação de Pessoas;
- melhoria na Qualidade: caso da designação de Tarefas;
- melhoria na Gestão dos Estoques: caso da Reposição dos Estoques;
- melhoria na Gestão dos Transportes: caso da Redução de Custos em Transportes.

3.1 Melhorando o Processo

O “ picking” num armazém é executado para dois tipos de produtos aparentemente idênticos (A0 e A1), mas com diferenças básicas entre si: tamanho (volume), embalagem, etc. Cada produto é coletado no estoque por determinado operador (B0 ou B1).

3.1.1 Problema

Deseja-se verificar se existem diferenças quanto ao tipo de produto e/ou operadores com relação à proporção de peças coletadas erroneamente.

		B0	B1	Total
Produto	A0	5	6	11
	A1	11	13	24
		17	19	.18

Diagonal ↗ ↖ Diagonal

Tabela 9: Resultados da Avaliação entre Operadores e Linhas de Produtos

3.1.2 Solução

Pela análise dos resultados, pode-se verificar que aparentemente o fator produto tem mais influência sobre a resposta (quantidade de peças coletadas erroneamente) que o fator operador.

Convertendo-se as observações para a forma quantitativa, tem-se a proporção defeituosa média:

Frações Defeituosas

Operador	Produto	Interação
B0=0,16	A0=0,11	(AB)0=0,17
B1=0,19	A1=0,24	(AB)1=0,18
Efeito Principal do Operador		= 0,19 - 0,16 = 0,03
Efeito Principal do Produto		= 0,24 - 0,11 = 0,13
Efeito Interação (Operador x Produto) = 0,18 - 0,17 = 0,01		

Para o fator Operador, temos que a alteração do nível -1 para o nível +1 faz com que a proporção de pickings errados aumente em 0,03.

Quanto ao fator Produto, a mudança de nível -1 para +1 provoca um aumento de 0,13.

Experimento	A	B	AB	Resposta
1	-1	-1	+1	0,10
2	+1	-1	-1	0,22
3	-1	+1	-1	0,12
4	+1	+1	+1	0,26
Total	0,26	0,06	0,02	
Efeito	0,13	0,03	0,01	

Tabela 10: Tabela de Contrastes

Efeito Principal do Fator A:

$$\frac{A = (-1 \times 0,10 + 1 \times 0,22 - 1 \times 0,12 + 1 \times 0,26)}{2} = 0,13$$

Efeito Principal do Fator B:

$$\frac{B = (-1 \times 0,10 - 1 \times 0,22 + 1 \times 0,12 + 1 \times 0,26)}{2} = 0,03$$

3.2 Política de Estocagem

A empresa deseja estudar sua política de estocagem de forma a otimizar sua operação, reduzindo os custos incorridos.

Após um levantamento muito cuidadoso, a empresa teve condições de estimar que o custo anual de manter um item do produto em estoque era de \$50. Esse custo foi obtido considerando-se o custo do capital empatado, o custo das instalações, refrigeração,

limpeza e seguros durante o ano, e dividindo-se o resultado pelo número estimado de itens que comporão o estoque, no mesmo período. Vamos considerar aqui que esse número seja constante e igual 1000 por ano.

Por outro lado, vamos considerar que o suprimento do produto seja feito em quantidades constantes, a intervalos regulares.

A colocação de cada encomenda tem custo fixo de \$1000, incluindo documentação, despesas e intervalos regulares.

3.2.1 Problema

O objetivo do estudo é descobrir a quantidade de mercadoria que deve ser encomendada de cada vez, de forma a minimizar o custo total da operação de estoque.

Como única restrição do problema, vamos considerar que o fornecedor pode entregar, no máximo, 180 unidades do produto por vez.

3.2.2 Identificação das variáveis

Definindo as seguintes variáveis para o modelo do problema:

A = quantidade anual do produto que a empresa comercializa

S = custo de manutenção do estoque, por unidade, por ano

P = custo fixo de colocação da encomenda, por pedido

Q = quantidade ordenada ao atacadista para suprimento

3.2.3 Equações do Problema

A montagem do modelo se resume a escrever matematicamente a função objetivo, que pode ser assim formulada:

Minimizar Custo Total (CT) = Custo de Manutenção do Estoque + Custo de Colocação da Encomenda

Onde:

- Custo de Manutenção do Estoque = (Nível Médio) x (Custo Unitário de Manutenção)
- Custo de Colocação da Encomenda = (N ° de Ordens) X (Custo de Colocação da Ordem)

Assim, o modelo do problema é:

$$\text{Minimizar } CT = \frac{Q \times S}{2} + A \times \frac{P}{Q}$$

Restrição: $Q = 180$

Neste caso, a maneira simples de resolver o problema é derivar a função objetivo (CT) com relação à variável de decisão Q, igualando o resultado a zero.

$$\frac{d(CT)}{dQ} = S - \frac{A \cdot P}{Q^2} = 0$$

3.2.4 Solução

$$Q^* = \frac{2 \cdot A \cdot P}{S}$$

Com Q^* = quantidade a encomendar para mínimo custo anual total.

Usando os dados do problema, obtemos:

$$Q^* = \frac{2 \times 1000 \times 1000}{50} = 200$$

Assim, a encomenda que minimizaria o custo total da operação do estoque seria $Q^* = 200$ unidades por vez.

Entretanto, como existe a restrição de o fornecedor poder entregar no máximo 180 unidades, a encomenda mais econômica se torna obviamente $Q = 180$ itens do produto por vez.

3.3 Alocação de Pessoas no Armazém

Armazém com dois tipos de produtos/clientes;

Produtos/Cliente A

Produtos/Cliente B

Para o **Cliente A** temos os seguintes dados:

- Atividade no armazém comporta um máximo de 24 Operadores.
- Cada embarque consome 1 homem/dia para ser processado.
- Cada embarque fornece um lucro de \$30,00.

Para o **Cliente B** temos os seguintes dados:

- Atividade no armazém comporta um máximo de 32 Operadores.
- Cada embarque consome 2 homens/dia para ser processado.
- Cada embarque fornece um lucro de \$40,00.

Entretanto, o armazém possui um total de 40 Operadores disponíveis a serem alocados para as diferentes atividades dos dois Clientes conforme suas respectivas necessidades.

3.3.1 Problema

Pode-se observar que as atividades dos dois Clientes podem receber até um máximo de 56 Operadores, mas o armazém somente possui 40 empregados. Assim, temos o desafio de alocar adequadamente os 40 Operadores nas atividades dos dois Clientes.

Os detalhes relativos a cada Cliente exigem diferentes qualificações em mão-de-obra, de modo que o Cliente A exige menor quantidade de pessoas que o Cliente B.

A lucratividade é diferente nos dois casos, sendo a do Cliente B maior que a do Cliente A.

O objetivo é maximizar o lucro diário do armazém.

3.3.2 Solução

Variável a ser otimizada: Lucro (lucro máximo a ser atingido)

Variáveis básicas: A: Quantidade ótima de embarque diário do Cliente A

B: Quantidade ótima de embarque diário do Cliente B

Função-Objetivo: $\text{Lucro} = 30 \times A + 40 \times B$

Restrições:

$A \leq 24$ (embarque máximo diário do Cliente A)

$B \leq 16$ (embarque máximo diário do Cliente B)

$1 \times A + 2 \times B \leq 40$ (o armazém possui somente 40 operadores)

Portanto, o modelo matemático é o seguinte:

Maximizar:

$$\text{Lucro} = 30 \times A + 40 \times B$$

Sujeito a:

$$A \leq 24$$

$$B \leq 16$$

$$1 \times A + 2 \times B \leq 40$$

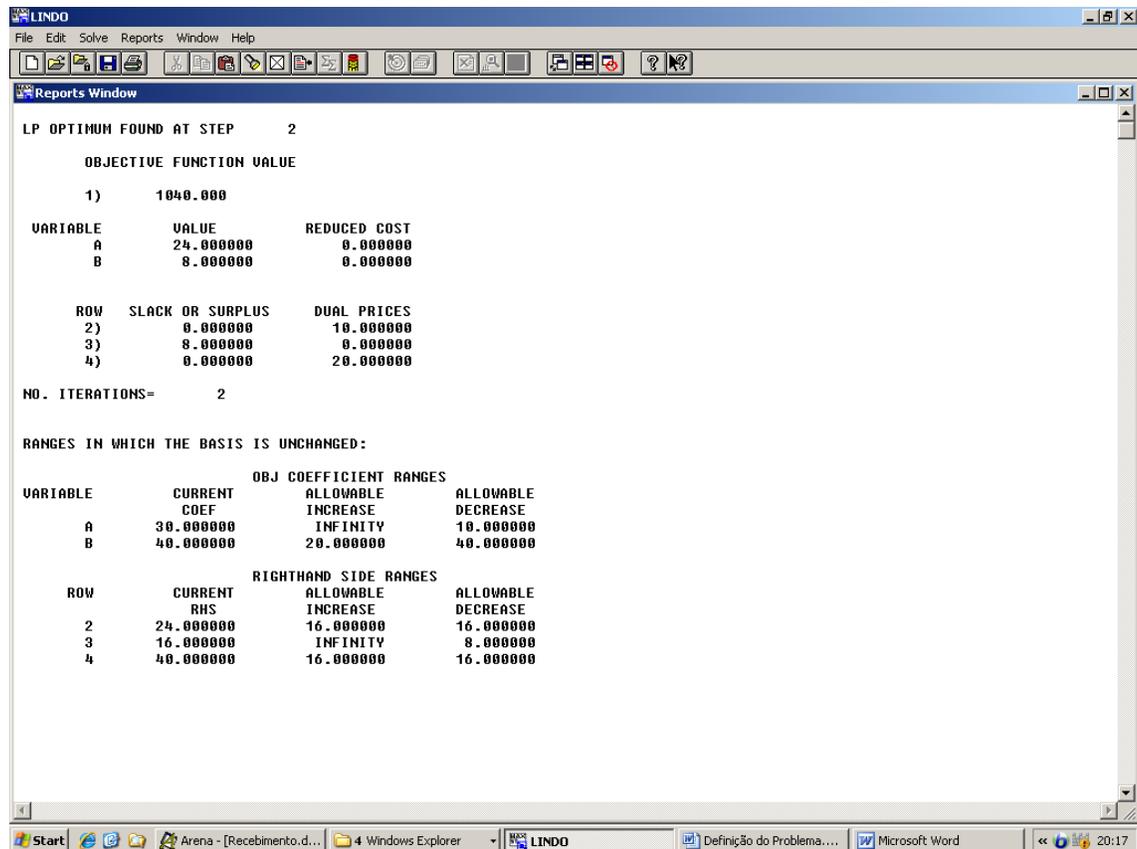


Figura 11: Tela do Lindo com o resultado do problema

Abaixo seguem detalhes do LINDO com resultado do problema e com a análise de sensibilidade:

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	24.000000	16.000000	16.000000
3	16.000000	INFINITY	8.000000
4	40.000000	16.000000	16.000000

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1040.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A	24.000000	0.000000
B	8.000000	0.000000

Resultado

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	10.000000
3)	8.000000	0.000000
4)	0.000000	20.000000

Análise de Sensitividade

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
A	30.000000	INFINITY	10.000000
B	40.000000	20.000000	40.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	24.000000	16.000000	16.000000
3	16.000000	INFINITY	8.000000
4	40.000000	16.000000	16.000000

3.4 Designação de Tarefas

O armazém possui diferentes turnos (grupos de trabalho) aos quais são designadas específicas tarefas.

3.4.1 Problema

Determinar a designação de tarefas de menor custo total

Tarefas

Turnos	1	2	3	4
A	500	700	300	200
B	450	1000	450	250
C	650	800	500	320
D	550	950	480	280

3.4.2 Solução

Minimizar Custos = $500a_1 + 700a_2 + 300a_3 + 200a_4 + 450b_1 + 1000b_2 + 450b_3 + 250b_4 + 650c_1 + 800c_2 + 500c_3 + 340c_4 + 550d_1 + 950d_2 + 480d_3 + 280d_4$

Restrições:

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$$

$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = 1$$

$$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = 1$$

$$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = 1$$

Indica que cada turno somente receberá uma única tarefa

$$\begin{aligned}
 a1 + b1 + c1 + d1 &= 1 \\
 a2 + b2 + c2 + d2 &= 1 \\
 a3 + b3 + c3 + d3 &= 1 \\
 a4 + b4 + c4 + d4 &= 1
 \end{aligned}$$

Indica que somente uma tarefa receberá um único turno

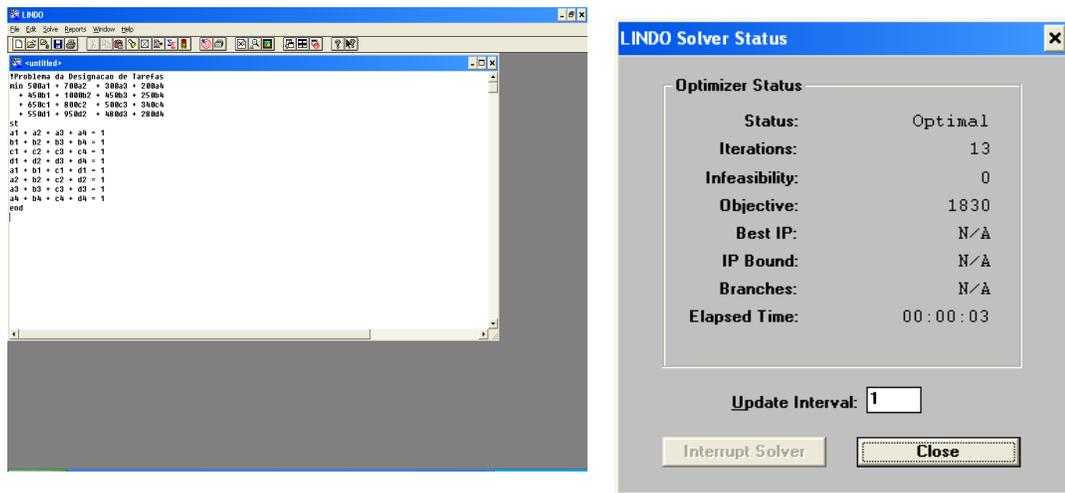


Figura 12: Dados de entrada do problema no LINDO

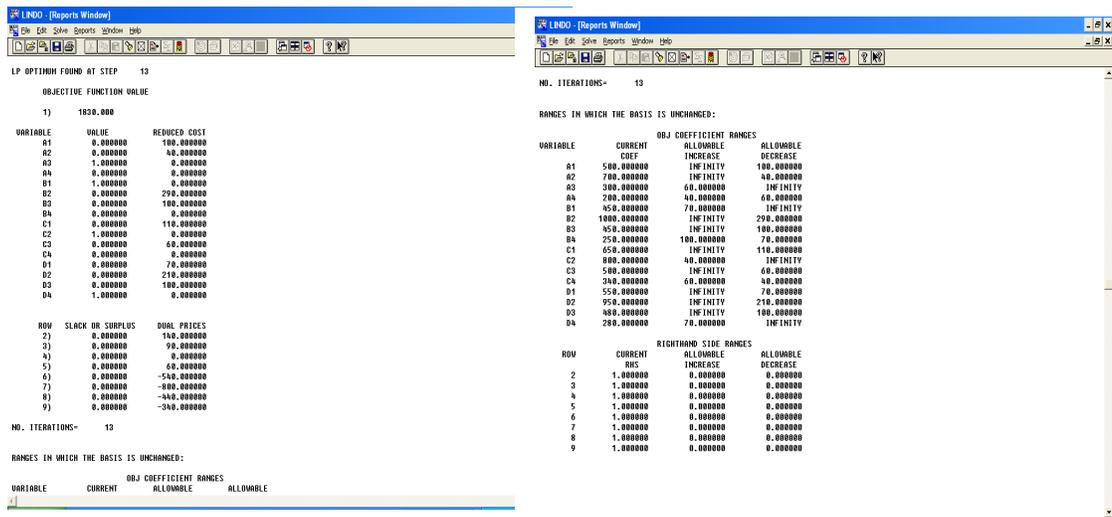


Figura 13: Resolução do Problema pelo LINDO

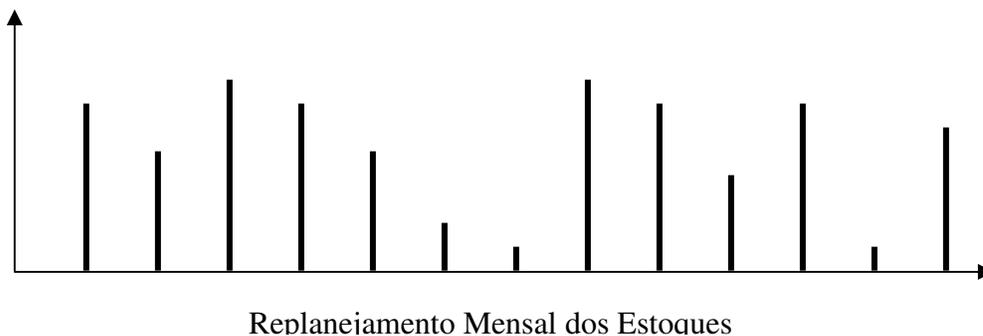
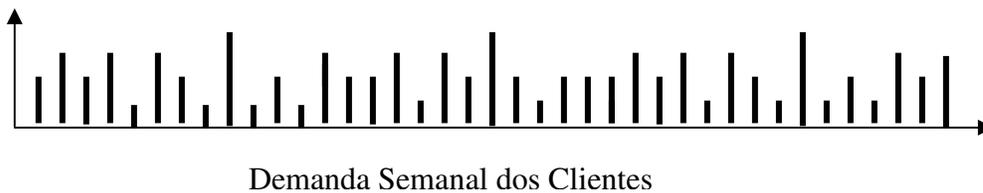
Resultado:

Custo mínimo = 1830,00

A solução de custo mínimo é: a_3 ; b_1 ; c_2 ; d_4

3.5 Reposição dos Estoques no Armazém

A empresa possui uma demanda semanal variável de produtos para seus clientes. Por outro lado, a reposição de seus estoques é realizada mensalmente, ocasionando assim baixo nível de serviço e/ou longo tempo de ciclo do pedido.



3.5.1 Problema

Quando reabastecer os estoques?

Quanto comprar para garantir nível de serviço sem gerar imobilização do capital em estoque e material obsoleto?

Restrições:

Comprar lotes não menores que 100 peças.

Minimizar os custos de compra, transporte e carregamento dos estoques melhorando assim o nível de serviço e o tempo de ciclo do pedido.

3.5.2 Solução

Construindo um modelo matemático:

q: quantidade a ser adquirida em cada reabastecimento (tamanho do lote)

r: ponto de reabastecimento (ponto de pedido)

Restrições (até o momento)

$q \geq 100$

$r \geq 0$

Minimizar o custo total anual

$c(q,r)$: = custo total em função de q e r

Decisão importante:

1: Construir um modelo complexo (próximo do problema real), mas de difícil resolução.

2: Construir um modelo simples (perda de realismo), mas fácil de resolver.

Vamos, neste caso, recorrer à hipótese simplificadora:

A demanda do problema será considerada constante:

d = demanda semanal média = 55 peças/semana

Custo de perda = \$200/produto

Custo de estoque = \$3,5/produto.semana $\Rightarrow 200/3,5 = 57,1$ semanas

Ou seja: adquirindo um produto a mais, os \$200 economizados cobrem a despesa para estocar 1 produto por 57,1 semanas.

Restrições:

Como o tempo de reposição do estoque é de 1 semana, a demanda é de 55 e não se admite falta do produto,

$r \geq 55$ ($r \geq 0$ torna-se redundante e foi eliminada)

$q \geq 100$ (compra mínima)

Objetivo:

Minimizar o custo médio/semana = custo de manter estoque/semana + custo de reabastecimento/semana

Custo de Manter Estoque por semana:

I_m = estoque médio do ciclo = área do triângulo \div ciclo

Custo de manter estoque/ciclo = $h \times I_m \times T$

Pois: $h (\$/\text{unid.semana}) \times I_m (\text{unid/ciclo}) \times T (\text{semanas}) = h \times I_m \times T (\$/\text{ciclo})$

Custo de manter estoque/semana =

Custo de manter estoque/ciclo $\div T = h \times I_m = 3,5 \cdot q/2$

Custo de Reabastecimento por semana:

$2000 \div q/55 = 2000 \times 55/q$

O modelo matemático conhecido como Economic Order Quantity (EOQ):

Minimizar $c(q,r) = 3,5q/2 + 2000 \times 55/q$

Sujeito a $q \geq 100, r \geq 55$

Solução Analítica

Reescrevendo o modelo em função dos parâmetros

q = tamanho do lote

d = demanda semanal (55)

f = custo fixo de reabastecimento (2000)

h = custo unitário semanal para manter estoque (3,5)

l = tempo decorrido entre o ponto de reabastecimento e o recebimento do novo lote (lead time = 1 semana)

m = lote mínimo

Objetivo:

Min $c(q,r) = h \times q/2 + f \times (d/q)$, que tem solução analítica

$$q = \sqrt{2fd / h} = 250,7$$

$r = l \times d = 55$, desde que $q \geq m$

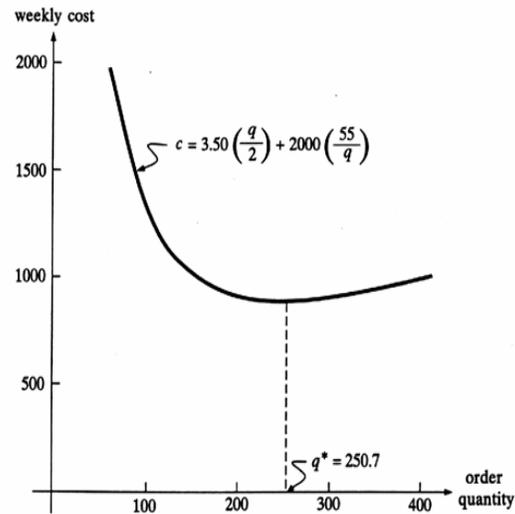


Figura 14: Solução analítica para o problema do reabastecimento dos estoques

3.6 Custo de Transportes

3.6.1 Problema

O problema é otimizar os custos de transporte dos produtos que passam pelo CD.

Minimizar os custos de transporte satisfazendo às seguintes restrições:

- i. Capacidades mínima e máxima totais anuais que passam pelo CD são, respectivamente, 1.000.000 e 20.000.000 unidades;

- ii. Tudo o que é fornecido para o CD é demandado pelo Cliente;
- iii. Satisfação da demanda é de 100%;
- iv. Só ocorrem custos de transporte do CD para os Clientes

3.6.2 Solução

A formulação matemática deste problema fica da seguinte maneira:

Minimizar

$$\sum_{ijk} C_{ijk} \cdot X_{ijk} \cdot M_i + \sum_k \left[f_k + v_k \cdot \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) \right]$$

Onde:

$$\sum_{ijkl} C_{ijkl} \cdot X_{ijkl} \cdot M_i$$

⇒ pode ser definido como o custo de transporte da mercadoria i, originária do fornecedor j, passando pelo CD k e, entregando ao cliente l a quantidade em quilogramas X. M;

M_i ⇒ variável que denota o valor de cada unidade do produto movimentado em quilogramas;

Todo X ≥ 0;

i ⇒ 1,2,3,4,...,93 produtos;

j ⇒ 1,2,3,...,63 fornecedores;

k ⇒ 1 = centro de distribuição;

C_{ijkl} ⇒ custo unitário de transporte por quilo do produto i, partindo do fornecedor j, passando pelo CD k, e indo em direção ao cliente l;

X_{ijkl} ⇒ quantidade do produto i, que parte do fornecedor j, passando pelo CD k, indo ao encontro do cliente l;

$f_k \Rightarrow$ R\$ 1.825.172,00 = custo fixo anual do CD;

$v_k \Rightarrow$ custo unitário de manuseio para os produtos congelados movimentados na cadeia de suprimentos.

Como restrição da função objetiva, temos:

$$W_k \leq \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) \leq \bar{W}_k \Leftrightarrow 1.000.000 \leq \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) \leq 20.000.000$$

$\Rightarrow W_k$ e \bar{W}_k são a capacidade mínima e máxima em unidades do Centro de Distribuição (CD);

$$\sum_{kl} X_{ijkl} \leq S_{ij} \Rightarrow S_{ij} \text{ é a quantidade do produto } i \text{ fornecido pelo fornecedor } j;$$

$$\sum_j X_{ijkl} \leq D_{ikl} \Rightarrow D_{ikl} \text{ é a demanda em unidades do produto } i \text{ que provém do CD } k \text{ em direção ao cliente } l.$$

Cenário	Cenário Atual
	Baseline
Número de Fornecedores abertos	63
Fluxo de saída dos Fornecedores	15.792,944
Utilização total do Fornecedor %	100
Custo variável dos Fornecedores	55.363,812
Custo fixo dos Fornecedores	0
Custo fixo específico de produto	0
Número de CD 's abertos	1
Fluxo de entrada nos CD 's	15.792,944
Fluxo de saída dos CD 's	15.792,944
Utilização da capacidade por produto %	0
Utilização da capacidade total	78
Custo variável dos CD 's	347,197
Custo fixo dos CD 's	1.825,172
Custo fixo específico de produto	0
Número de Mercados	206
Fluxo de entrada nos Mercados	15.792,944
Satisfação da demanda %	100
Custo variável dos Mercados	-68.076,496
Custo fixo dos Mercados	0
Custo fixo específico de produto	0
Custo variável nas lanes	2.270,203
Custo fixo nas lanes	0
Custo fixo específico de produto	0
Custo variável total	-95,283
Custo fixo total	1.825,172
Custo de estoque de segurança	0
Custo agregado de inventário	0
Taxas alfandegárias	0
Custo total	1.729,899

Figura 15: Custo total detalhado do cenário atual

Capítulo 4 – Metodologia

4.1 Metodologia *Lean*

O pensamento *Lean* tem seu foco concentrado na eliminação do desperdício, ou seja, tudo aquilo que não é necessário para a produção de um bem ou serviço. Assim, pode ser definido como um conjunto de conceitos e procedimentos que objetiva simplificar o modo como uma organização elimina os desperdícios, produzindo mais valor para seus clientes. O *Lean* dá forte ênfase ao fluxo.

São cinco as etapas requeridas na aplicação do *Lean*:

- **Valor** - Procuram-se identificar todas as características que criam valor para o cliente. Neste caso, o valor corresponde à forma como um produto ou serviço atende a todos os requerimentos do cliente, durante certo período e a determinado preço.
- **Fluxo de Valor** - Corresponde ao fluxo dos processos e atividades que desenvolvem, produzem e entregam os resultados desejados para os clientes. Procuram-se eliminar as atividades que não agregam valor. Assim, os processos e atividades necessárias tornam-se pré-requisitos para outros processos ou atividades que agreguem valor.
- **Fluir** - Fazer com que todas as atividades e processos fluam naturalmente. Objetiva-se fazer fluir o produto ou serviço - através do sistema - até o cliente final.
- **Puxar** - Produzir o que o cliente precisa somente quando necessário; nem antes, nem depois. Evitar acúmulo de estoques. O objetivo é fazer com que o cliente puxe o produto ou serviço somente quando precisar.

- **Melhoria contínua** - Objetiva melhorar o processo continuamente, sempre eliminando o desperdício, processos e atividades que não agreguem valor, e satisfazendo plenamente as necessidades do cliente.

O **Lean** baseia-se nas seguintes premissas:

- O efeito visual do fluxo é valorizado pelos funcionários.
- O maior obstáculo ao lucro é o desperdício.
- Várias pequenas melhorias, implementadas rápida e sucessivamente, apresentam melhores resultados que estudos analíticos.
- O refinamento do fluxo de valor faz com que os efeitos da interação do processo sejam resolvidos.

Os adeptos do *Lean* defendem que a concentração do foco na eliminação do desperdício e melhora do fluxo resulta em resultados secundários positivos, tais como: melhoria na qualidade, redução do tempo de produção, diminuição das variações e supressão das restrições do sistema, melhorando substancialmente o desempenho.

Os críticos do *Lean* afirmam tratar-se de programa utilizado pela alta gerência - que é quem tem poder para mudar os processos; e, como consequência, que não é um programa para solução de problemas, mas sim um processo autocrático de reengenharia dos processos de trabalho e de pessoas.

4.1.2 Estruturação da Produção Enxuta na Logística

Segue abaixo Proposta de Estruturação da Produção Enxuta (Lean) na Logística - adaptada de Godinho e Fernandes (2004).

Princípio	Código
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios	A
Trabalho em fluxo / simplificar fluxo	B
Produção puxada / Just in time	C
Busca da perfeição / Melhoria Contínua	D
Automação / Qualidade Seis Sigma	E
Limpeza, ordem e segurança	F
Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos	G
Gerenciamento visual	H
Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto	I

Capacitadores (Tecnologias, metodologias e ferramentas)	Princípio Relacionado
Mapeamento do fluxo de valor	A
Melhoria na relação cliente-fornecedor / redução do número de fornecedores	A
Recebimento /fornecimento Just in time	A,C
Tecnologia de grupo	B
Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>) / redução do tamanho do lote	B
Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> / produção sincronizada	B
Manutenção produtiva total (TPM)	B
Kanban	C
Redução do tempo de <i>set up</i>	C
Kaizen	D
Ferramentas de controle da Qualidade	E
Zero defeitos	E
Ferramentas <i>poka yoke</i>	E
5 S	F
<i>Empowerment</i>	G
Trabalho em equipes	G
Comprometimento dos funcionários e da alta gerência	G
Trabalhador multi-habilitado / rodízio de funções	G
Treinamento pessoal	G
Medidas de performance / balanced scorecard	H
Gráficos de controle visual	H
Modificação de estrutura financeira / custos	I
Ferramentas para projeto enxuto	I

4.2 Metodologia *Seis Sigma*

O *Seis Sigma* objetiva, através da aplicação de um conjunto de ferramentas e metodologias de análise, entender e explicar as variações dos processos, reduzi-las de forma a solucionar os problemas e melhorar o negócio como um todo. Em síntese, o programa se propõe a melhorar o resultado de todo o processo através da redução das variações observadas.

São cinco as etapas requeridas pelo *Seis Sigma* :

- **Definir** – Definir quem são os clientes, seus problemas, os aspectos que consideram mais importantes, em conjunto com os processos que os suportam; e identificar os resultados, junto com todos os elementos do processo.
- **Medir** - Os aspectos e características mais importantes são categorizados, os dados coletados e os sistemas de medição checados.
- **Analisar** - Os dados são analisados de forma a se transformar em informações que expliquem o processo, incluindo a identificação das principais causas dos problemas, erros e/ou defeitos.
- **Melhorar** - Soluções são desenvolvidas e aplicadas na solução dos problemas, sendo que os resultados das mudanças nos processos são observados nas respectivas medições. Nesta fase é possível avaliar as mudanças que foram benéficas, bem como a necessidade de novas alterações.
- **Controlar** - Sempre que o processo apresentar um desempenho dentro do previsto será sinal de que está sob controle. Esta é a fase de sustentação do programa *Seis Sigma* que assegura a não ocorrência de variações inesperadas.

Os defensores da metodologia *Seis Sigma* sustentam que o foco na redução das variações propicia resultados secundários positivos, tais como: aumento da qualidade; reavaliação da importância de muitos elementos, levando a melhoria, refinamento ou modificação de alguns e interrupção de outros e, como consequência, havendo diminuição das chances de erros.

O *Seis Sigma* parte da premissa que os funcionários da empresa concordam que os apontamentos e números são capazes de gerar dados, informações e gráficos para análises diversas que produzirão melhorias nos processos, e que, através da redução das variações de todos os processos, o desempenho da organização será cada vez melhor.

A principal crítica ao *Seis Sigma* é que, ao buscar a melhoria dos processos individuais, corre-se o risco de prejudicar o atendimento às necessidades dos clientes, fazendo com que a economia gerada pela metodologia seja menor que os custos incorridos na redução das variações.

4.3 Metodologia *LeanSixSigma*

A metodologia Lean Six Sigma aplicada na Logística pode ser visualizada e entendida como um método de solução de problemas conforme apresentado na Figura 16.

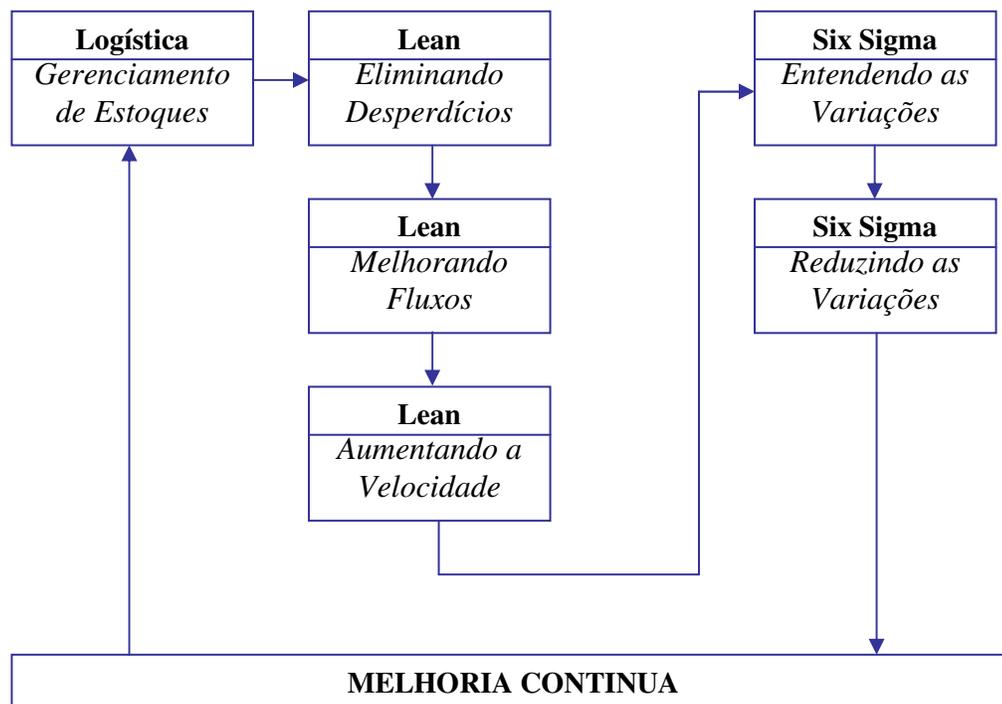


Figura 16: Modelo proposto pelo autor para Metodologia *LeanSixSigma*

Na fase de melhoria, buscamos confirmar quais são as entradas do processo (x's) que causam impactos em sua saída (y).

$$y=f(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots)$$

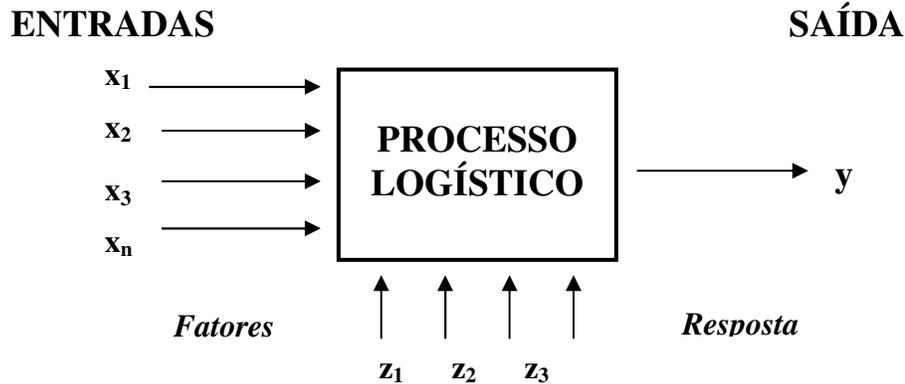


Figura 17: Modelo *Six Sigma* adaptado pelo autor para Processos Logísticos

- Determinar que fatores (x's) possuem maior influência sobre a resposta (y).
- Determinar como ajustar os fatores (x's), de modo que a resposta (y's) tenha o valor desejado (maximizar ou minimizar).
- Determinar como ajustar os fatores (x's), de modo que a variação da resposta (y) seja a menor possível.
- Determinar como ajustar os fatores (x's), de modo que os efeitos das variáveis não controladas (z's) sobre a resposta (y) sejam mínimos.

Hary Mintzber (1987), em seu método de análise das estratégias, divide-as em cinco grupos:

Grupo 1 – São as estratégias de **localização** da essência do negócio. Estão relacionadas com os tipos de operações desenvolvidas pela empresa.

Grupo 2 – São aquelas ligadas à **identificação** da essência do negócio. Objetivam distinguir as características que permitem à organização alcançar a vantagem competitiva e com ela sobreviver em seu contexto.

O autor também apresenta uma segunda dimensão denominada por ele de estratégias de escopo, a qual enfoca o atendimento ao mercado na perspectiva dos produtos.

Grupo 3 – **Elaboração** da essência do negócio: elaborar a essência do negócio passa pelo aperfeiçoamento da organização. Caracteriza-se pelo desenvolvimento de produtos e mercado.

Grupos 4 e 5 – O **estender** e o **re-configurar** a essência do negócio completam os cinco grupos. As estratégias próprias destes dois grupos de ampliação da aplicação ou de redefinição da essência são extremamente importantes, pois envolvem providências de adaptação ou de expansão, em resposta às diretivas do mercado, num processo de acompanhamento e controle de planejamento ou por meio da emergência, fruto da observação e da intuição.

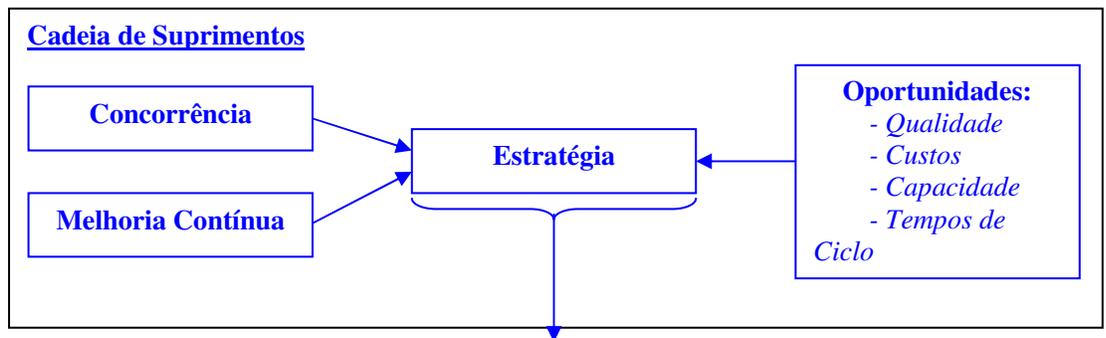
Mintzberg (1987) apresenta, em seu processo de análise, outro nível de estratégias ligadas às áreas funcionais. São aquelas que enfocam os processos internos da organização como um sistema aberto, todas reforçadas pela implementação de estratégias de suporte (jurídico, controle, desenvolvimento de pessoas, etc..)

O mesmo autor também propõe a metáfora da estratégia como “artesanato”. Em um mundo complexo e cheio de surpresas o estrategista precisa reter a proximidade, a percepção e a adaptabilidade de um artesão. O processo de moldar a estratégia é contínuo e adaptativo, onde a formação e a implantação da estratégia são interdependentes.

Para Mintzberg, “a elaboração da estratégia é um processo que pode seguir também na outra direção. Pensamos para agir, mas também agimos para pensar”

Enquanto que o Planejamento estratégico (postura clássica) está relacionado com a análise, o pensamento estratégico se baseia na síntese e envolve a intuição e a criatividade. O resultado do pensamento estratégico é uma perspectiva integrada da empresa.

4.4 Modelo proposto para melhoria de processos logísticos



Tipos de problemas

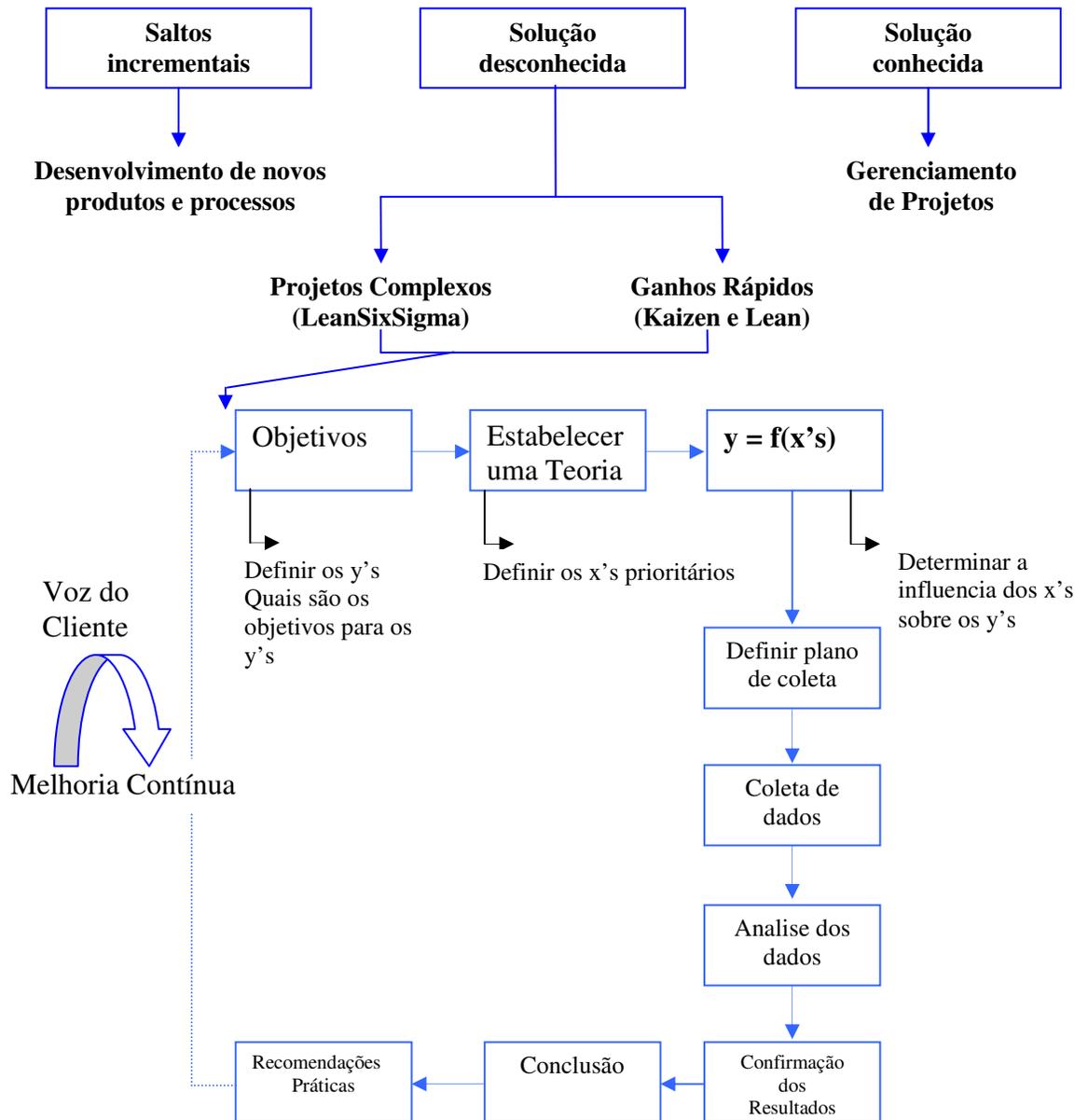


Figura 18: Modelo Lean Six Sigma para melhoria de processos logísticos, proposto pelo autor

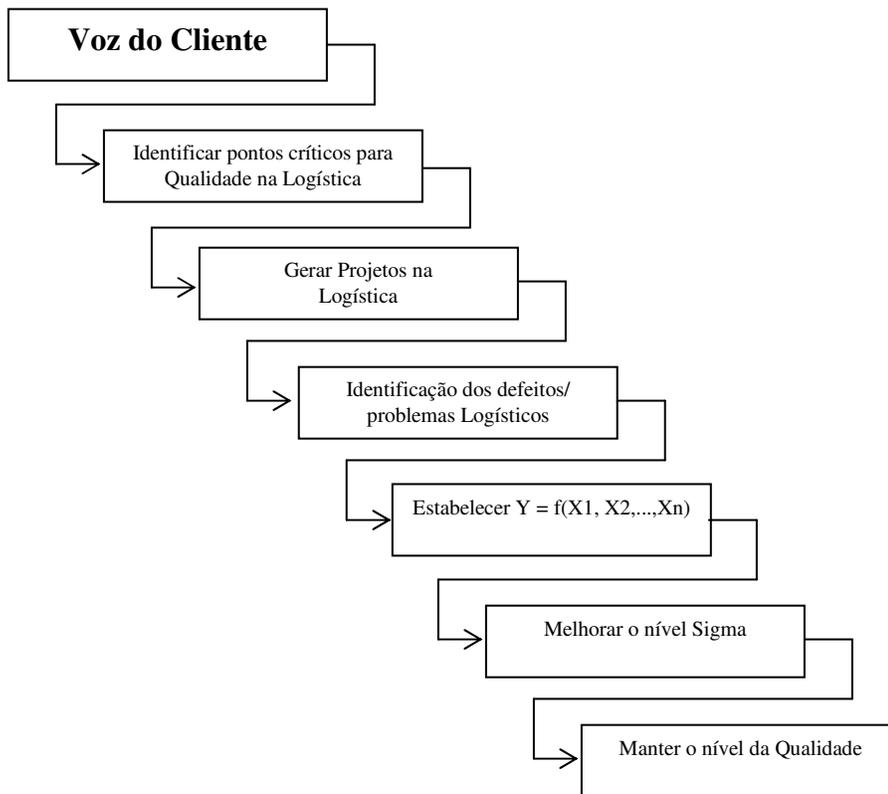


Figura 19: Modelo Logística Lean Sigma sumariado.

4.5 Metodologia LeanSigma na Logística:

A metodologia *LeanSigma* proposta para processos da Logística consiste basicamente em melhorar o gerenciamento dos inventários, isto é:

- Logística é basicamente lidar com **inventários**, estejam eles onde estiverem na cadeia de suprimentos.
- Por outro lado, **inventários** para o Lean são um dos desperdícios que devem ser atacados.
- Temos que **Logística Lean** consiste basicamente em reduzir todos os **inventários** em excesso.

- Seis Sigma, como anteriormente citado, se preocupa com a redução da variabilidade dos processos e com a eliminação de defeitos.
- Portanto, **Logística Sigma** está focada na redução da variação dos processos Logísticos, garantindo assim, sua confiabilidade.
- Por fim, temos que **Logística Lean Sigma** são esforços direcionados para redução dos estoques e, conseqüentemente, melhoria dos tempos de fluxo logísticos.

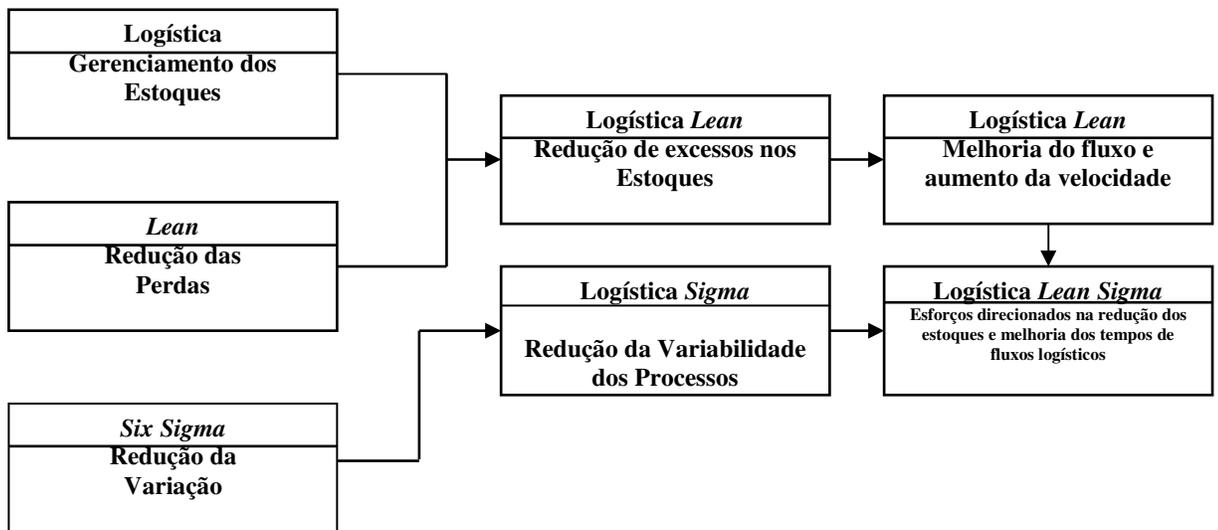


Figura 20: Metodologia LeanSixSigma aplicada à Logística, proposta pelo autor

4.6 Metodologia LeanSigma em Transportes:

A metodologia *LeanSigma* proposta para processos de Transportes consiste basicamente em melhorar o gerenciamento do recurso de maior impacto, isto é, a frota.

- Transportes significam basicamente lidar com o **gerenciamento da malha**, esteja ela onde estiver na cadeia de suprimentos.

- Por outro lado, o Lean se preocupa com a redução de perdas, representadas em transportes por: redução de horas extras, redução de transportes de urgência, etc.
- Temos que **Transportes Lean** consiste basicamente no melhor planejamento e uso dos recursos; no caso, veículos e motoristas (operadores).
- Seis Sigma, como anteriormente citado, se preocupa com a redução da variabilidade dos processos e com a eliminação de defeitos.
- Portanto, **Transporte Sigma** está focado em garantir a confiabilidade do processo.
- Por fim, temos que **Transportes Lean Sigma** são esforços direcionados a redução dos desperdícios e melhoria dos tempos.

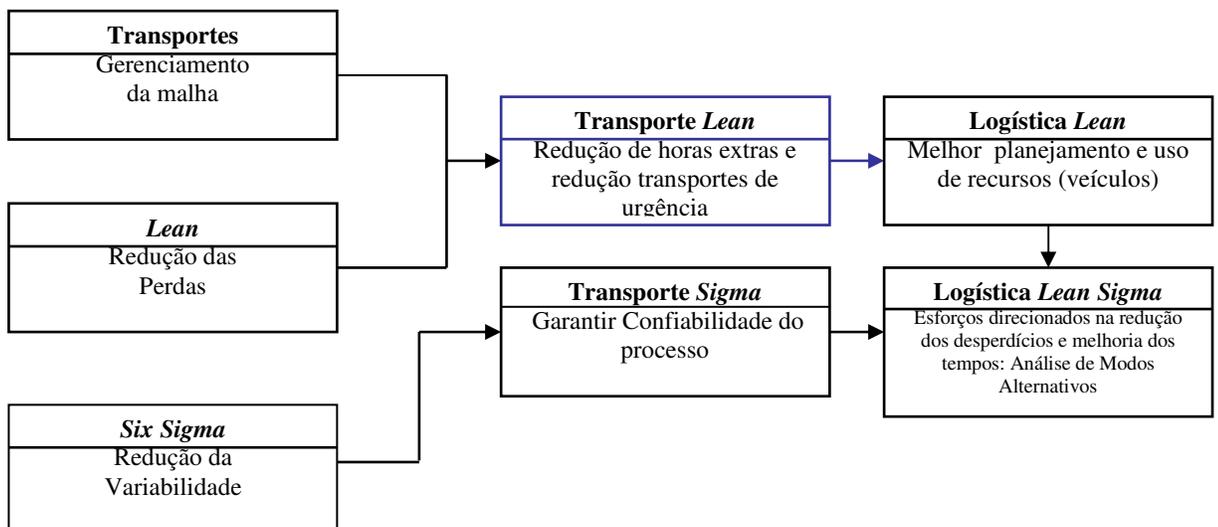


Figura 21: Metodologia *LeanSigma* para Transportes, proposta pelo autor

4.7 Soluções Enxutas para o Serviço Logístico

Womack e Jones (2005) introduziram o conceito do “consumo enxuto”. Assim como as empresas adotaram praticas que tem como objetivo eliminar as ineficiências em seus processos de produção seria o momento, agora, de pensar em iniciativas que proporcionem aos clientes ma experiência de compra e/ou consumo mais eficientes e com menos sacrifício:

- Solucionar totalmente o problema do cliente, assegurando que todos os produtos e serviços funcionem.
- Não desperdiçar o tempo do cliente
- Oferecer exatamente aquilo que o cliente quer
- Oferecer o que o cliente quer exatamente onde ele quer
- Oferecer o que o cliente quer, onde ele quer e exatamente quando ele quer.
- Agregar continuamente soluções para reduzir tempo e aborrecimento do cliente

O objetivo da maioria dos estudos de melhoria de processos é encontrar aquelas variáveis do processo (X's = entradas controladas e descontroladas) que afetam o resultado do processo (Y's). Como citado anteriormente, esta relação é matematicamente representada por $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p)$, onde f é uma função que define a relação entre as saídas (Y's) e as variáveis preditoras do processo (X's)

Abaixo são listadas algumas variáveis de processo envolvido no atendimento do pedido de clientes

- **Variáveis de Entrada no Processo (X's):** Pedidos e encomendas recebidas por meio eletrônico (e-mail, EDI e etc.), fax, telefone ou correio
- **Variáveis Controladas no processo (X's):** Treinamento de representantes, Nível de Estoque, Método de envio, Data prevista para entrega.
- **Variáveis não-controladas no processo (Z's):** Pedidos incompletos de clientes, Precisão dos pedidos dos clientes, Confiabilidade do serviço de postagem, Qualidade dos serviços prestados pelos representantes, Dia da semana, Condições climáticas, Data da entrega solicitada pelo consumidor, Turno, Equipe
- **Variáveis de saída (output) do processo (Y's):** Entrega do material correto, Tempo de entrega, Qualidade da embalagem

Capítulo 5 – Estudo de Caso

5.1 Apresentação da Empresa

A empresa em questão - pertence a um grupo Americano líder no setor de Químicos - dedicou mais de uma década à pesquisa de resinas fotossensíveis e ópticas. Como resultado, criou-se a mais avançada tecnologia de lentes já desenvolvida. As Lentes produzidas pela empresa são mais rápidas ao escurecer, mais escuras e mais claras que quaisquer lentes fotossensíveis disponíveis no mercado.

Esta dedicação ao desenvolvimento de produtos de qualidade superior, além de fazer com que a Empresa assumisse a liderança na fabricação de lentes fotossensíveis, também fez com que assumisse a liderança na busca incansável pela satisfação de clientes.

A Empresa investe anualmente milhões de dólares em Pesquisa e Desenvolvimento, com o objetivo de assegurar que suas lentes continuem sendo as mais confortáveis lentes fotossensíveis já desenvolvidas.

Para atender à crescente demanda mundial, o Grupo fabrica lentes nos Estados Unidos (Flórida), na Irlanda (Tuam), no Brasil (Sumaré), na Tailândia (Chonburi) e nas Filipinas (Laguna), e mantém escritórios de vendas em Singapura, Austrália (Adelaide), Índia (Bangalore) e no Japão.

5.2 Aplicação da Metodologia

Neste capítulo são apresentadas as ferramentas aplicadas no projeto. As figuras ilustram apenas uma parte do resultado produzido pelas respectivas ferramentas.

Os trabalhos de implantação da metodologia Lean Six Sigma na empresa iniciaram com um projeto previamente escolhido (), com base na criticidade do processo logístico para atendimento às características de qualidade do cliente e no potencial financeiro para a organização.

Após a definição do projeto denominado “*Reduzir do Tempo de Ciclo de Atendimento a Pedidos de Clientes e Melhorar a Estabilidade do Processo*”, iniciou-se a etapa definir da metodologia onde se selecionou projetos que seriam trabalhados pelo Kaizen, Lean e Six Sigma.

5.2.1 Kaizen

O principal método de trabalho do Kaizen foi os “workshops” realizados na área de trabalho (Gemba), com equipe de pessoas envolvidas no processo a ser melhorado e com o objetivo comum de mudar para melhor a área ou o processo num curto espaço de tempo (normalmente em uma semana).

Antes do início da semana foram claramente definidos:

- O processo a melhorar
- Objetivo a atingir
- Período de trabalho
- Equipe

O objetivo de todos os Kaizens foi obter resultados com baixos custos através da eliminação imediata de desperdício (Muda).

Nos workshops foi essencial a participação da gestão de topo de modo que ficava claro o potencial de melhoria existente.

Foram também determinados modelos simples para se atingir a excelência operacional na Logística Interna, a saber:

- *Total Flow Management*: Com esta ferramenta o objetivo final era conseguir a criação de fluxo na logística interna (Lean).
- *Total Productive Maintenance*: Neste modelo foram utilizadas técnicas de melhoria da eficiência de equipamentos e instalações.
- *Total Quality Control*: Recorreu-se as técnicas de melhoria da qualidade segundo o modelo Jidoka (Controle da Qualidade, Resolução estruturada de problemas, Seis Sigma)
- *Total Service Management*: Esta ferramenta visa eliminar o desperdício nas áreas de suporte a Logística (Lean)

5.2.2 Etapas da Metodologia Lean Seis Sigma

A filosofia Lean Seis Sigma, como citado anteriormente, consiste na continua redução do desperdício e da variação através de uma metodologia que segue as etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (DMAIC):

Definir – Nesta etapa foram identificados os projetos Lean Seis Sigma desenvolvidos na Logística, definidos os clientes do processo, suas necessidades e exigências com o objetivo primeiro de satisfazer as suas expectativas em termos de qualidade, preço e prazo de entrega. Foi definida também a equipe para trabalhar no projeto e elaborar um mapa do processo a ser melhorado.

Medir – Esta etapa abrangeu ações relacionadas à mensuração do desempenho dos processos e a determinação da variabilidade dos mesmos. Através de consenso entre os

integrantes da equipe Lean Seis Sigma da empresa, foram identificadas as variáveis de entrada de processo-chaves e as variáveis de saída de processo-chaves. Nesta fase, são utilizadas ferramentas básicas como, por exemplo: as métricas Seis Sigma, a Análise de Efeito Modo de Falhas (FMEA) e o Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

Analisar – Foram analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de se conhecer as relações causais, as fontes de variabilidade e o desempenho insatisfatório dos processos. Nessa fase, as ferramentas utilizadas incluíram: visualização de dados, testes de hipótese, análise de correlação e regressão e análise de variância.

Controlar – A partir desta etapa foram implementados os mecanismos necessários para monitorar continuamente o desempenho de cada processo, com o objetivo de garantir a sustentação das melhorias ao longo do tempo. Entre as técnicas adotadas, destacam-se as seguintes: o Controle Estatístico do Processo, os Planos de Controle, os Testes de Confiabilidade e os Processos à Prova de Erros.

5.2.2.1 TMAP – Mapeamento do Processo de Pensamento

O TMAP (*Thought Process Map*) foi utilizado como ferramenta para se estabelecer de uma maneira lógica quais seriam as etapas a serem seguidas para o desenvolvimento do projeto.

Esta ferramenta teve um papel importante na comunicação entre o coordenador do projeto e a alta administração, pois possibilitava se verificar em que etapa o projeto se encontrava, quando deveria ser concluído e quais os recursos seriam necessários em cada etapa.

O TMAP contemplou todas as etapas do projeto seguindo a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

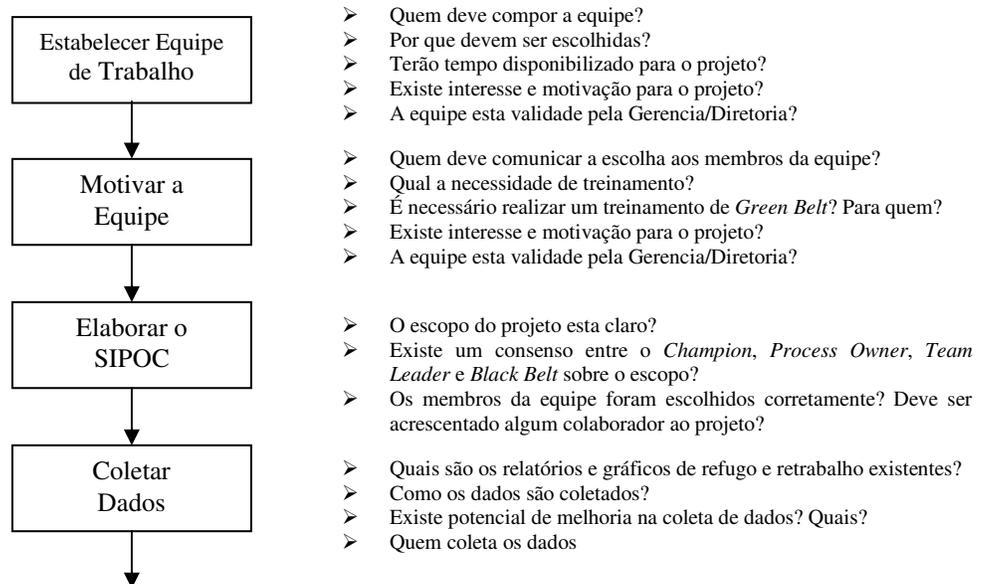


Figura 22: TMAP parcial ilustrando as primeiras etapas de um projeto Seis Sigma

5.2.2.2 SIPOC – Fornecedor, Entradas, Processos, Saída e Cliente

(*S...Supplier, I...Inputs, P...Process, O...Outputs e C...Customers*)

O objetivo do SIPOC foi o de assegurar que o escopo do projeto estava bem estabelecido, compreendido e acordado entre a alta administração da empresa, o coordenador e a equipe do projeto.

Para elaboração do SIPOC estavam disponíveis as seguintes informações:

- Metas financeiras da empresa e do projeto em questão.
- Atual nível de desempenho operacional e metas para o projeto.
- Dados sobre o nível de satisfação do cliente sobre o processo em análise.
- Comentários e sugestões quanto às expectativas atuais e futuras do cliente.

O SIPOC é uma ferramenta bastante simples onde são relacionadas às entradas e saídas do processo e suas respectivas especificações, para cada entrada foi designado pelo

menos um fornecedor da mesma maneira que para cada saída foi designado pelo menos um cliente. (Figura 23)

Ao término da elaboração do SIPOC o coordenador do projeto reuniu maiores informações do processo a ser melhorado tais como:

- Fronteiras do projeto, onde inicia e onde termina o campo de atuação.
- Lista das entradas e saída do processo e seus respectivos fornecedores e clientes.
- Especificações atuais para as entradas e saídas do processo. Neste ponto normalmente são detectadas falhas de especificações.

DEFINE		PROJETO LEAN6SIGMA - SIPOC				
PROJETO: Aumento da produtividade do recebimento INTEGRANTES: Green: Camila Bertie, Sandra Viana e Thiago Gatti Yellow: Alessandra Januário						
Supplier (6)	Inputs (5)	Processo		Output (2)	Clientes	
		Requisitos (7)	Fluxo (1)		Requisitos (4)	Nome (3)
Fornecedor (EDAM e CZV)	Lente (Substrato)	* Lentes de acordo com as especificações		Lentes conferidas	* Lentes separadas por SKU	Estoque
Fornecedor (EDAM e CZV)	Notas fiscais/Packing list	* Lentes de acordos com os requisitos legais; *nota fiscal igual ao físico e a Ordem de compra		Bandejas completas	* Lentes conferidas no físico e packing list	
Transitions/RH	Colaboradores	* Treinados e capacitados		Lentes estocadas	* Identificação correta dos bulpacks	Estoque
Transitions - Logística	Layout / espaços	* Layout adequado ao fluxo		NF conferida e liberada para recebimento sistêmico (físico/fiscal)	* Lentes aprovadas pelo laboratório/qualidade	
Transitions - Logística	Empilhadeira / Paleta	* Equipamentos adequados ao uso			* Identificação correta dos armários	Picking
Qualidade	Laborários / Qualidade	* Equipamentos calibrados			* Estocagem no local correto	Logística / Financeiro
Transitions - Logística	Procedimentos	Atualizado, aprovado e disponível			* Lentes conferidas no físico e packing list	

Figura 23: SIPOC – Projeto Lean Six Sigma na Logisitica

5.2.2.3 PMAP – Mapa do Processo

Após definido o escopo do projeto dentro da metodologia Lean Six Sigma (SIPOC) o próximo passo foi o mapeamento do processo (PMAP).

Para o desenvolvimento desta ferramenta foi de fundamental importância a presença do time no processo, pois nos possibilitou verificar as diferenças entre:

- O que você pensa que o processo é

- Como o processo foi idealizado
- Como o processo realmente é

Durante o mapeamento do processo foi também importante verificar e registrar as entradas e saídas de cada etapa do processo bem como verificar a funcionalidade das respectivas especificações.

A ferramenta anterior (SIPOC) foi utilizada como um ponto de partida para a elaboração do PMAP.

Ao término do PMAP nos foi possibilitado à visualização dos seguintes pontos:

- Principais atividades do processo;
- Variáveis de entrada;
- Criticidade das entradas;
- Restrições do processo (por exemplo, gargalo);
- Retrabalho e subprocessos;
- Fornecedores;
- Clientes;
- Saídas do processo.

Cada processo foi dividido em estágios onde foram minuciosamente (passo a passo) desenhados os mapas do processo. Somente assim pode-se visualizar e priorizar as partes do processo que seriam inicialmente trabalhadas.

Algumas etapas foram claramente identificadas que poderiam ser modificadas e que iriam prontamente melhorar o serviço prestado. Entretanto, como a área de atuação era restrita a Logística Interna e, mais especificamente a melhoria do tempo de atendimento a pedidos, o trabalho teve que se concentrar em reduzir: o transporte, o tempo de espera e o número de passos em aproximadamente 80%.

A figura 24 ilustra o Mapa do Processo (PMAP) da operação de recebimento de um produto/fornecedor específico.

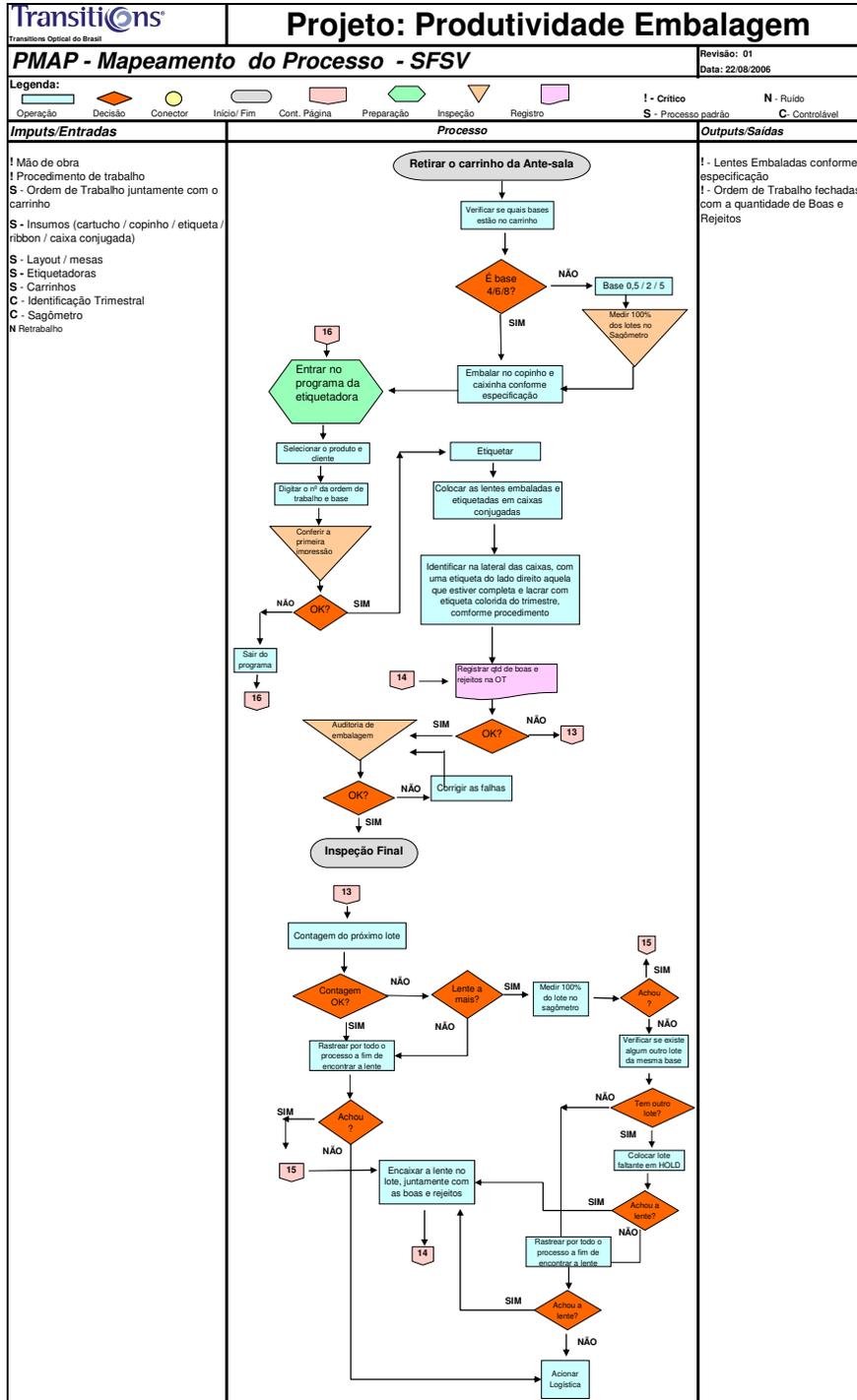


Figura 24: PMAP parcial do Recebimento

5.2.2.4 FMEA – Análise de Modo e Efeitos de Falha

(Failure Mode and Effects Analysis)

A metodologia Lean Seis Sigma utilizada resgatou o conceito original do FMEA, isto é, identificar as formas que os produtos e processos podem falhar, planejar e executar ações para evitá-las.

O FMEA foi realizado por uma equipe multidisciplinar com conhecimento do processo e do produto/serviço, motivada e capacitada para identificar e eliminar modos potenciais de falhas.

Na Tabela 11 é mostrada uma comparação entre o número de ações geradas e operações analisadas em um FMEA antes e após a aplicação do projeto Lean Seis Sigma no processo de recebimento de matéria prima e produto acabado.

PROJETO LEAN SEIS SIGMA		
FMEA	Antes	Depois
Operações Analisadas	50 Operações	4 Operações
Ações Geradas	Nenhuma Ação	10 Ações

Tabela 11 – Comparação da utilização do FMEA antes e depois da implementação do Lean Seis Sigma no Recebimento

O PMAP foi uma ferramenta extremamente útil na elaboração do FMEA, pois ele auxiliou na escolha e priorização da etapa do processo a ser analisada, servindo também, como uma lista de verificação das possíveis causas de falhas. (Figura 25).

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Form

Product/Cell: <u>Receiving (ALL products)</u>		Severity (SEV): How severe is the effect on the customer? (5 = Most Severe, 1 = Least Severe)		Probability of Occurrence (OCC): How often does the cause or FM occur? (5 = Highest Occurrence, 1 = Lowest Occurrence)		Detectability (DET): How well can you detect the cause or FM using the current controls? (5 = Most Difficult to Detect, 1 = Easily Detected)		Risk Priority Number (RPN): What is the measure of process risk related to the effects, causes & controls? (RPN = SEV. x OCC. x DET.)						
Process Step/Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Actions Recommended	Plans / Responsibility	SEV	OCC	DET	RPN
Separação	Não separar	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	1	Reciclagem	5	5						
			5	Recurso disponível (mesa/carrinho)	3	Compra de mais recursos	15	15	Organização da área - layout	Sandra	5	1	1	5
			5	Espaço na área	4	Compra de mais recursos	20	20	Organização da área - layout	Sandra	5	1	1	5
	Separar errado	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	5	Reciclagem	125	125	Reciclagem/ Treinamento eficiente	Sandra	5	3	3	45
			1	Instrução de trabalho	1	Aprovação	1	1						
			5	Identificação errada	3	Inspeção visual	75	75	Trabalhar juntamente com fornecedor	Sandra	5	3	3	75
Conferência física vs NF	Não conferir	Retrabalho / perda de produtividade Divergência no estoque	5	Mão de obra	1	Reciclagem	5	5						
	Conferir errado	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	3	Reciclagem	30	30	Reciclagem/ Treinamento eficiente	Sandra	5	3	3	10
		Divergência no estoque (sistema/física)	1	Instrução de trabalho	1	Aprovação	1	1						
		Solicitação de ajuste (fornecedor) sem necessidade	5	Calculadora com problema	1	Inspeção	5	5						
Completagem	Não completar	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	1	Reciclagem	5	5						
	Completar incorreta	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	3	Reciclagem	0	0						
		Divergência física no estoque	1	Instrução de trabalho	1	Aprovação	0	0						
			5	Identificação errada	3	Inspeção visual	75	75	Trabalhar juntamente com fornecedor	Sandra	5	3	3	75
Estocagem	Não estocar	Perda de produtividade Divergência física no estoque	5	Mão de obra	1	Reciclagem	5	5						
			5	Espaço - Layout	3	Endereçamento	30	30	Redimensionar o espaço de cada endereçamento	Sandra	5	1	1	5
	Estocar incorretamente	Retrabalho / perda de produtividade	5	Mão de obra	1	Reciclagem	1	1						
		Divergência no estoque	1	Instrução de trabalho	1	Aprovação	1	1						
			5	Espaço - Layout	3	Endereçamento	30	30	Redimensionar o espaço de cada endereçamento	Sandra	5	1	1	5
			5	Identificação	2	Endereçamento	20	20	Redimensionar o espaço de cada endereçamento	Sandra	5	1	1	5

Figura 25: Exemplo de FMEA utilizado no Recebimento de Matéria Prima/Material Acabado

5.2.2.5 Matriz de Causa e Efeito

A matriz de causa e efeito foi utilizada para relacionar e priorizar as variáveis do processo (X's) com os requisitos do cliente (Y's), através de uma ordenação numérica, usando como fonte primária o mapeamento do processo.

No projeto em questão, o objetivo do uso desta matriz foi o de evidenciar todas as variáveis do processo associadas com as características de qualidade. Auxiliando na identificação e monitoramento das variáveis críticas para a qualidade do serviço (Figura 26).

O preenchimento da matriz de causa e efeito nos permitiu a visualização da importância de cada variável constituinte do processo. Com resultado desta matriz se obteve um Pareto dos X's (Figura 27) que foi usado como ponto de partida na elaboração do FMEA.

Projeto: Produtividade Recebimento e Embalagem
 Data: 12 / 09 / 07

Produtividade Embalagem Fluxo SFSV / ST-28	Variáveis de Saída				Total
	Lente no copinho e cartucho	Lentes etiquetadas conforme spec.	Lentes segregadas com OT	Fechamento da OT (Qde boas e rejeitos)	
<i>Prioridade no Rank #></i>	5	5	2	3	
Variáveis de Entrada					
Mão de obra	25	25	6	15	71
Instrução de trabalho	15	15	0	3	33
Copinho	25	0	0	0	25
Cartucho	25	25	0	0	50
Layout	0	0	6	0	6
Lente com HC	25	25	0	0	50
Software GVLS	0	25	6	3	34
Etiqueta	0	25	6	3	34
Ribbon	0	25	6	3	34
Caixa conjugada	0	0	10	9	19
Etiqueta - identif. Trimestral	0	0	6	0	6
Qde física = OT	0	0	0	15	15

Figura 26: Matriz de Causa e Efeito utilizado no Recebimento de Matéria Prima/Material Acabado

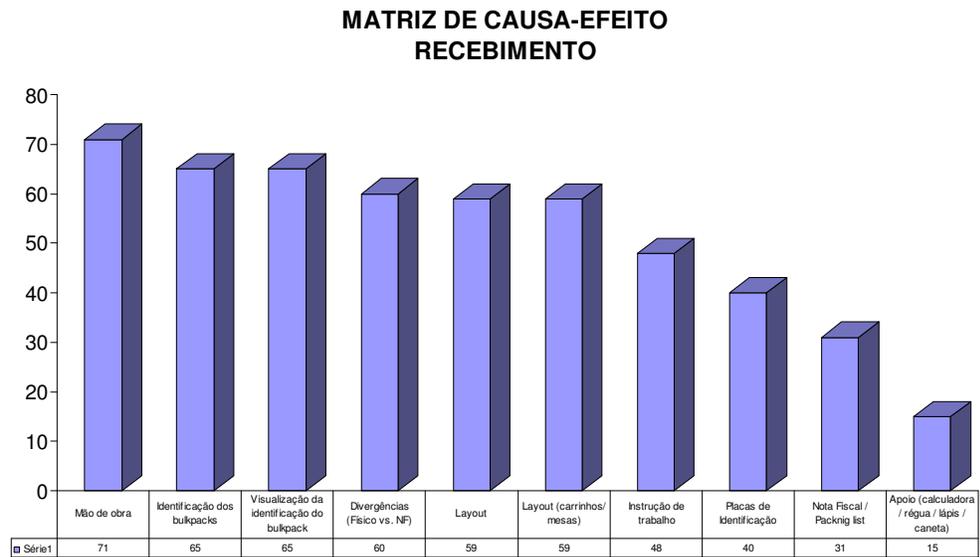


Figura 27: Pareto da Matriz de Causa e Efeito utilizada no recebimento

5.2.2.6 Controle

O controle foi à ferramenta utilizada para assegurar que os resultados obtidos, nos projetos Lean Seis Sigma, sejam mantidos ao longo do tempo.

Verificou-se que a manutenção dos resultados alcançados pela aplicação da metodologia Lean Seis Sigma dependem do comprometimento do dono do processo em executar o plano de controle.

Por sua vez, o desenvolvimento do plano de controle – para manutenção os resultados – foi realizado pela equipe do projeto e aprovado pelo dono do processo. Foi de responsabilidade do dono do processo a implementação do plano de controle, como também, o gerenciamento dos resultados em intervalos menores.

5.3 Resultados

Estudo de caso em uma Indústria Multinacional Americana do Setor Óptico, líder mundial no ramo em que atua.

A metodologia Lean Seis Sigma levou (e ainda esta levando) a um novo paradigma de organização da Logística focalizado na criação de fluxo (movimentação) de materiais e informação, no trabalho puxado em função da necessidade do cliente, no zero defeito e no zero acidente.

A empresa em questão percebeu que, praticando este novo paradigma na logística, já alcançou algumas vantagens competitivas, começando a atingir um grau de excelência operacional logístico elevado.

A estratégia implementada foi desenhada do topo para baixo, mas executada de baixo para cima, envolvendo todos os colaboradores da empresa.

Eliminar o desperdício (tudo o que o cliente não está disposto a pagar), e aumentar a eficácia dos resultados de um modo consistente na busca de ganhos a médio e longo prazo, constituiu o objetivo de todos envolvidos no projeto.

A metodologia Lean Six Sigma levou a implementação de um novo paradigma de organização do trabalho focalizado na criação de fluxo (movimentação) de materiais e de informação, no trabalho puxado em função das necessidades dos clientes, no zero defeitos e no zero acidentes.

A empresa após por em prática este novo paradigma, alcançou vantagem competitiva extraordinária conseguindo atingir um grau de excelência operacional elevado comparado com outras empresas do mesmo grupo.

5.3.1 Situação anterior ao Projeto

Uma empresa tradicional que mantinha paradigmas fortemente enraizados, especialmente porque possuía um histórico de sucesso.

Verificou-se que no contexto competitivo, em que a empresa esta inserida, não era possível manter os resultados obtidos sem promover e gerir mudanças.

Os gestores da empresa perceberam que, limitando-se a fazer o que sempre vinham fazendo, os resultados sempre seriam os mesmos ou cada vez piores.

Constatou-se também que o trabalho desenvolvido e a experiência adquirida ao longo do tempo são “ativos” importantes, mas não se pode ficar preso aos conceitos, aos métodos e aos processos que resultaram bem até certo momento.

A continuidade não é por si só um fator gerador de crescimento, Importante é reconhecer que o sucesso do passado não garante o sucesso do futuro. É necessário procurar um desenvolvimento pessoal e empresarial contínuo.

Conforme mostra abaixo, alguns indicadores de desempenho Logístico antes do projeto, o ciclo de pedido não era competitivo (muito demorado), afetava negativamente a cobertura dos estoques e, conseqüentemente, diminuía o nível de serviço:

(1) Tempo de ciclo do pedido

- Pedidos atendidos pela produção = 6 dias
- Pedidos atendidos pelo estoque = 3 dias

(2) Nível de cobertura dos estoques

- 10 – 12 semanas

(3) Nível de Serviço (Volume)

- 80 – 85%

(4) Reclamações de Clientes (oriundas do ciclo do pedido)

- De 4 a 5 Reclamações / mês (todas relacionadas ao atendimento do pedido)

5.3.2 Situação Posterior ao Projeto

A empresa para conseguir um clima de Melhoria Contínua precisou investir tempo para que as pessoas pudessem compreender as suas responsabilidades no processo de melhoria.

Outro aspecto importante foi à atitude da empresa perante os problemas: “onde não se detectam problemas não pode haver melhoria”. Em outras palavras: “os problemas são uma mina de tesouros na medida em que constituem uma montanha de oportunidades”.

Esse aspecto foi e continua sendo muito importante, pois a maior parte das vezes o problema não está nas pessoas, mas sim nos processos. O importante é ensinar as pessoas a encontrar as soluções para os problemas identificados.

Dois valores fundamentais se destacaram durante a implementação da metodologia:

- O Trabalho em Equipe com o objetivo de mudar para melhor um processo ou uma área num curto espaço de tempo;
- A busca incansável por resultados rápidos com baixos custos através da eliminação dos desperdícios.

Considerando-se os mesmo indicadores Logísticos medidos anteriormente a implementação do projeto, pode-se agora verificar que; houve uma redução significativa do tempo de ciclo do pedido com uma conseqüente redução dos estoques e melhoria no nível de serviço aos clientes.

(1) Tempo de ciclo do pedido

- Pedidos atendidos pela produção = 3 dias
- Pedidos atendidos pelo estoque = 1 dia

(2) Nível de cobertura dos estoques

- De 4 a 6 semanas

(3) Nível de Serviço (Volume)

- 90 – 98%

(4) Reclamações de Clientes (oriundas do ciclo do pedido)

- De 0 a 1 Reclamação / mês

(5) Custo Operacional

O custo operacional em relação ao *Milk Run* – no início do projeto - foi muito questionado pela Logística em função da proposta de se transportar menos volume com mais frequência. Existia, portanto, uma percepção que este paradigma iria aumentar os custos operacionais da logística, que de fato foi uma verdade.

No caso da empresa onde os custos operacionais da logística representam 70% do custo logístico e os 30% restantes representam os custos de se manter os estoques de produto acabado. Ao se reduzir os custos dos estoques em 50% - como resultado da implementação da metodologia Lean Six Sigma – há um aumento de 5% no custo operacional. Porém, o custo total logístico foi reduzido em 10% (Figura 28).

5.3.3 Gráficos

Redução do Custo Logístico Total em 5% após implementação da Metodologia Lean Six Sigma na Logística, conforme discutido no item anterior.

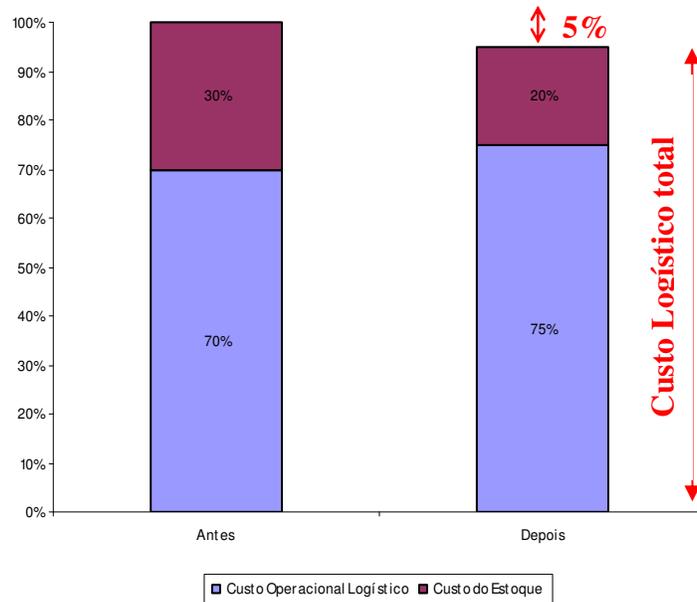


Figura 28: Redução do Custo Logístico Total

Uma das características mais importantes da indústria óptica no Brasil, nos últimos cinco anos, é seu relevante dinamismo, já que a demanda brasileira vem crescendo de forma acelerada. Dentro do cenário brasileiro de crescimento, destaca-se a empresa do estudo de caso, pois apresentou um crescimento médio de 90% desde 2004.

Conforme mostra a figura 29, desde 2004 os volumes das vendas vêm sendo aumentados significativamente, ano a ano. Esse aumento implica diretamente no aumento da complexidade dos processos logísticos: mais produtos, mais itens (SKUs) mais clientes, mais fluxo, etc.

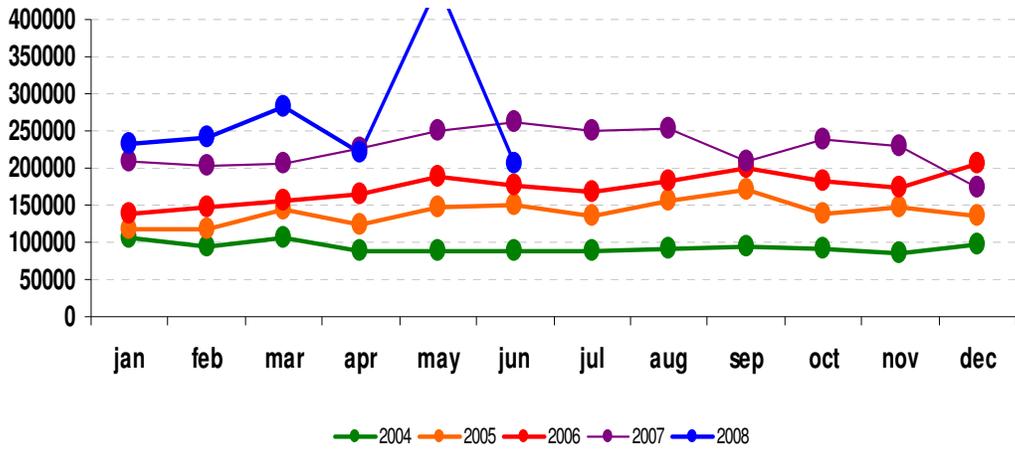


Figura 29: Histórico das vendas

O aumento da quantidade de pedidos (figura 30), somado ao aumento do volume de vendas, contribui naturalmente para o aumento de desperdícios como: nível de estoque, tempo de fila, horas extras, etc.

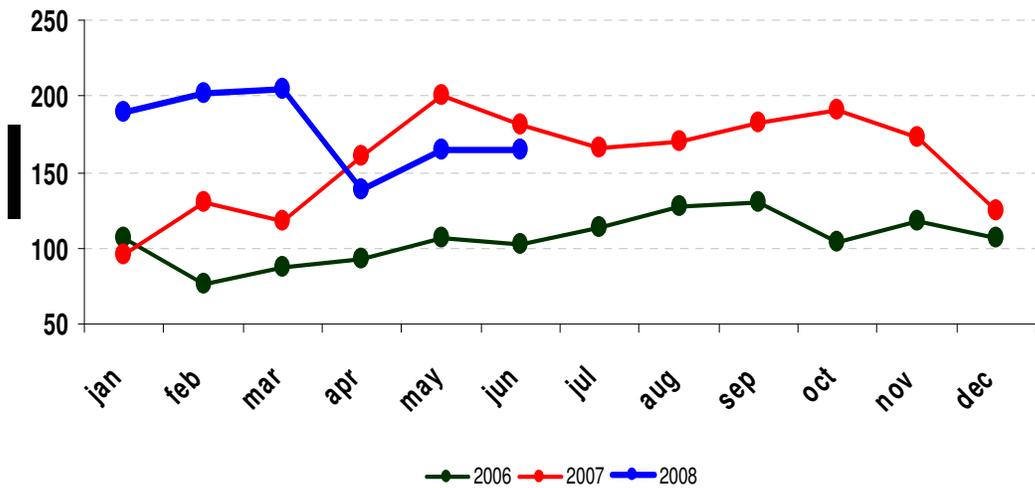


Figura 30: Aumento da quantidade de pedidos

O tempo de ciclo dos pedidos, após a aplicação da metodologia, vem diminuído drasticamente, conforme mostram resultados da figura 31.

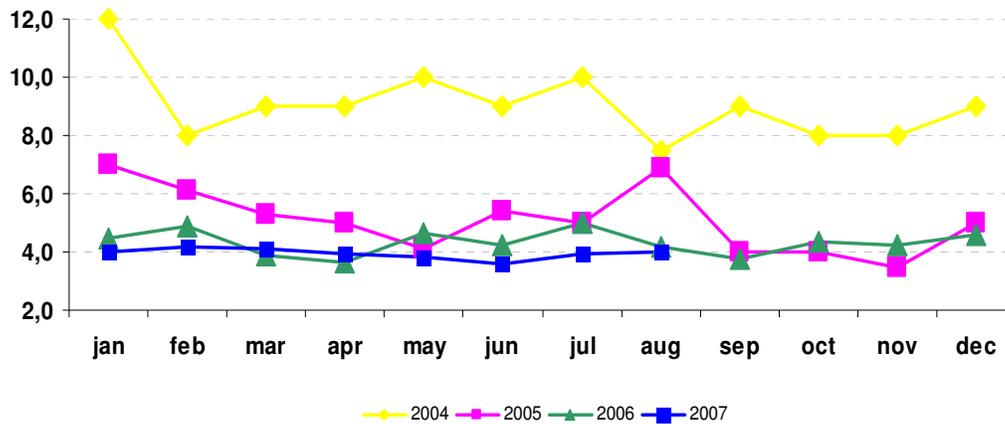


Figura 31: Evolução do Tempo de ciclo de pedidos em dias

Os resultados de 2008 - após o termino da implementação das melhorias dirigidas pelo projeto - apresentou um pequeno aumento em Junho no Tempo de Atendimento devido ao lançamento no mercado de uma completa nova geração de produtos existentes (Figura 32). Pois, neste período houve uma demanda muito grande para abastecimento de toda cadeia de suprimentos.

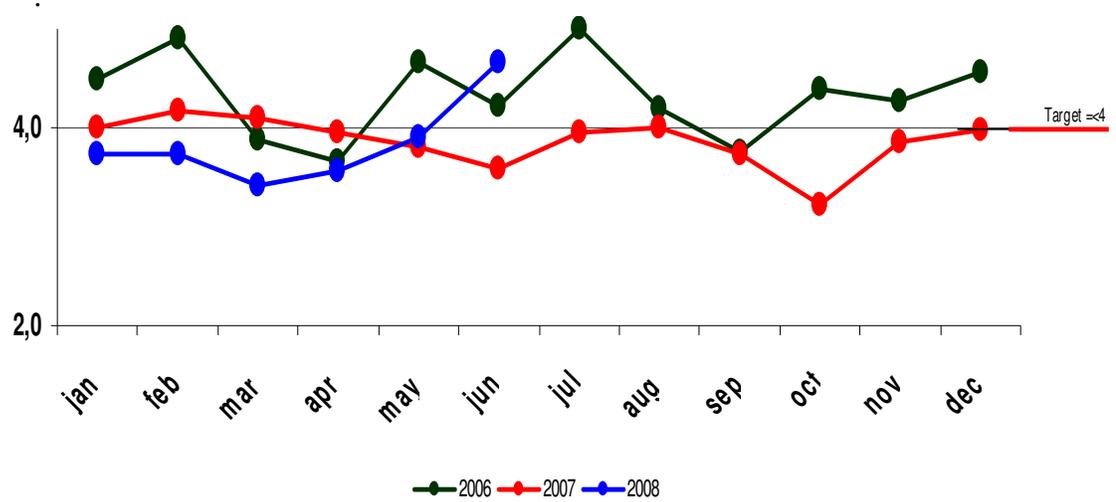


Figura 32: Tempo de ciclo do pedido incluindo resultados atuais de 2008

Considerando-se o aumento dos pedidos (demanda) e diminuição do lead time de atendimento aos pedidos, o nível de serviço medido em VOT (*volume on time*), figura 33, e COT (*complete on time*), figura 34, ao contrário do que se esperava, apresentou uma pequena melhora.

Importante ressaltar que o nível de serviço (VOT e COT), após a implementação da metodologia Lean Six Sigma, encontrava-se acima de 99%. E mesmo com o aumento da demanda e redução do tempo de atendimento, ele manteve-se acima de 99% por mais tempo.

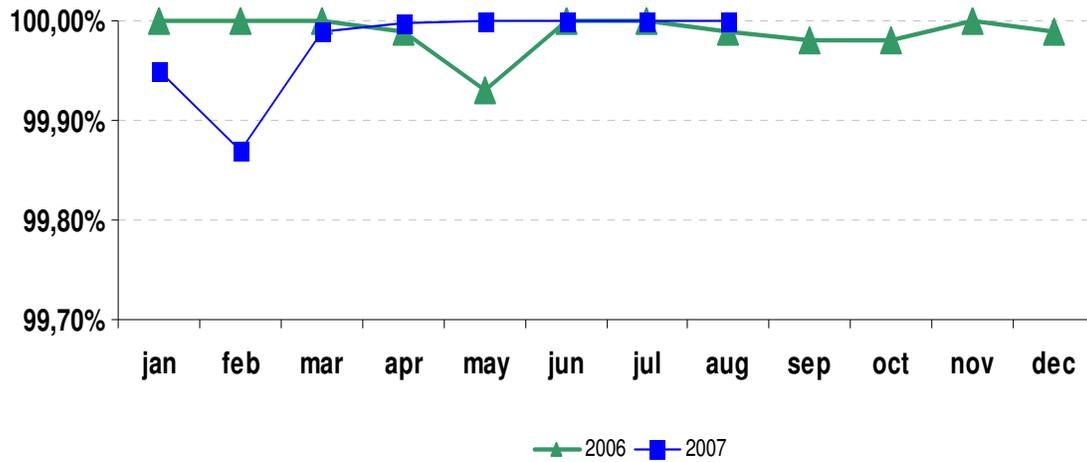


Figura 33: Nível de serviço medido em VOT (*volume on time*)

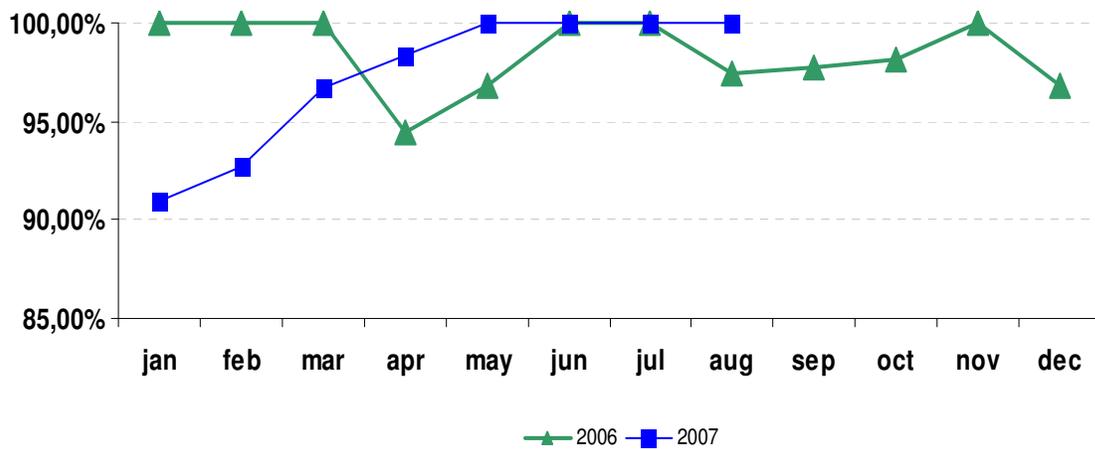


Figura 34: Nível de serviço medido em COT (*complete on time*)

Os resultados apresentados no capítulo comprovam que a metodologia aplicada teve sucesso, principalmente por responder a crescente exigência dos consumidores, por serviços de alta qualidade e baixo custo.

Neste contexto, Lean Six Sigma na Logística provou ser uma metodologia que pode auxiliar na tomada de decisão para a implantação de ações de melhoria de produtos, serviços e processos, proporcionando satisfação aos clientes e lucratividade a empresa, ou seja, atendendo satisfatoriamente as partes interessadas.

Capítulo 6 – Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos

5.1 Conclusões

O objetivo deste trabalho foi propor modelo para aplicação da Metodologia *Lean Six Sigma* na redução do ciclo de pedidos (lead time), como também mostrar sua eficiência na aplicação em um caso real.

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a Metodologia em questão foi muito eficaz para este caso, conforme mostram os ganhos quantitativos e qualitativos listados em **5.1.1** e **5.1.2**, respectivamente.

Por outro lado, os modelos desenvolvidos nos permitiram visualizar ganhos no processo de suprimento a partir de sua aplicação. A gestão de pessoas, equipamentos, frotas e dos tempos é fundamental no contexto. A coordenação das atividades, objetivando maior sincronia entre as etapas interdependes, foi capaz de gerar resultados financeiros bastante significativos no segmento de processamento industrial de lentes oftálmicas.

5.1.1 Ganhos quantitativos

- Redução dos estoques: O montante dos estoques diminuiu à proporção do esperado para quatro semanas, em média, o que reflete uma economia de \$100 mil a favor do Capital de Giro e em espaço do armazém.
- Redução de horas extras: As horas extras envolvidas no atendimento aos pedidos dos Clientes sofreram uma redução significativa, o que gerou uma economia de \$10 mil.

5.1.2 Ganhos qualitativos

- Redução das Reclamações de Clientes.
- Redução de Perdas:
 - retrabalhos;
 - auditorias de embarque / inspeções;
 - nível de cobertura dos estoques;
 - transporte interno / movimentação;
 - horas extras.
- Redução do tempo de ciclo do pedido.

5.2 Desafios à Implementação da Logística Lean Six Sigma

(1) Para gerenciar a cadeia de suprimentos com menos desperdícios é necessário ter uma Logística Lean Six Sigma, que esteja baseada em 3 conceitos fundamentais:

- Reduzir o tamanho do lote
- Aumentar a frequência de entrega
- Nivelar o fluxo de entrega

Ainda hoje se pratica a liberação diária de pedidos de vendas, concentrando a expedição física dos produtos vendidos no final do expediente “comercial”. É importante imaginar a possibilidade de “fechar o faturamento” várias vezes ao dia, permitindo o escoamento

da produção em um período de tempo mais dilatado e a utilização das vias de acesso aos pólos industriais em horários diferenciados e não-coincidentes com o horário de pico do tráfego de automóveis. Este procedimento substituiria a expedição concentrada no final do expediente pela liberação dos produtos vendidos em horários alternativos entre picos.

(2) A Logística Lean Six Sigma requer alguns elementos básicos para sua implantação:

- Sistemas Kanban: dispositivos sinalizadores que autorizam e dão instruções para a produção ou retirada de itens em um sistema puxado
- Heijunka Box: dispositivos de nivelamento em cada etapa do fluxo de valor entre plantas, nivelando a demanda em incrementos pequenos de intervalo de tempo (a cada hora ou a cada turno, dia ou semana)
- Milk Run: planejamento de rotas e entregas freqüentes em pequenos lotes. Um método de acelerar o fluxo de materiais entre plantas em que os veículos seguem uma rota para fazer múltiplas cargas e entregas em diversas plantas, em vez de esperar para acumular materiais para a expedição de carga direta com caminhão cheio. Desta forma é possível reduzir os estoques e o tempo de reação ao longo de um fluxo de valor;
- Cross –dock: Sua função não é estocar materiais (não é armazém), pois os produtos são apenas descarregados dos veículos que chegam e transportados aos veículos que os transportarão a outros locais. Com saídas freqüentes é possível esvaziar o cross-dock a cada 24 horas.

(3) Tentar implementar os conceitos Lean Six Sigma lidando com picos de demanda trimestral, mensal ou semanal fará com que a empresa mantenha estoque pulmão adicional para cobrir estas variações e não será possível realizar entregas niveladas e constantes. Análise do comportamento da demanda junto com a área de Vendas e a equipe Comercial, identificando os picos principalmente as suas causas e gerando contramedidas para evitá-los ou minimizá-los.

(4) Segue abaixo modelo de influências do tempo de ciclo do pedido (Lead Time):
Maior lead time, maior horizonte de planejamento, maior erro de previsões, mais

alterações nos planos, mais falta e excesso de produtos o que irá gerar, por sua vez, maior lead time e sim por diante...

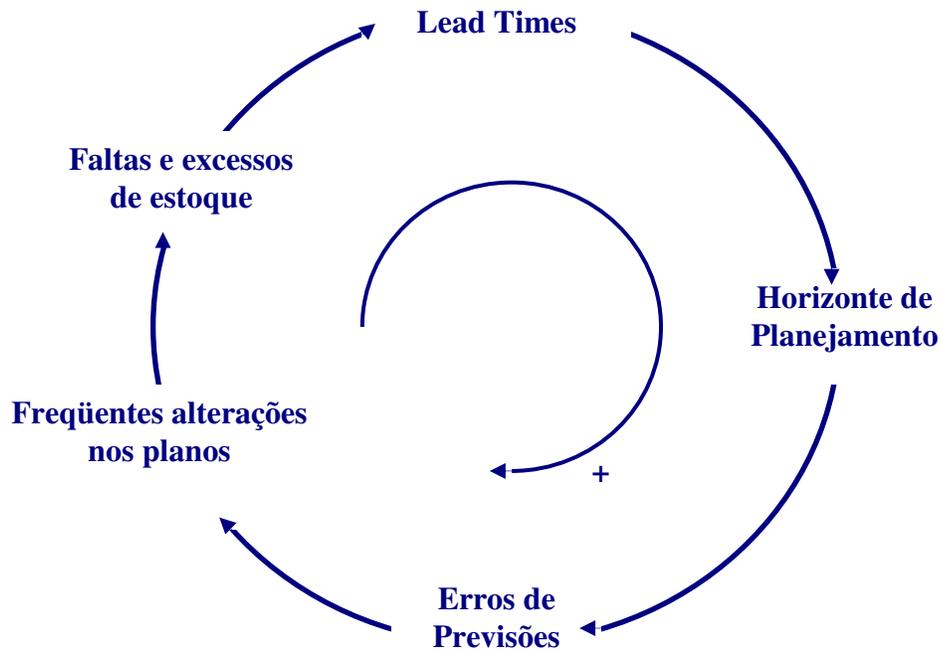


Figura 35: Modelo de Influências do Tempo de Ciclo de Pedidos (Lead Time)

5.3 Sugestões para próximos trabalhos

Há inúmeros exemplos de aplicações da metodologia Lean Six 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 interfaces organizacionais. Como sugestões para próximos trabalhos, propomos algumas aplicações potenciais da metodologia Lean Six Sigma: aplicação na cadeia de suprimentos, envolvimento da cadeia de distribuição, projetos integrados com clientes, oportunidades entre unidades de negócios.

a) Aplicação na Cadeia de Suprimentos

Todas as empresas, independente de seu perfil, possuem fornecedores de insumos e serviços. Esses fornecedores são, muitas vezes, responsáveis por boa parte do sucesso e dos problemas de qualidade e de processos gerados nas organizações.

Há alguns casos de empresas que estão implementando Lean e/ou Seis Sigma e que estão focando sistematicamente na cadeia de suprimentos. Essas empresas capacitam os principais fornecedores nas metodologias e estimulam para que os mesmos desenvolvam projetos, visando à melhoria de produtos e serviços.

Mesmo sem uma capacitação formal, há organizações que desenvolvem projetos com a participação ativa dos fornecedores. Afinal, em muitos casos, sem essa atuação efetiva não se consegue chegar às verdadeiras causas raiz dos problemas.

b) Envolvimento da Cadeia de Distribuição

Quando se fala em Lean ou em Seis Sigma, a satisfação do cliente é sempre um dos fatores primordiais a ser tratado. Uma empresa que está implementando a metodologia Lean Six Sigma e está separada do cliente por uma cadeia de distribuição tem que focar nesses distribuidores de forma ativa e sistemática, caso contrário, poderá melhorar a eficiência, sem garantir a real eficácia dos processos que está associada à percepção final dos clientes.

Fazer com que os distribuidores participem ativamente desse estudo é tarefa essencial para essas empresas e essa interface deve ser muito bem trabalhada para garantir o fluxo ideal do produto ou do serviço até o cliente final.

c) Projetos Integrados com os Clientes

Há empresas que sabem a importância de trazer os clientes para que possam ajudar na análise conjunta dos seus processos, principalmente se esses clientes forem outras

organizações. Além de melhor entender as expectativas do cliente, trazê-lo para melhorar o processo faz com que esse mesmo cliente entenda o grande potencial que o fornecedor pode trazer para o seu negócio.

Algumas empresas acabam restringindo essa abordagem por receio de que o cliente conheça determinados segredos de seu negócio, entretanto, a abertura das cortinas poderá ser dosada de acordo com o desejo do fornecedor.

d) Oportunidades entre Unidades de Negócios

Encontrar uma solução para um problema pode levar muito tempo para ocorrer. O maior desperdício, contudo, é quando duas ou mais empresas similares e participantes de um mesmo sistema investem tempo fazendo estudos paralelos. Ou até mesmo, quando uma delas encontra uma importante solução e não compartilha com as demais.

A solução de um problema que gerou ganho para uma empresa deve ser replicada para outra similar, sempre que possível. É claro, que algumas empresas, por maior que seja o seu grau de similaridade, sabem que há diferenças entre os processos, porém, isso não deveria ser um fator restritivo para uma análise de viabilidade de replicação.

Referências Bibliográficas

ALT, Paulo R. & MARTINS, Petrônio G. Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. São Paulo: Saraiva, 2000.

BALLOU, Ronald H. Business Logistic Management. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial. São Paulo: Atlas, 1995.

BURTON, Terence T. e SAMS, Jeff L. Six Sigma for Small and Mid-Sized Organizations: Success Through scaleable deployment. J. Ross Publishing, Inc., 2005.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). 8. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 224 p., 1999.

CARTER, P.L., S.A. MELNYK e R.B. HANDFIELD. Identifying the basic process strategies for time-based competition. Production and Inventory Management Journal, v. 36, n.1, p. 65-70, 1995.

CHING, Hong Yuh. Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada. São Paulo: Atlas, 2001.

COOPER, Martha C.; LAMBERT, Douglas M.; PAGH, Janus D. Mais do que um novo nome para a Logística. Logística Moderna. n. 56, Abril, 1998.

COYLE, John J.; BARDI, Edward J.; LANGLEY JR, C. John. The Management of Business Logistics. Minneapolis/St.Paul: West Publishing Company, 1996.

CORRÊA, Henrique L. e GIANESI, Irineu G. N. Just in Time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico. São Paulo, Atlas, 1993.

DIAS, Marco Aurélio P., Administração de materiais: uma abordagem Logística. São Paulo: Atlas, 1993.

DOOLEY, F. (2000). "Customer Service". Chapter 4 – Internet.

FAWCETT, Stanley E., STANLEY, Linda L., SMITH, Sheldon R. Developing a Logistics Capability to Improve the Performance of International Operations. Journal of Business Logistics. v.18, n.2, p.101, 1997.

FIGUEIREDO, Kleber; ARKADER, Rebecca. Da Distribuição Física ao Supply Chain Management: o Pensamento, o Ensino e as Necessidades de Capacitação em Logística. In: FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.: Logística Empresarial: Perspectiva brasileira, Editora Atlas, Rio de Janeiro, 2000.

GANTT, Henry Laurence. Work, Wages, and Profits. The Engineering Magazine, New York, 1910.

GANTT, Henry Laurence. Organizing for Work. Harcourt ,Brace and Howe, New York, 1919.

GASNIER, D.; BANZATO, E. Armazém inteligente, Revista LOG Movimentação e Armazenagem, São Paulo, n. 128, p. 16 junho / 2001.

GULATI, Ranjay, NOHRIA, Nitin, ZAHEER, Akbar. Strategic Networks. Strategic Management Journal, v.12, p.203-215, 2000.

IMAI, M. Kaizen: The Key to Japanese Competitive Success. Randon House, New York, 1986.

HARRY, M.J. Abatement of business risk is key to Six Sigma. Quality Progress, 33, pp. 72-76, jul.2000.

HEIZER, J. e B. RENDER. Operations Management. 6th edition ed. 2000: Prentice Hall.

KENNERLEY, M.; NEELY, A. (2003). Measuring performance in a changing business environment. International Journal of Operations & Production Management , v23, n.2, p.213-29.

Lean Institute Brasil – www.lean.org.br acessado novembro 2006.

LACERDA, L. Automação na Armazenagem: Desenvolvendo projetos de sucesso. Disponível em: <http://www.centrodeLogística.com.br/new/fs-public.htm> acesso em 06/12/2006.

LOJKINE, J. A revolução informacional. São Paulo: Cortez Editora. 316 p. 1995.

LUBBEN, Richard T. Just in Time: uma estratégia avançada de produção. São Paulo, McGraw-Hill, 1989.

MANSON-JONES, Rachel, TOWILL, Denis R. Time Compression in the Supply Chain: Information Management is the Vital Ingredient. Logistics Information Management, v.11, n.2, p.93-104, 1998.

MINTZBERG, H. The strategy concept I: Five PS for strategy. California Management Review, Fall 1987.

MOURA, Reinaldo A. Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais. São Paulo: IMAM, 1997.

MOURA, Reinaldo A. Manual de Logística - armazenagem e distribuição física, volume 2. São Paulo: IMAM, 1997.

MOURA, Reinaldo A. Check sua Logística. São Paulo, 1998.

NAVE, D.: Como Comparar o Seis Sigma, Lean e a Teoria das Restrições. *Revista Qualidade*, ed. N^o 124, setembro, 2002.

OHNO, Taiichi, O Sistema Toyota de Produção, Porto Alegre: Editora Bookman, 1996.

PICCHI, F.A., Lean na Administração. In: LEAN SUMMIT 2002, Gramado, RS, 17-19 nov.

Apresentações... Gramado: Lean Institute Brasil, 2002.

PORTER, M.E. Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

RATH & STRONG (Org.). *Six Sigma Pocket Guide*, 2. ed. Lexington, 2001, 192 p.

RASIS, D., GITLOW, H.S., POPOVICH, E. Paper Organizers International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study I. *Quality Engineering*, 15 (1), pp.127-145, 2002.

SHINGO, Shigeo, O Sistema Toyota de Produção (do ponto de vista da Engenharia de Produção), 2^a ed, Porto Alegre: Editora Bookman, 1996.

SLACK, N., Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo, Atlas, 1993, 198p.

SLACK, Nigel, et.al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1996.

SHINGO, Shigeo. Zero quality control: source inspection and the Poka Yoke system, Norwalk, Cambridge : Productivity Press, 1986.

TAYLOR, F. *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers Publishers, 1919.

TERSINE, R.J. e Hummingbird, E.A. Lead-Time reduction: The search for competitive advantage. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 15(2), p. 8-18, 1995.

WERKEMA, C.: *Criando a Cultura Seis Sigma*. Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark, 2002.

WILLIAMS, Lisa L., NIBBS, Avril, IRBY, Dimples. Logistics Integration: The Effect of Information Technology, Team Composition, and Corporate Competitive Positioning. *Journal of Business Logistics*, v.18, n.2, p.31, 1997.

WITT, C.E. Achieving Six Sigma Logistics. *Material Handling Management*, 57, pp.10, mai. 2002.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. e ROOS Daniel, *A Máquina que mudou o Mundo*, 4ª reedição Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T., *A mentalidade enxuta nas empresas*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, James P., **Seeing the Whole**: Mapping the Extended Value Stream. Brooklin, MA: Lean Enterprise Institute, 2002.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T., *Lean Consumption*. Harvard Business Review, Mar, 2005.

Anexo 1

Lean Six Sigma - Melhoria de Processos Existentes

Fases	Objetivo	Principais Atividades	Principais Ferramentas	Perguntas - Chaves
Definição	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir um projeto Seis Sigma relacionado a uma métrica / KPI da Organização. ➤ Ganhar a aprovação da Organização para a execução do projeto. ➤ Estabelecer ganhos, inclusive financeiros, para a organização. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Justificar perante a Organização o porquê de fazer o projeto. ➤ Montar o Contrato do Projeto. ➤ Pegar a aprovação do Patrocinador e do MBB/ BB. ➤ Estabelecer a equipe do Projeto. ➤ Revisar potenciais ganhos financeiros do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ VOC / VOB ➤ Histórico de Variação ➤ KPI ao longo do tempo ➤ SIPOC ➤ Mapa Macro do Processo ➤ Quick Win Opportunities 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Por que este projeto é importante para a empresa? ➤ Quem são os membros da Equipe? ➤ Existem possíveis restrições ou dificuldades? ➤ Há ganhos financeiros?
Medição	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar a(s) saída(s) Processo (Y's). ➤ Listar potenciais fontes de variação (potenciais X's). ➤ Validar o Sistema de Medição. ➤ Identificar a Capabilidade (σ) e DPMO iniciais. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Primeira reunião da equipe. ➤ Definir a(s) saída(s) do Processo (Y's). ➤ Validar o sistema de medição. ➤ Criar uma lista de 20-30 Potenciais X's. ➤ Criar um banco de dados. ➤ Realizar as primeiras análises estatísticas sobre o Y. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapa do Processo - Análise Takt Time ➤ Espinha de Peixe - Análise do Fluxo do Proc. ➤ Matriz Causa – Efeito ➤ Matriz Esforço X impacto ➤ Estatística Básica ➤ Histograma ➤ Pareto ➤ Gráfico de Tendência ➤ Análise da Cadeia de Valor 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Quais são as saídas do processo (Y's)? ➤ O sistema de medição foi validado? ➤ Os dados já existem ou serão coletados? ➤ Quais os potenciais X's?
Análise	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Encontrar poucos X's vitais que deverão ser atacados para reduzir a probabilidade de o processo gerar defeitos. ➤ Encontrar os poucos X's vitais que afetam significativamente a variação do processo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabelecer os X's óbvios – Quick Win Opportunities. ➤ Validar quais X's têm influência sobre os Y's (graficamente). ➤ Validar quais X's têm influência sobre os Y's (estatisticamente). ➤ Validar quais X's têm influência sobre os Y's (análise de risco). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pareto - Teste de Hipótese ➤ Box Plot - FMEA ➤ Diagrama de dispersão - Benchmarking ➤ Analise Multi-Vari ➤ Teste Chi Quadrado ➤ Análise de Regressão ➤ ANOVA 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Há algumas fontes de variação identificadas sem necessidades de validação? ➤ Quais são as principais fontes de variação do Processo?
Melhoria	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tomar as ações sobre o processo- Confirmar que o processo melhorou. ➤ Validar os benefícios para a Organização. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Montar o Plano de Ação. ➤ Validar as Ações com o Patrocinador. ➤ Buscar recursos e ajuda para ações. ➤ Validar benefícios financeiros com a área Financeira. ➤ Montar o novo Mapa de Processos sem atividades que não agregam valor. ➤ Recalcular σ e DPMO 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plano de Ação - Evento Kaizen ➤ Diagrama de Afinidade - 5 S ➤ DOE - TPM ➤ Benchmarking - Análise Cadeia de Valor ➤ FMEA - Kanbam ➤ Analise de Regressão - JIT ➤ Experimentação Piloto 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Quais as ações tomadas para melhorar o processo? ➤ Qual o benefício previsto do projeto? ➤ Qual o novo σ e DPMO? ➤ Qual o novo Mapa do Processo?
Controle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabelecer os Controles para manter as melhorias feitas no processo. ➤ Passar para o dono do processo a responsabilidade por monitorar o processo ao longo do tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Montar o Business Process Management. ➤ Estabelecer os controles. ➤ Validar com a equipe se há necessidade de ações adicionais. ➤ Realizar alterações nos procedimentos e instruções de trabalho. ➤ Formalizar o término do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Normas e Procedimentos ➤ Auditoria ➤ Business Process Management ➤ Plano de Controle - Poka-Yoke ➤ CEP - Visual Aids ➤ TPM - Procedimento Padrão ➤ 5S 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ O que esta sendo feito para garantir que as melhorias vão se manter ao longo do tempo? ➤ Quais os próximos projetos a serem desenvolvidos?