

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ROBERTO RAMOS DE MORAIS

**MODELAGEM PARA ESTUDO DO
COMPORTAMENTO DOS ELOS DA
CADEIA DE SUPRIMENTOS**

São Paulo
2004

ROBERTO RAMOS DE MORAIS

**MODELAGEM PARA ESTUDO DO
COMPORTAMENTO DOS ELOS DA
CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
a obtenção do grau de Mestre
em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Nilton
Nunes Toledo

São Paulo
2004

Ficha Catalográfica

Morais, Roberto Ramos de

Modelagem para Estudo do Comportamento dos Elos da Cadeia de Suprimentos – São Paulo, São Paulo, 2004. 163 p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Produção.

1. Suprimentos

I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção. II.t

A Rosana e Alexandre, que sempre estão ao meu lado.

Agradecimentos

Ao professor Nilton Toledo pela orientação e incentivo.

Aos amigos Carlos Alberto Pellegrini, Luiz Attard e Laércio Sanchez Bandeira que tanto contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Com a globalização e necessidade de aumento de competitividade, as empresas preocupam-se cada vez mais com seus desempenhos. Muito se discutiu sobre a necessidade de um relacionamento mais profundo entre os elos da cadeia de suprimentos para a melhoria global. A administração integrada de estoques surge como um dos pontos centrais desta visão, mas nem sempre é feita dentro das práticas defendidas.

Assim, este trabalho procura verificar o comportamento dos estoques de matérias-primas através do uso de dinâmica de sistemas, utilizando-se uma empresa de manufatura pertencente às cadeias automobilística e eletro-eletrônica.

O método de pesquisa foi hipotético-dedutivo, com abordagem qualitativa e o procedimento foi o de estudo de caso único. As técnicas foram entrevistas semi-estruturadas e observação direta.

Com a revisão bibliográfica e dados empíricos, criou-se um modelo que permite verificar a interação entre as diversas variáveis que afetam o comportamento do estoque e verificar seu desempenho através de medidas pré-estabelecidas.

Abstract

With the globalization and need of increase of competitiveness, the companies worry more and more about their acting. It was discussed a lot about the need of a deeper relationship among the links of the supply chains for the global improvement. The integrated administration of inventories appears as one of the central points of this vision, but not always it is done inside of the protected practices.

Like this, this work search to verify the behavior of the stocks of raw materials through the use of dynamics of systems, being used a manufacture company belonging to the automobile and electro-electronic chains.

The research method was hypothetical-deductive, with qualitative approach and the procedure was it of study of only case. The techniques form semi-structured interviews and direct observation. With the bibliographical revision and empiric data, he/she grew up a model to allow to verify the interaction among the several variables that affect the behavior of the stock and to verify its acting through pre-established measures.

Sumário

Agradecimentos	
Resumo	
Abstract	
Sumário	
Lista de Figuras	
Lista de Tabelas	
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Justificativa	2
1.4 Estrutura do Trabalho	3
CAPÍTULO 2.....	4
2.1 Definições	4
2.2 Evolução: do Gerenciamento de Materiais à Cadeia de Suprimentos .	7
2.3 Panorama da Cadeia de Suprimentos no Brasil	10
2.4 Desempenho	13
2.5 Elos	20
2.6 Identificação das Atividades de Valor	28
2.7 Medidas de desempenho da cadeia de suprimentos	31
2.7.1 Medidas de Serviço	31
2.7.2 Medidas de Estoque	32
2.7.2.1 Perdas Compensatórias.....	34
2.7.3 Medidas de Rapidez.....	35

2.8	Outras Medidas Tradicionais	37
2.8.1	Medidas de desempenho qualitativas	38
2.8.2	Medidas de desempenho quantitativas.....	39
2.9	Um novo método de medida.....	40
2.9.1	Grau de Utilização de Tecnologias de Informação	41
2.10	Escolhas de Estratégias	42
CAPÍTULO 3.....		45
3.1	Modelagem	45
3.2	Montagem de modelos de cadeia de Suprimentos	48
3.2.1	Adiamento do produto	49
3.2.2.	Distorção de demanda e amplificação de variação	49
3.2.3	Confiabilidade dos elos.....	53
3.2.3.1	Falhas conforme distribuição normal	56
3.2.4	Classificação da Cadeia de Suprimentos	62
3.3	Gerenciamento de Sistemas.....	63
3.4	Dinâmica de Sistemas	67
3.4.1	Variáveis, parâmetros e fronteiras de sistemas.	73
3.4.2	Fronteiras do sistema.....	74
3.4.3	Setores do modelo	75
3.4.4	Iteração.....	75
3.4.5	Atrasos.....	76
3.5	Modelo de Forrester	77
3.5.1	Simbologia	79
3.6	Modelo	80

CAPÍTULO 4.....	83
4.1 Metodologia	83
4.2 Características da Pesquisa	83
4.3 Questão de Pesquisa.....	85
4.4 Conjunto de Proposições da Pesquisa	86
4.5 Proposta para Principais Pontos de Medida	90
4.6 Seleção da Abordagem e do Método de Pesquisa.....	91
4.7. Projeto de Pesquisa	94
4.8 Instrumentos de Pesquisa.....	95
4.9 Roteiro de Trabalho	96
CAPÍTULO 5.....	98
5.1. Estudo de Caso: A Cadeia de Suprimentos	98
5.2 Fluxos de Informações.....	99
5.3. Árvore de Produtos.....	100
5.4 Modelo para a Cadeia com Utilização de Uma Matéria-Prima	102
5.5 Rodando o Modelo	105
5.5.1 Cenário Atual.....	105
5.5.1.1 Matéria-prima MP13	105
5.5.1.2 Matéria-prima MP1.....	109
5.5.2 Segundo Cenário	113
5.5.3 Terceiro Cenário	115
5.6 Verificando as hipóteses.....	117
Conclusão	119
6.1 Encaminhamentos futuros.....	128

ANEXOS	130
ANEXO A	131
ANEXO B	132
ANEXO C	133
ANEXO D	134
ANEXO E	135
ANEXO F	138
ANEXO G	141
ANEXO H	143
BIBLIOGRAFIA	145

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Comparativo de custos logísticos (Fonte Carillo – 2001).	11
Figura. 2.2 – Fluxos de informações e produtos (adaptado de Porter, 1989).	18
Figura 2.3 – Atividades da Cadeia de Valores (Adaptado de Porter, 1989) ..	23
Figura 2.4 – Inter-relacionamento entre cadeias de valores (adaptado de Porter, 1989)	28
Figura 2.5 – Forças que impactam a mudança e evolução do sistema de medida de desempenho. (adaptado de Waggoner et al., 1999)	30
Figura 2.6 – Visões de perdas compensatórias (adaptado de Hausman, 2000)	33
Figura 2.7 – Curva de perda compensatória para estoque e serviço (adaptado de Hausman, 2000)	34
Figura 2.8 – Tempo de espera (Hausmann, 2000)	37
Figura 3.1 – Processo da Cadeia de Suprimentos (adaptado de Beamon, 1998)	45
Figura 3.2. Esboço de um Modelo para Uso das Informações de um Sistema de Medição de Desempenho. (Martins, 1998).	47
Figura 3.3 – Sistema com componentes em série (adaptado de Meyer, 1993)	58
Figura 3.4 – Sistema com componentes em paralelo (adaptado de Meyer, 1993)	60
Figura 3.5 – Confiabilidades dos elos da cadeia.....	62
Figura 3.6 – Modelo de sistema simples. (Wild, 1977)	65

Figura 3.7 – Cadeia de Suprimentos de Forrester (adaptado de Forrester,1961).....	78
Figura 3.8 – Modelo de estoques de matéria-prima e produto acabado de uma indústria (adaptado de Forrester, 1961).....	81
Figura 5.1 – Curva ABC do consumo mensal de matéria-prima	98
Figura 5.2 – Fluxo de informação para cálculo e compra de matéria-prima.	100
Figura 5.3 – Modelo de estoque para uma matéria-prima e um produto acabado.....	103
Figura 5.4 – Previsão versus programação do produto final P2 para matéria-prima MP13	106
Figura 5.5 – Estoque de matéria-prima MP13.....	107
Figura 5.6 – Efeito chicote para matéria-prima para a matéria-prima MP13	108
Figura 5.7 – Previsão versus programação de P2 para matéria-prima MP1	110
Figura 5.8 – Estoque de matéria-prima MP1	111
Figura 5.9 – Efeito chicote para matéria-prima MP1.	112
Figura 5.10 – Estoque da matéria-prima MP13 após melhora do tempo de espera	114
Figura 5.11 – Índice do efeito chicote para a matéria-prima MP13 após melhora do tempo de espera	115
Figura 5.12 – Estoque da matéria-prima MP13 após diminuição dos níveis de estoque do fabricante.	116

Figura 5.13 – Índice do efeito chicote para a matéria-prima MP13 após diminuição do ponto de pedido do estoque de matéria-prima do fabricante.....	117
Figura 6.1 – Visão global e o ganho no modelo (adaptado de Hausmann, 2000).	124
Figura 6.2 – Diminuição dos tempos de espera e de utilização (adaptado de Hausmann, 2000).....	125
Figura 6.3 – Estrutura preliminar para um sistema de medida de cadeia de suprimentos (adaptado de Hoek,1998)	126

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Definições de logística	5
Tabela 2.2 – Eficácia logística. (Fonte Carillo, 2001)	12
Tabela 2.3 – Eficiência Logística (Fonte Carillo, 2001).....	13
Tabela 2.4 – Mudanças em organizações resultante de adoção de gerenciamento de cadeia de suprimentos (Hoek, 1998).....	15
Tabela 2.5 – Evolução no controle gerencial (adaptado de Hoek, 1998).	30
Tabela 2.6 – Medidas de Serviço a Cliente: Produção para Estoque versus Produção por Pedido. (Hausmann, 2000).....	31
Tabela 3.1 – Classificação dos modelos (adaptado de Beamon, 1998)	46
Tabela 3.2 – Medidas de desempenho em modelagem de cadeia de suprimentos (adaptado de Beamon, 1998).....	46
Tabela 3.3 – Variáveis de decisão para escolha de tipos de modelo (Adaptado de Beamon, 1998)	48
Tabela 3.4 – Fatores e Causas do efeito chicote (Adaptada de Lee, 1997) .	52
Tabela 3.5 – Notação para modelar sistemas (Wild, 1977)	66
Tabela 3.6 – Sete estruturas básicas para sistemas de operação (adaptado de Wild, 1977)	66
Tabela 3.7 – Símbolos para diagrama de Forrester (Forrester, 1961).	79
Tabela 4.1 – Critérios para escolha da Abordagem da Pesquisa (Martins, 1998)	92
Tabela 4.2 – Critérios para Escolha do Método de Pesquisa. (Adaptado de Martins, 1998)	92

Tabela 4.3 – Características das medidas a serem executadas (Keebler et al, 2000).	96
Tabela 5.1 – Árvore de produtos da empresa	101
Tabela 5.2 – Políticas de estoque para matérias-primas.....	102
Tabela 5.3 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante.....	109
Tabela 5.4 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP1 e do fabricante.....	113
Tabela 5.5 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante, após melhoria no tempo de espera do fornecedor	113
Tabela 5.6 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante, após diminuição nos níveis de estoque de matéria-prima do fabricante.....	115

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

Com a globalização surgem tanto oportunidades quanto desafios, forçando as empresas a procurar melhorias, não apenas para competir e prosperar, mas para sobreviver.

A habilidade de responder questões sobre se as operações estão aumentando ou corroendo o valor da cadeia, se o serviço ao cliente está em um patamar satisfatório, ou sobre quais os impactos das ações e decisões tomadas ao longo da cadeia de suprimentos, depende de como se mede o desempenho global da cadeia de suprimentos.

Cadeias de suprimentos modernas são altamente complexas e dinâmicas. Elas são caracterizadas por trocas constantes de relacionamentos e configurações, e sustentam uma proliferação de itens individuais¹; elas usam uma mistura de técnicas de manufatura (produzir para estoque, produzir conforme pedido, fluxo) para atenderem pedidos, e envolvem organizações múltiplas.

Além disso, a emergência da Internet como uma nova tecnologia capaz de aumentar o número de interações com clientes e configurações de produtos apresenta maiores demandas em administração e desempenho da cadeia de suprimento. A meta final é medir a satisfação do cliente: a capacidade de atender pedidos de clientes por produtos e serviços personalizados mais rápida e eficientemente que a competição. É crítico, por isso, focar a administração do desempenho da cadeia de suprimentos como um todo integrado, em vez de uma coleção de processos ou companhias separadas.

Por anos, pesquisadores e especialistas investigaram os vários processos dentro das cadeias de suprimento de manufatura individualmente. Recentemente, entretanto, tem aumentado a atenção colocada no desempenho, projeto, e análise da cadeia de suprimento como um todo.

¹ Unidades para armazenamento em estoques, ou “Stock Keeping Units” – SKU’s: para a gestão de estoques e os sistemas de identificação, SKU representa a menor unidade de venda e de registro nos sistemas de informações. (Gasnier, 2002).

Esta atenção é em grande parte um resultado do aumento dos custos de fabricação, da contratação de recursos de manufatura de base, dos ciclos de vida do produto encurtados, do nivelamento da operação mantido dentro da manufatura e da globalização de economias de mercado.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo a validação dos conceitos levantados na bibliografia especializada dos modelos baseados em dinâmica de sistemas que podem representar as cadeias de suprimentos de multi-estágio, utilizando-os na análise de uma cadeia.

Como objetivo secundário, busca uma agenda de pesquisa futura nesta área.

1.3 Justificativa

Para Hausman (2000), companhias devem focalizar em duas dimensões de desempenho para assegurar a integração da cadeia de suprimentos – multifuncional e multi-companhia. Cadeias de suprimentos se estendem sobre muitas funções em uma organização, por isso, é crítico que medidas de desempenho não sejam estreitamente definidas. Medidas unidimensionais como utilização de capacidade, giro de estoque ou custos de materiais conduzirão a uma figura distorcida do desempenho de uma firma. Desempenho acentuado em uma posição na cadeia não é suficiente para uma cadeia de suprimentos ter êxito se o restante da cadeia de suprimentos não está no mesmo nível. A cadeia de suprimentos é tão forte quanto seu elo mais fraco.

Para medir-se o desempenho na cadeia de suprimentos, onde o controle não é mais baseado somente no domínio, mas na rede através das interfaces entre os diversos elos (fornecedores, indústria, canais de distribuição, clientes), pode-se estar lidando com o imensurável.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em três partes:

- a. revisão da literatura técnica
- b. pesquisa de campo
- c. análises e conclusões.

A primeira parte é composta pelos capítulos 2 e 3 que traçam o quadro teórico utilizado na definição do problema e na busca da solução.

A segunda parte é composta pelos capítulos 4 e 5 que apresentam o procedimento de escolha do método de pesquisa, da abordagem, procedimentos e o estudo de caso.

A terceira parte apresenta as análises, conclusões e encaminhamentos futuros de pesquisa.

CAPÍTULO 2

2.1 Definições

A primeira definição que surge é a de logística, que varia ao longo do tempo e conforme a visão do autor. Algumas destas definições estão sintetizadas na tabela 2.1.

Slack et al. (1997) definem gestão de cadeia de suprimentos como “aquela que gerencia além das fronteiras da empresa”, englobando “a cadeia completa de suprimentos de matérias-primas, manufatura e distribuição ao consumidor final”.

Jayaram, Vickery e Droge (2000) definem cadeia de suprimentos como a integração de processos chaves do negócio, do consumidor final através dos fornecedores originais que fornecem produtos, serviços e informações que agregam valor ao cliente e outros participantes.

Para este trabalho, então, define-se cadeia de suprimentos como sendo o conjunto de atividades criadoras de valor desde as fontes de matérias-primas básicas, passando por fornecedores de componentes, até o produto final entregue ao cliente (processo de manufatura integrado). Assim, cadeia de suprimentos é um processo integrado onde várias entidades de negócio (isto é, fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejos) trabalham juntas em um esforço para:

1. Desenvolver fornecedores;
2. Adquirir matérias-primas;
3. Converter estas matérias-primas em produtos finais especificados;
e
4. Entregar estes produtos finais para o varejo. Esta cadeia está tradicionalmente caracterizada por um fluxo a jusante de materiais e um fluxo a montante de informação.

<i>Autor</i>	<i>Definição</i>
Bowerson (1989)	Definição dos gregos: “É a ciência do raciocínio correto que utiliza meios matemáticos”.
Colin e Porras (1996)	“Logística é a movimentação e manutenção de mercadorias do ponto de produção ao ponto de consumo ou de utilização”.(American Marketing Association – 1948)
Plowman (1964)	“Atingir a coordenação ótima do fluxo de entrada de material, estoque de matéria-prima, desempenho de atividades durante o processo e de embalagem, armazenamento e do fluxo da saída do material”.
Gattorna (1994)	“Logística é definida como o processo de gerir estrategicamente a aquisição, movimentação e estocagem de materiais, partes e produtos acabados (com os correspondentes fluxos de informações) através da organização e de seus canais de marketing, para satisfazer as ordens da forma mais efetiva em custos”.
Moeller (1994)	“Assegurar a disponibilidade do produto certo, na quantidade certa, em condições adequadas, no local certo, no momento certo, para o cliente certo, no preço correto”.
Lambert e Stock (1993)	“Logística é o processo de planejar, implementar e controlar, com eficiência e a custos mínimos, o fluxo e a estocagem das matérias-primas, materiais em processo, produtos acabados e informações relacionadas, do ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de se adequar aos requisitos dos clientes”(Council of Logistics Management).
Bowersox e Closs (1996)	“Logística é definida como o processo de gerir estrategicamente a aquisição, movimentação e estocagem de materiais, partes e produtos acabados (com os correspondentes fluxos de informações) através da organização e de seus canais de marketing, para satisfazer as ordens da forma mais efetiva em custos”.
Novaes e Alvarenga (1997)	Divisão da logística em logística de suprimentos, logística no sistema industrial e logística de distribuição e marketing.
Christopher (1997)	“A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados através da organização, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos e baixo custo”.
North American Council of Logistics Management (CLM) (Ballou, 1999)	“Logística é o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento, eficiente e eficaz em termos de custo, de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes”.

Tabela 2.1 – Definições de logística

O interesse corrente buscou estender a cadeia de suprimento tradicional para incluir “logística reversa”, que inclui recuperação de produtos com o objetivo de reciclagem, remanufatura e reuso.

Em seu nível mais alto, Hausman (2000) coloca que uma cadeia de suprimentos é composta de dois processos básicos e integrados:

1. O processo de planejamento de produção, aquisição, armazenagem e controle de estoques, e
2. O processo de distribuição e roteirização.

O processo de planejamento de produção, aquisição, armazenagem e controle de estoques abrange os sub-processos de fabricação e de armazenagem, e suas interfaces. Mais especificamente, planejamento de produção descreve o projeto e administração do processo completo de fabricação (incluindo planejamento de matéria-prima e aquisição, projeto e planejamento do processo de fabricação, e projeto e controle da manipulação material).

Controle de estoque descreve o projeto e administração das políticas de armazenamento e procedimentos de matérias-primas, estoques de material em processo e, usualmente, produtos finais.

Os processos de distribuição e roteirização determinam como produtos são manipulados e transportados do armazém para varejos. Estes produtos podem ser transportados diretamente para varejos, ou podem, primeiramente, ser movidos para centros de distribuição, que, ao mesmo tempo, transporta produtos para o varejo. Este processo inclui a administração de estoques, transporte e entrega do produto final.

Estes processos interagem um com os outros para produzir uma cadeia de suprimentos integrada. O projeto e administração destes processos determinam a extensão na qual a cadeia de suprimentos funciona como uma unidade para atingir os objetivos de desempenho requeridos.

2.2 Evolução: do Gerenciamento de Materiais à Cadeia de Suprimentos

Merli (1994) traça um histórico da área de suprimentos conforme segue.

Nos anos 50 e 60, no pós-guerra, a estratégia da empresa era voltada para operações e organizações “tayloristas”, em um mercado insaturado, oferta menor que a demanda, onde a necessidade era definida por tecnólogos. Na produção, procurava-se maximizar os volumes produtivos, limitados apenas pela disponibilidade financeira para investimentos; eficiência produtiva, com especial atenção aos custos operacionais; e investimento em inovação tecnológica e de produto e na organização como forma de domínio de negócio. Com a intenção de proteger sua tecnologia, a empresa limitava os fornecedores a materiais disponíveis no mercado ou a serviços mais simples. Com o fornecedor dependente tecnológica e economicamente do cliente, procurava-se sempre o menor preço e pressionava-se a contínua redução de custos, incluindo-se a análise de fazer ou comprar (“make or buy”). Cada fornecedor deveria ser explorado ao máximo, preferindo-se fornecedores subordinados e controláveis. Informavam-se apenas prazos de entrega e especificações, e não sobre aplicação. Não se estabeleciam vínculos com fornecedores sobre volumes, preços e continuidade por reduzir o poder de compra, fazendo-se concorrências a cada compra.

Empresas mercadológicas, com estratégias voltadas para o mercado, surgiram no final dos anos 60 e início dos anos 70. O mercado tornou-se saturado, mas não maduro e iniciou-se a internacionalização das empresas, estando voltadas para encontrar oportunidades de mercado, sendo a força de vendas preponderante. A organização continuava “taylorista”. Procurava-se oferecer produtos diversificados e adequados à necessidade. Com a estratégia de divisão empresarial em unidades de negócios, descentralizaram-se as produções a terceiros, reduzindo os próprios custos fixos e os riscos de investimentos. Com a necessidade de controlar custos de produção que agora, em boa parte, não são mais administrados

diretamente por ser custo de compra e repor com rapidez produtos no mercado, optou-se por ter vários fornecedores alternativos, mantendo os custos baixos através de concorrências e dividindo-se a compra de um item entre dois ou três fornecedores, simultaneamente. Fornecedores eram descartáveis e procuravam-se fornecedores novos, dispostos a assumir custos para garantir contratos. Compravam-se lotes individuais, sem garantias de fornecimentos posteriores, sendo rotatividade e reciclagem consideradas saudáveis, a concorrência era livre e continuava-se a informar apenas especificações, mas não funções.

Os japoneses nos anos 70 surgiram com empresas comprometidas com melhoria contínua, cujo objetivo fundamental é a satisfação do cliente, conceituando qualidade como adequação ao uso. A avaliação do grau de satisfação do cliente e passar o feedback à empresa que age sobre os processos são o fundamento da Qualidade Total, que aplicada ao desempenho de serviços e produtividade origina o Just-in-time (JIT)². Ao contrário do Ocidente, o sistema organizacional é baseado em processos, e não em produtos. Há inter-relacionamento entre as diversas entidades através de uma rede operacional que é acionada conforme exigências ou circunstâncias. O mercado em que atua é maduro, sendo o cliente exigente. Na indústria, há o máximo envolvimento dos funcionários na melhoria contínua de processos. Há a descentralização do volume de produção de partes/itens, eventualmente a inteira responsabilidade de projeto e produção. Criou-se uma forte relação com um número limitado de fornecedores, após uma seleção, dentro de uma estratégia JIT. Formam-se parcerias de estudos com fornecedores capazes de gerar economias a longo prazo. A integração de sistemas administrativos e operacionais torna-se comum, comportando-se o fornecedor muitas vezes como um setor da empresa com razão social diferente. Com os fornecedores “importantes” as relações são de longo prazo, com controle e ajuda para seu desenvolvimento. O fornecedor tem pleno conhecimento da aplicação, passando a atender à conformidade ao

² Abordagem disciplinada, que visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios (Slack et al, 1997).

uso, e não às especificações. O fornecimento é sincronizado com a produção do cliente (“puxar”).

Nos anos 80 e 90 surge o modelo de empreendimento, com empresas do tipo mundial, sintetizando as culturas ocidentais (orientada para o mercado) e oriental (orientada para processos). É uma estratégia que procura a satisfação do cliente, utilizando cadeias de clientes-fornecedores que determinam o valor do negócio através da validade estratégica e operacional de cada elo da cadeia. O mercado é maduro e abundante, há a globalização de negócios e uma forte competição. O quadro econômico é turbulento. Os produtos precisam ser personalizados e passíveis de rápidas adaptações e mudanças. O relacionamento com os fornecedores é o ponto de partida para estratégias industriais. Há a verticalização do negócio com redes logísticas que integram clientes e fornecedores. Parceria no negócio evolui para uma co-administração do processo que gera negócio com pequeno número de fornecedores que são de confiança, com drástica redução dos custos. Não há mudança fácil de fornecedor e o sistema de qualificação é global.

Conforme Porter (1989), as relações entre a forma como uma atividade de valor é executada e o custo ou desempenho de outra são denominadas elos. Existem elos também entre as cadeias de valores da empresa e de seus fornecedores, pois a maneira como as atividades dos fornecedores são executadas afeta o custo ou o desempenho da empresa, e vice-versa. As atividades de aquisição e logística interna de uma empresa interagem com o sistema de entrada de pedidos de um fornecedor, ao passo que o pessoal de engenharia de aplicações de um fornecedor trabalha com as atividades de desenvolvimento de tecnologia e de fabricação. As características do produto de um fornecedor e seus outros pontos de contato com a cadeia de valores de uma empresa podem afetar o custo de diferenciação de uma empresa. Remessas freqüentes do fornecedor (JIT) podem reduzir as necessidades de estoque de uma empresa, a embalagem apropriada reduz o custo de manuseio, a inspeção de chegada pela empresa (qualidade assegurada), programação de pagamentos de fornecedores. Tempos são

fontes de vantagem competitiva nos quais os fornecedores têm grande influência: tempo de desenvolvimento e locação de produção de novos produtos (“time to market”); tempo de início de produção (“start-up”); tempo de produção (“lead time”); tempo de mudança de produção (“set-up”); tempo de distribuição e de informações. Tecnologias de informação como EDI (Eletronic Data Interchange – troca eletrônica de dados), CRM (Customer Relationship Management – Gestão do relacionamento com clientes), ERP (Enterprise Resources Planning – Planejamento de recursos do empreendimento) contribuem para que estes tempos diminuam consideravelmente.

2.3 Panorama da Cadeia de Suprimentos no Brasil

Para Gasnier (2002), o presente momento de inovações tecnológica e organizacional, combinado à crescente integração aos mercados externos e à necessidade de competição com produtos importados fez com que as empresas buscassem uma série de novas características como as relacionadas a seguir:

- Diversificação dos modelos de produtos;
- Redução de tempo de lançamento de novos produtos;
- Redução dos tempos de projeto e de fabricação;
- Redução dos estoques;
- Retomada / ampliação do controle gerencial sobre a produção;
- Aumento da qualidade dos produtos e do processo;
- Aumento da produtividade.

Para obter as características acima listadas, além do processo de automação ocorrido nas fábricas brasileiras, as empresas investiram e investem na informatização de suas atividades administrativas e nos seus sistemas de informação. Estes últimos vêm sendo usados como elemento de apoio na condução dos negócios, na integração de áreas produtivas e na

relação com fornecedores e clientes. No caso dos fornecedores, várias montadoras usam o *Electronic Data Interchange* (EDI) como um dos meios para viabilizar o fornecimento nos moldes do sistema *just-in-time* (JIT).

Em pesquisa sobre indicadores logísticos realizada por Carillo (2001), envolvendo empresas de diversos setores (alimentício, automobilístico e autopeças, bebidas e fumo, cerâmica e cimento, comércio atacadista e varejista, confecção, higiene e limpeza, informática, máquinas e equipamentos, metalurgias, química e petroquímica, serviço de transporte, têxtil, telecomunicações, outros) foram divididos em dois grupos: eficácia³ (atendimento ao cliente e foco interno) e eficiência⁴ (custos, produtividade⁵ e utilização de recursos).

O objetivo da pesquisa de Carillo (2001) é estabelecer uma referência ao mercado brasileiro (média). O custo logístico das empresas participantes da pesquisa representa 23% da receita líquida operacional (21% para a indústria e 27% para o comércio). Em comparação com a Europa (dados de 1997 da ELA – European Logistics Association) percebe-se grande diferença como demonstra a figura 2.1, havendo, assim, muito espaço para melhorias.

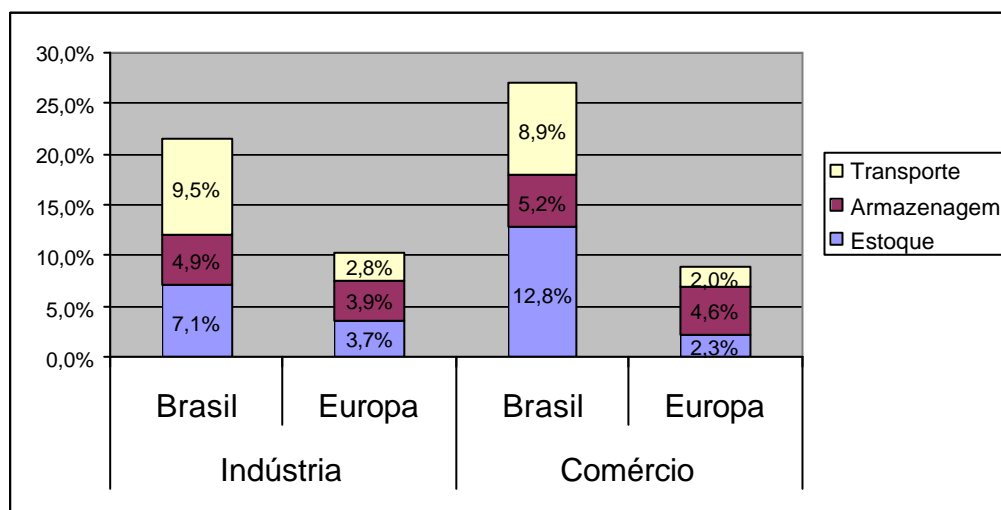


Figura 2.1 – Comparativo de custos logísticos (Fonte Carillo – 2001).

³ Fazer o que é preciso para alcançar determinado objetivo.

⁴ Relativo à forma de realizar tarefas (normas e procedimentos)

Conforme Hoek (1998b), companhias européias têm reconfigurado seus sistemas de suprimentos devido a:

- Unificação européia
- Globalização
- Aumento do consumo de clientes europeus
- Modernas tecnologias
- Centralização de estoques em Centros de distribuição, que atendem a vários países a partir de uma localidade
- Adiamento logístico⁶

A tabela 2.2 mostra os resultados dos índices de eficácia e eficiência. O indicador de acuracidade dos pedidos apresentou resultado médio de 80%, significando um erro de 2 pedidos em cada 10 processados.

Indicadores de Eficácia	
Atendimento ao cliente	
Reclamação de pedidos	4,5%
Entregas no prazo	91,8%
Avarias	5,0%
Retornos e devoluções	2,6%
Tempo de ciclo do pedido	12,7 dias
Acuracidade na previsão	59,6%
Acuracidade de pedido	80,1%
Lançamento de novos produtos (≤ 2 anos)	24,0%
Foco Interno	
Acuracidade do estoque	92,4%
Atendimento de pedidos	86,8%
Obsolescência do estoque	10,8%

Tabela 2.2 – Eficácia logística. (Fonte Carillo, 2001)

⁵ Relação entre produção física obtida em uma unidade de tempo por um dos fatores empregados na produção.

⁶ Adiamento Logístico (Logistics postponement) consiste na estocagem de produtos acabados em um limitado número de locais em antecipação aos pedidos dos clientes e embarcar produtos por pedido. Outra possibilidade é a estocagem de sub-conjuntos que só irão para o processo final de montagem e/ou manufatura após o recebimento do pedido do cliente. (Hoek – 1998b).

Indicadores de Eficiência	
Custos	
Custo de frete de distribuição	4,5%
Custo de frete de recebimento	3,4%
Custo de capital em estoque (matérias-primas, material em processo e produtos acabados)	9,7%
Custo do capital em estoque (matéria-prima)	2,5%
Custo do capital em estoque (materiais em processo)	2,3%
Custo do capital em estoque (produtos acabados)	4,8%
Custo de movimentação e armazenagem próprias	2,7%
Custo de movimentação e armazenagem com terceiros	2,4%
Produtividade	
Giro de estoque	19,2 giros/ano
Utilização de recursos	
Utilização do espaço de estocagem	77,6%
Fator de ocupação da frota de veículos industriais (empilhadeiras, etc)	73,7%
Fator de ocupação da frota (transporte)	78,9%

Tabela 2.3 – Eficiência Logística (Fonte Carillo, 2001)

2.4 Desempenho

Para alcançar o sucesso sustentável de negócio, devem-se utilizar medidas de desempenho relevantes à atividade do negócio.

Neely (1999) relaciona as críticas às medidas financeiras tradicionais de desempenho:

- Encoraja a visão de curto prazo;
- Falta de foco estratégico e falha em fornecer dados sobre qualidade, rapidez de resposta e flexibilidade;
- Encoraja otimização local;
- Encoraja gerentes a minimizar as variâncias em relação ao padrão em vez de melhorar continuamente;
- Falha ao fornecer informações sobre o que os clientes querem e qual o desempenho dos concorrentes.

Prossegue relacionando as razões pelo aumento de interesse em outros tipos de medidas nos últimos tempos:

- Mudança na natureza do trabalho: com a diminuição da participação da mão-de-obra na composição dos custos dos bens vendidos.
- Aumento da competição: transformação do local para o global.
- Iniciativas específicas de melhoria: TQM, manufatura classe mundial, etc.
- Prêmios nacionais e internacionais.
- Mudanças nos papéis organizacionais: maior participação das pessoas nos processos de tomada de decisão.
- Mudanças das demandas externas: alterações ou novas regulamentações por parte do poder público.
- Poder da tecnologia de informação: captação, armazenagem, transmissão e análise de dados, além de abrir novas oportunidades de negócios.

Hoek (1998) coloca que atividades que não estão sob o controle direto de uma companhia individual (manufatureira) têm de ser medidas e controladas (pela manufatureira e seus parceiros da cadeia de suprimentos), fazendo a cadeia de suprimentos transparente, a um nível não experimentado antes e liderando o caminho para aumentos de desempenho. O objetivo de todas as medidas deve ser claro e inequívoco. O sistema de medida deverá conter uma combinação de medidas chaves que permitirá a comparação entre as cadeias. As medidas de desempenho devem estar diretamente relacionadas às *metas estratégicas da cadeia*, utilizando a lista de fatores competitivos por ordem de importância e garantir a visibilidade dos resultados. O gerenciamento de cadeia de suprimentos é caracterizado pelo controle da rede e integração de processos através de interfaces funcionais, geográficas e organizacionais, indo, portanto, além das fronteiras da empresa. A perspectiva de gerenciamento da cadeia de valor é a visão

do consumidor final, cujo objetivo é a satisfação de necessidades. Este foco nas interfaces no processo operacional se opõe ao método tradicional de controle baseado no domínio e integração vertical com uma visão hierarquizada. A cadeia de suprimentos abrange numerosas conseqüências para cenários individuais de atividades de negócios, como atividades logísticas, tão bem quanto para a medida (agora horizontal e não vertical) e controle de atividades na cadeia de suprimentos. Os dados devem ser fáceis de coletar, armazenar e acessar.

A tabela 2.4 mostra um número destes desafios para a organização.

	<i>Tradicional</i>	<i>Cadeia de Suprimentos</i>
<i>Controle</i>	Baseado no Domínio	Baseado na rede
<i>Integração</i>	Vertical / hierárquico	Através das interfaces
<i>Logística</i>	Diminuição de custos	Agregar valor
<i>Unidade competitiva</i>	Companhias	Cadeia de suprimentos
<i>Base de autoridade</i>	Posição	Contribuição para competitividade
<i>Organização</i>	Estático	Parcial, temporal

Tabela 2.4 – Mudanças em organizações resultante de adoção de gerenciamento de cadeia de suprimentos (Hoek, 1998)

A otimização da cadeia de suprimentos é baseada na noção que a sub-otimização de um ponto na organização logística é permitida desde que contribua para a otimização total, ou seja, companhias individuais possam ter de sacrificar eficiências internas em favor da maior eficiência da cadeia. A questão é como dividir os ganhos da cadeia de suprimentos entre os seus participantes, quando pode não haver um participante principal na cadeia de suprimentos para determinar a divisão dos benefícios.

Direcionado pelo foco do cliente, a cadeia de suprimentos evolui de uma função de diminuição de custos para uma função de agregar valor, já que deve entregar valores aos clientes. Outro desafio para as organizações

é o foco dominante da estratégia competitiva. Companhias não são mais as unidades na batalha competitiva; cadeias de suprimentos competem entre si.

A complexidade, conforme Hoek (1998), resume-se em definir o que é a cadeia de suprimentos e pode resultar de:

- Cadeias de suprimentos consistem em múltiplas camadas de companhias.
- Companhias estão envolvidas em múltiplas cadeias de suprimentos e a rede, é, portanto, parcial.
- Como a integração não é mais baseada em grandes investimentos em integração vertical, mas em interfaces, a rede torna-se também temporal; barreiras de entradas e saídas são diminuídas, sendo que os investimentos de capital podem ser repartidos entre os participantes.
- O formato da cadeia de suprimentos é dinâmico, modificando-se o tempo todo.
- Nem todas as interfaces na cadeia de suprimentos merecem a mesma parcela de integração e coordenação próximas. Deve-se determinar a parcela de atenção de gerenciamento necessária para uma particular interface dependendo de vários fatores.

Em um método de cadeia de suprimentos esta noção é expandida através das interfaces funcionais, geográficas e organizacionais para um nível mais abrangente da cadeia. Conforme Porter (1989), existem quatro dimensões do escopo que afetam a cadeia de valores:

- *Escopo do Segmento:* As variedades de itens produzidos e de compradores atendidos podem resultar em uma vantagem competitiva do enfoque
- *Escopo Vertical.* Até onde as atividades são executadas internamente e não por empresas independentes. A integração vertical define a divisão de atividades entre uma empresa e seus fornecedores, canais e compradores podendo haver divisão de atividades de formas

diferentes. A integração vertical pode abranger produtos físicos e atividades. A cadeia de valores permite que uma empresa identifique com mais nitidez os benefícios em potencial da integração, apontando o papel dos elos verticais. A exploração dos elos verticais não exige integração vertical, mas a integração pode às vezes permitir que os benefícios dos elos verticais sejam obtidos com mais facilidade.

- *Escopo Geográfico.* A variedade de regiões, países ou grupos de países em que uma empresa compete com uma estratégia coordenada. O escopo geográfico pode permitir que uma empresa compartilhe ou coordene atividades de valor empregadas para atender diferentes áreas geográficas. Podem existir custos de coordenação bem como diferenças entre regiões ou países que reduzem a vantagem do compartilhamento.
- *Escopo da Indústria.* A variedade de setores correlatos em que a empresa compete com uma estratégia coordenada. Inter-relações em potencial entre as cadeias de valores, necessárias para competir em indústrias relacionadas são comuns. Elas podem envolver qualquer atividade de valor, inclusive as atividades primárias (como *desenvolvimento do conjunto de tecnologia ou aquisição compartilhada de insumos comuns*). Inter-relações entre unidades empresariais são similares em conceito a inter-relações geográficas entre cadeias de valores. Inter-relações entre unidades empresariais podem reduzir o custo ou acentuar a diferenciação.

Um escopo amplo pode permitir que uma empresa explore os benefícios da execução interna de um maior número de atividades. Ele também pode permitir que a empresa explore inter-relações entre as cadeias de valores que atendem diferentes segmentos, áreas geográficas ou indústrias afins, através dos fluxos de produtos e/ou serviços e de informações entre os elos, como mostrado na figura 2.2.

Estas novas características de organizações têm seus efeitos na medida de desempenho das atividades da cadeia. Como afirmação geral,

medidas tradicionais podem não mais ser aplicadas e pode ser necessário criar novas medidas da cadeia de suprimentos logística de classe mundial.

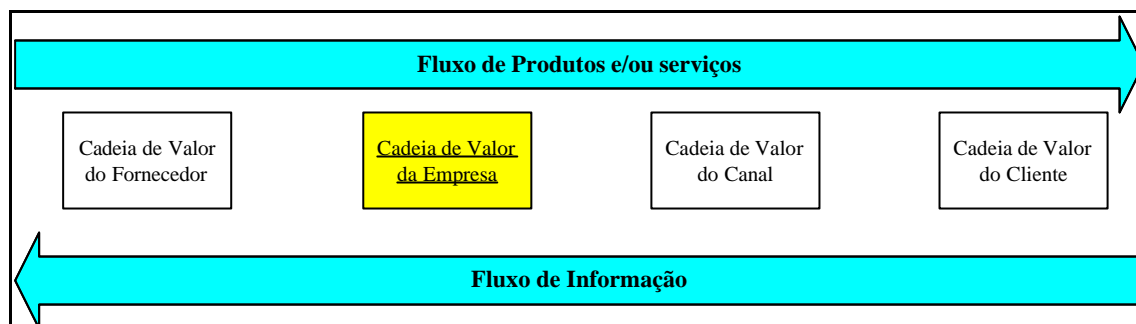


Figura. 2.2 – Fluxos de informações e produtos (adaptado de Porter, 1989).

Para Porter (1989), uma empresa diferencia-se da concorrência se puder ser singular em algo que seja valioso para os compradores. O ponto até o qual os concorrentes em uma indústria conseguem diferenciar-se um do outro também constitui um elemento importante da estrutura industrial.

A diferenciação permite que a empresa peça um preço-prêmio, venda um maior volume do seu produto por determinado preço ou obtenha benefícios equivalentes, como uma maior lealdade do comprador durante quedas cíclicas ou sazonais. A diferenciação resulta em desempenho superior se o preço-prêmio alcançado ultrapassar qualquer custo adicionado do fato de ser singular. A diferenciação de uma empresa pode agradar a um grupo amplo de compradores em uma indústria ou a apenas um subgrupo de compradores com necessidades particulares.

A diferenciação surge da cadeia de valores da empresa. Virtualmente, qualquer atividade de valor constitui uma fonte em potencial de singularidade. A aquisição de matérias-primas e de outros insumos pode afetar o desempenho do produto final e, portanto, a diferenciação.

Outros diferenciadores de sucesso criam singularidade através de outras atividades primárias e de apoio. Atividades de desenvolvimento de tecnologia podem resultar em projetos de produtos com desempenho singular do produto. As atividades de operações podem afetar formas de

singularidade como aparência do produto, conformidade com as especificações e confiabilidade.

Uma série de outros fatores diferenciadores pode resultar de um escopo competitivo amplo:

1. Habilidade para atender as necessidades dos compradores em qualquer parte;
2. Manutenção simplificada para o comprador, caso peças sobressalentes e filosofias sejam comuns para uma linha ampla;
3. Único ponto onde o comprador pode comprar;
4. Único ponto para prestar assistência técnica ao cliente;
5. Compatibilidade superior entre produtos.

A maioria destes benefícios exige consistência ou coordenação entre atividades se uma empresa quiser executá-los.

A diferenciação também pode originar-se a jusante. Os canais de uma empresa podem constituir uma fonte potente de singularidade, e podem melhorar sua reputação, seu serviço, o treinamento do cliente e diversos outros fatores.

As empresas podem aumentar o papel dos canais na diferenciação por meio de ações como as que se seguem:

1. Seleção de canais para alcançar consistência nas instalações, nas capacidades ou na imagem;
2. Estabelecer padrões e políticas para o modo como os canais devem operar;
3. Fornecer materiais de treinamento e publicidade para uso pelos canais;
4. Fornecer fundos de modo que os canais possam oferecer crédito.

As empresas confundem com frequência o conceito de qualidade com o de diferenciação. Embora a diferenciação envolva qualidade, ela constitui

um conceito muito mais amplo. As estratégias de diferenciação procuram criar valor para o comprador por toda a cadeia de valores.

2.5 Elos

Para Porter (1989) a singularidade de uma empresa em uma atividade de valor é determinada por uma série de condutores básicos, análogos aos condutores dos custos. Os condutores da singularidade são as razões subjacentes pelas quais uma atividade é singular. Sem executá-los, uma empresa não pode desenvolver inteiramente meios para a criação de novas formas de diferenciação ou para identificar o grau de sustentabilidade da diferenciação existente.

Em geral, a singularidade tem sua origem nos elos internos e externos explorados por uma cadeia de suprimentos. Os elos podem resultar em singularidade se o modo como uma atividade é executada afeta o desempenho da outra:

- *Elos Dentro da Cadeia de Valores.* A satisfação das necessidades do comprador quase sempre envolve a coordenação de atividades ligadas. Por exemplo, o tempo de entrega freqüentemente é determinado não apenas pela logística externa, mas também pela velocidade do processamento de pedidos e pela freqüência das visitas de vendas para obter pedidos. Satisfazer as necessidades do comprador pode exigir a otimização de atividades ligadas.
- *Elos com Fornecedores.* A diferenciação para satisfazer as necessidades do comprador também pode ser o resultado da coordenação com fornecedores, podendo reduzir o tempo de desenvolvimento de um novo modelo se os fornecedores trabalharem para produzir novas peças ao mesmo tempo em que uma empresa está completando o projeto do equipamento para fabricar o novo modelo.

- *Elos com Canais.* Coordenação com os canais ou uma otimização conjunta da divisão de atividades entre a empresa e os canais.
- *Oportunidade.* A diferenciação pode resultar do momento em que uma empresa começa a executar uma atividade. Sendo a primeira a adotar uma imagem do produto uma empresa pode evitar que outras façam isto, tornando-se singular.
- *Localização.*
- *Inter-relações.* A diferenciação de uma atividade de valor pode surgir de seu compartilhamento com unidades empresariais irmãs.
- *Aprendizagem e vazamento.* A diferenciação de uma atividade pode ser o resultado da aprendizagem sobre como executá-la da melhor maneira.
- *Integração.* A integração em novas atividades de valor pode tornar uma empresa singular porque ela fica em melhores condições de controlar o desempenho das atividades ou de executá-las com outras. A integração também pode fazer com que um maior número de atividades constitua fontes de diferenciação.
- *Escala.* Uma grande escala pode permitir que uma atividade seja executada de uma maneira diferenciada que seria impossível com um volume menor.
- *Fatores institucionais.* Fatores institucionais, tais como regulamentações governamentais, tributos, normas, podem desempenhar um papel, permitindo que uma empresa seja singular.

Os condutores da diferenciação variam para cada atividade e podem variar entre indústrias dentro da mesma atividade. Eles interagem para determinar até que ponto a atividade é singular. Uma empresa deve examinar cada uma de suas áreas de singularidade para ver que condutor ou condutores a fundamentam. Isto será crítico para sustentar a diferenciação, porque alguns condutores oferecem mais sustentabilidade do que outros. Pode ser mais fácil para a concorrência imitar escolhas de

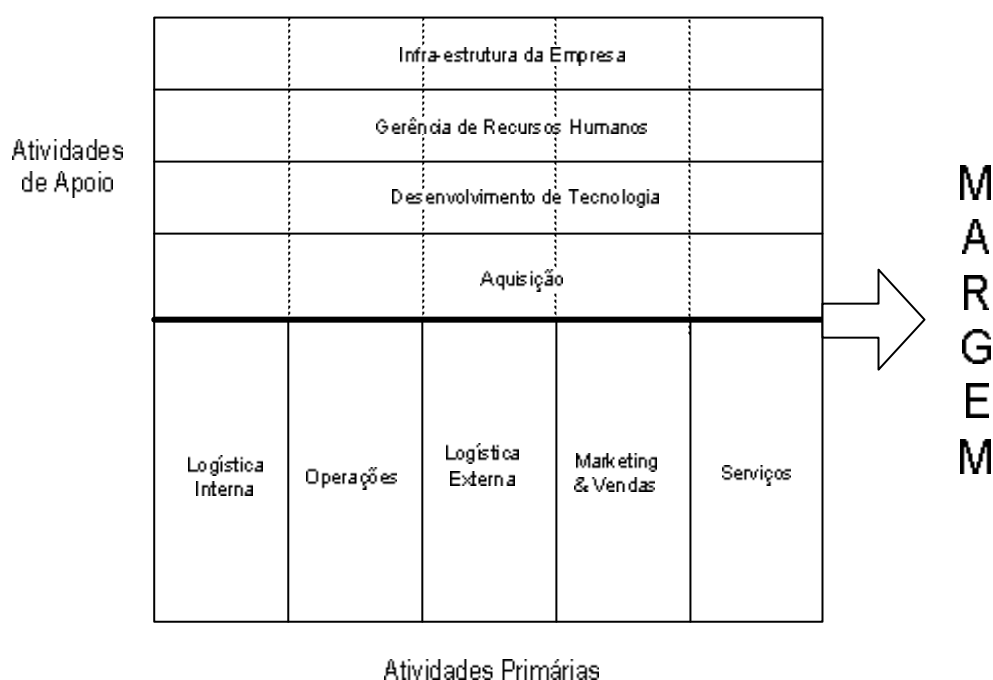
políticas do que a singularidade decorrente de inter-relações ou da exploração de elos, por exemplo. Uma compreensão daquilo que lhe permite ser singular também garantirá que uma empresa não mine as causas. Por fim, os condutores da singularidade podem sugerir novas fontes de diferenciação. Uma empresa precisa incorrer em custos para ser singular porque a singularidade exige que ela execute atividades de valor de uma melhor forma que a concorrência.

Uma empresa reduz o custo do comprador ou aumenta o desempenho deste através do impacto de sua cadeia de valores sobre a cadeia de valores do comprador. Uma empresa pode afetar a cadeia do comprador simplesmente fornecendo um insumo para uma atividade dele. Frequentemente, contudo, o produto de uma empresa terá impactos diretos e indiretos sobre a cadeia do comprador que extrapolam a atividade em que o produto é de fato usado. Uma empresa normalmente afeta o comprador não só por meio de seu produto, mas também por meio de atividades como o sistema logístico, o sistema de entrada de pedidos, a força de vendas e o grupo de engenharia de aplicações. Mesmo atividades que representam uma pequena fração do custo total podem ter um grande impacto sobre a diferenciação. Às vezes, o comprador tem contato individual com atividades de valor da empresa (por exemplo, a força de vendas), enquanto em outros casos o comprador só observa o resultado de um grupo de atividades (por exemplo, a entrega final dentro do prazo ou com atraso). Assim, o valor criado por uma empresa para seu comprador é determinado pelo conjunto total de elos entre a cadeia de valores da empresa e a cadeia de valores de seu comprador.

A cadeia de valores exibe o valor total, que consiste em *margem* e *atividades de valor*. As atividades de valor são as atividades física e tecnologicamente distintas, através das quais uma empresa cria um produto valioso para os seus compradores. A margem é a diferença entre o valor total e o custo coletivo da execução das atividades de valor. A margem pode ser medida de várias formas. As cadeias de valores do canal e do fornecedor também incluem uma margem cujo isolamento é importante para

a compreensão das fontes da posição de custo de uma empresa, pois as margens do canal e do fornecedor fazem parte do custo total arcado pelo comprador.

Cada atividade de valor emprega *insumos adquiridos*, *recursos humanos* (mão-de-obra e gerência) e alguma forma de *tecnologia* para executar sua função. Cada uma também utiliza e cria *informação*, como dados do comprador (entrada de pedidos), parâmetros de desempenho (testes) e estatísticas sobre falhas dos produtos.



- a. *Logística Interna*: recebimento, armazenamento e distribuição de insumos no produto (manuseio de material, armazenagem, controle de estoque, programação de frotas, veículos e devolução para fornecedores).
 - b. *Operações*: transformação dos insumos no produto final (trabalho com máquinas, embalagens, montagem, manutenção de equipamento, testes, impressão e operações de produção).
 - c. *Logística Externa*: coleta, armazenamento e distribuição física do produto para compradores (armazenagem de produtos acabados, manuseio de materiais, operação de veículos de entrega, processamento de pedidos e programação).
 - d. *Marketing e Vendas*: oferecer um meio pelo quais compradores possam comprar o produto e a induzi-los a fazer isto (propaganda, promoção, força de vendas, cotação, seleção de canal, relações com canais e fixação de preços).
 - e. *Serviço*: fornecimento de serviço para intensificar ou manter o valor do produto (instalação, conserto, treinamento, fornecimento de peças e ajuste do produto).
2. *Atividades de apoio*: sustentam as atividades primárias e a si mesmas, fornecendo insumos adquiridos, tecnologia, recursos humanos e várias funções ao âmbito da empresa. A gerência de recursos humanos, o desenvolvimento de tecnologia e a aquisição podem ser associados a atividades primárias além de apoiarem a cadeia inteira. A estrutura interna da empresa não está associada a atividades primárias particulares, mas apóia a cadeia inteira.
- a. *Aquisição*. Refere-se à função de compra de insumos empregados na cadeia de valor da empresa. Insumos adquiridos incluem matérias-primas, suprimentos e outros itens de consumo, bem como ativos, como máquinas, equipamento de laboratório,

equipamento de escritório e prédios. Embora estes insumos adquiridos estejam comumente associados a atividades primárias, eles estão presentes em cada atividade de valor, inclusive atividades de apoio. Pode ser dividida em atividades como qualificação de novos fornecedores, aquisição de grupos diferentes de insumos adquiridos, e supervisão contínua do desempenho dos fornecedores. Como todas as atividades de valor, a aquisição emprega uma “tecnologia”, como procedimento para lidar com vendedores, normas de qualificação e sistemas de informação. Considera-se, neste trabalho, que a aquisição está centralizada, sendo executada por um único setor. Uma determinada atividade de aquisição pode, em geral, ser associada a uma atividade de valor específica ou a atividades que ela apóia, embora normalmente um departamento de compras atenda muitas atividades de valor, e as políticas de compras apliquem-se a toda a empresa. Via de regra, o custo das atividades de compras propriamente dita representa uma parte pequena, senão insignificante, dos custos totais, mas tem, com freqüência, um grande impacto sobre o custo global da empresa e sobre a diferenciação. Práticas de compras melhores podem afetar intensamente o custo e a qualidade dos insumos adquiridos, bem como de outras atividades associadas ao recebimento e ao uso dos insumos, e a interação com fornecedores.

- b. *Desenvolvimento de Tecnologia.* Cada atividade de valor engloba tecnologia, seja *know-how*, procedimentos ou tecnologia envolvida no equipamento do processo. A variedade de tecnologias empregadas na maioria das empresas é muito ampla, variando daquelas tecnologias empregadas na preparação de documentos e no transporte de mercadorias até aquelas tecnologias envolvidas no próprio produto. Atividades distintas poderiam incluir projeto de componentes, projeto de características, testes de campo, engenharia de processo e seleção de tecnologia. Além disto, a

maioria das atividades de valor emprega uma tecnologia que combina uma série de sub-tecnologias diferentes envolvendo diferentes disciplinas científicas. A operação com máquinas, por exemplo, envolve metalurgia, eletrônica e mecânica. O desenvolvimento de tecnologia consiste em várias atividades que podem ser agrupadas, em termos gerais, em esforços para aperfeiçoar o produto e o processo. Porter (1980) denomina esta categoria de atividades de desenvolvimento de tecnologia, em vez de pesquisa e desenvolvimento, alegando que pesquisa e desenvolvimento (P&D) tem uma conotação demasiado limitada para a maioria dos gerentes. O desenvolvimento de tecnologia costuma estar associado ao departamento de engenharia ou ao grupo de desenvolvimento. Normalmente, contudo, ocorre em muitas partes de uma empresa, embora isto não seja explicitamente reconhecido. O desenvolvimento de tecnologia pode apoiar qualquer uma das numerosas tecnologias englobadas em atividades de valor, inclusive áreas como tecnologia de telecomunicações para o sistema de entrada de pedidos, ou automação do escritório para o departamento de contabilidade. Ele não se aplica apenas a tecnologias diretamente relacionadas ao produto final. O desenvolvimento de tecnologia também assume diversas formas, desde a pesquisa básica e o projeto do produto até pesquisa de mídia, projeto do equipamento de processo e procedimentos de atendimento. O desenvolvimento de tecnologia relacionado ao produto e a suas características apóia a cadeia inteira, enquanto outro desenvolvimento de tecnologia está associado a atividades primárias ou de apoio particulares.

- c. *Gerência de Recursos Humanos*. A gerência de recursos humanos consiste em atividades envolvidas no recrutamento, na contratação, no treinamento, no desenvolvimento e na compensação de todos os tipos de pessoal. A gerência de recursos humanos apóia as atividades primárias e de apoio (por

exemplo, contratação de engenheiros) e a cadeia de valores inteira (por exemplo, negociações trabalhistas). As atividades da gerência de recursos humanos ocorrem em diferentes partes de uma empresa, conforme outras atividades de apoio, e a dispersão destas atividades pode resultar em políticas inconsistentes. Além disso, os custos cumulativos da gerência de recursos humanos raramente são bem compreendidos assim como perdas compensatórias em diferentes custos da gerência de recursos humanos, como o salário comparado ao custo de recrutamento e treinamento devido à rotatividade. A gerência de recursos humanos afeta a vantagem competitiva em qualquer empresa, através de seu papel na determinação das qualificações e da motivação dos empregados e do custo da contratação e do treinamento. Em algumas indústrias, ela é a chave para a vantagem competitiva. O fato de se ter uma metodologia bem compreendida ao âmbito de toda a empresa não só torna todos os engajamentos mais efetivos, mas também facilita em muito o atendimento de clientes nacionais e multinacionais.

- d. *Infra-estrutura da Empresa.* A infra-estrutura da empresa consiste em uma série de atividades, incluindo gerência geral, planejamento, finanças, contabilidade, problemas jurídicos, questões governamentais e gerência de qualidade. A infra-estrutura, ao contrário de outras atividades de apoio, geralmente dá apoio à cadeia inteira, e não a atividades individuais. Dependendo de a empresa ser diversificada ou não, a sua infra-estrutura pode ser fechada ou dividida entre uma unidade empresarial e a corporação matriz. Em empresas diversificadas, as atividades da infra-estrutura são em geral divididas entre a unidade empresarial e os níveis da empresa. Muitas destas atividades ocorrem, contudo, em ambos os níveis. Algumas vezes, a infra-estrutura da empresa é encarada apenas como “despesa indireta”, mas pode ser uma poderosa fonte de vantagem

competitiva, assim como, sistemas de informações gerenciais apropriados podem prestar uma contribuição significativa para a posição dos custos, enquanto em algumas indústrias a alta gerência desempenha um papel vital no contato com o comprador.

As atividades de valor são, portanto, os blocos de construção distintos da vantagem competitiva. O modo como cada atividade é executada, combinada com sua economia, determinará se uma empresa tem custo alto ou baixo em relação à concorrência. O modo como cada atividade de valor é executada também irá determinar sua contribuição para as necessidades do comprador e, assim, para a diferenciação, assim como as atividades de uma cadeia de valor interagem com as atividades de outra cadeia de valor (figura 2.4). Uma comparação das cadeias de valores dos concorrentes expõe as diferenças que determinam a vantagem competitiva.

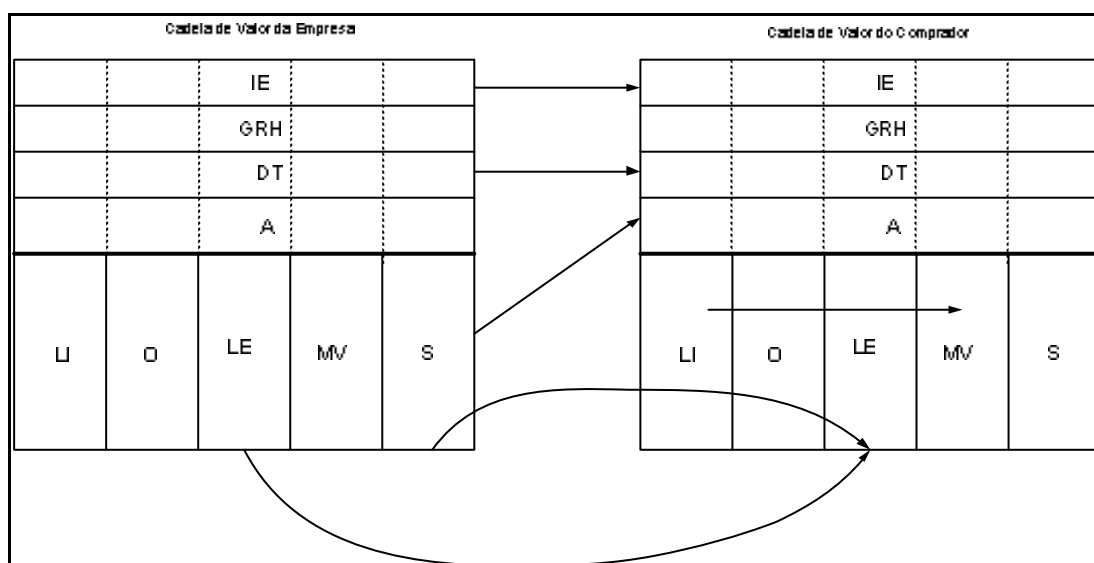


Figura 2.4 – Inter-relacionamento entre cadeias de valores (adaptado de Porter, 1989)

2.6 Identificação das Atividades de Valor

Conforme a concorrência na indústria intensificou-se, novas fontes de informação sobre os fatores-chave de sucesso e como podem ser medidos. Aceitavam-se demonstrativos financeiros e sistemas de custo-padrão como

produtores de informação, mas refletem decisões passadas, e não procedimentos necessários para a sobrevivência em ambientes altamente competitivos. As medidas não financeiras captam o progresso em passos para o sucesso. Shank e Govindarajan (1997) identificaram seis passos:

1. Um choque em seu ambiente operacional;
2. O antigo sistema de controle foi considerado inadequado;
3. Definição dos fatores críticos de sucesso;
4. Encontrar medidas de desempenho objetivas e quantificáveis;
5. Implementação; e
6. Avaliação do novo sistema de controle.

A identificação das atividades de valor exige o isolamento de atividades tecnológica e estrategicamente distintas. As atividades de valor e as classificações contábeis raramente são as mesmas. As classificações contábeis (por exemplo, encargos, despesas indiretas, mão-de-obra direta) agrupam atividades com tecnologias discrepantes, e separam custos que fazem parte da mesma atividade.

A integração da cadeia de suprimentos pode contribuir para o crescimento de participantes múltiplos e individuais na cadeia. É necessário identificar as forças que modelam a medida de performance. Waggoner et al. (1999) considera que há quatro categorias de forças (figura 2.5):

- influências internas;
- influências externas;
- resultados de processos e
- resultados de transformação.

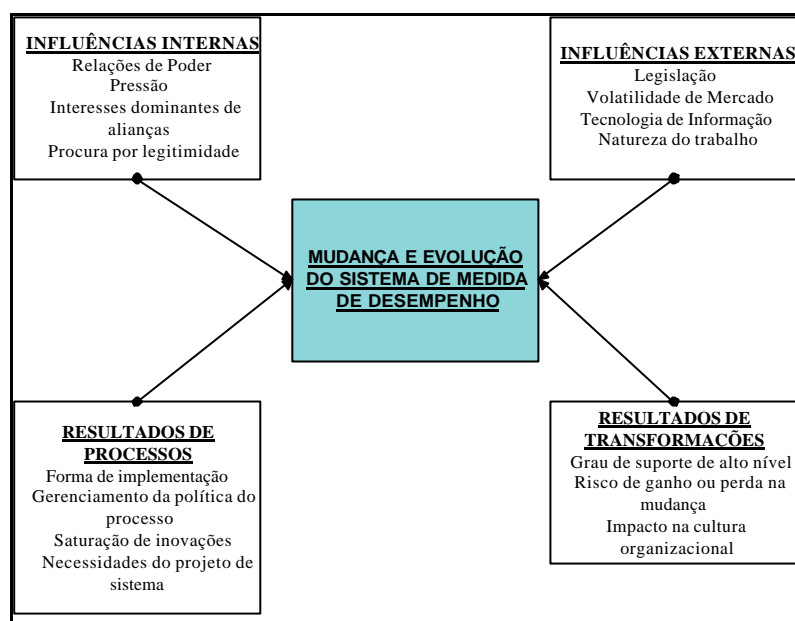


Figura 2.5 – Forças que impactam a mudança e evolução do sistema de medida de desempenho. (adaptado de Waggoner et al., 1999)

A necessidade de medidas de desempenho leva à sua melhoria e a afasta da tradicional administração passiva (figura 2.5). Usando informações em um método “feedforward” em oposição ao método “feedback”, pode ajudar a direcionar a atenção gerencial a áreas de melhoria estratégica. A atenção na medida de desempenho muda de curto para longo prazo. Finalmente, e mais relevante, salienta-se a necessidade de incluir toda a cadeia no sistema de medidas (medidas integradas).

	<i>Tradicional</i>	<i>Cadeia de Suprimentos</i>
<i>Método</i>	Administração passiva	Pró-ativa / aumento de desempenho
<i>Uso de informação</i>	Feedback	Feed forward
<i>Aplicação</i>	Operacional	Estratégica
<i>Espaço de tempo</i>	Curto prazo	Longo prazo
<i>Escopo</i>	Unidades (medidas parciais)	Cadeia completa (medida integrada)

Tabela 2.5 – Evolução no controle gerencial (adaptado de Hoek, 1998).

Pawar et al.(1999) dividiram as medidas em cinco categorias:

- Tempo: tempo normal para sub-objetivos contra o plano
- Custo: comparações; contagem de partes (entre modelos); custo de produto estimado como alvo
- Qualidade: lições de confiabilidade; taxas de falha interna e falhas do mercado
- Flexibilidade: número de partes únicas comparadas ao projeto prévio e comparado a outros produtos na faixa
- Gerenciamento: benefícios da colocação como um meio de organizar projetos

2.7 Medidas de desempenho da cadeia de suprimentos

2.7.1 Medidas de Serviço

A premissa básica para medidas de serviço é medir quão bem nós estamos servindo (ou não servindo) nossos clientes. Geralmente é difícil quantificar o custo de faltas ou entregas atrasadas, Hausman (2000), então, coloca alvos nas medidas de serviço a cliente. Também, a situação produzir para estoque difere da situação produzir por pedido; então, medidas relacionadas, mas diferentes são usadas nestes ambientes. A tabela 2.6 contém algumas medidas comuns de serviço usadas nestes dois ambientes. Estas são medidas testadas ao longo do tempo que continuam a ser valiosas para medidas de serviço a cliente na cadeia de suprimentos.

<i>Produção para Estoque</i>	<i>Produção por Pedido</i>
Taxa atendimento da Linha de Item	Tempo de Resposta ao Cliente (“lead time” padrão)
Taxa de pedidos com atendido completo	Percentagem de atendimento em tempo
Processo de Entrega em tempo	Processo de Entrega em tempo
Custo de devoluções / vendas perdidas	Custo de pedidos atrasados
Número de Devoluções	Número de Pedidos atrasados
Envelhecimento de devoluções	Envelhecimento de Pedidos atrasados

Tabela 2.6 – Medidas de Serviço a Cliente: Produção para Estoque versus Produção por Pedido. (Hausmann, 2000)

2.7.2 Medidas de Estoque

O principal capital envolvido em cadeias de suprimento são estoques ao longo da cadeia. As duas medidas geralmente usadas para estoque são:

- Valor monetário
- Tempo de suprimento ou giro de estoque

Estoque pode ser medido como um suprimento de tempo. Por este raciocínio, pode-se definir giro de estoque como a indicação da velocidade de renovação dos estoques dentro de um período definido, usualmente um ano (Gasnier, 2002):

$$\text{Giro} = \frac{\text{Total de Saídas do Estoque}}{\text{Estoque Médio}} \text{ (vezes/ano)}$$

Gasnier (2002) coloca, ainda, o conceito de cobertura como a disponibilidade expressa em termos de tempo, sendo matematicamente proporcional ao inverso do giro:

$$\text{Cobertura} = \frac{360}{\text{Giro}} \text{ (dias)}$$

Considera-se neste cálculo o ano fiscal.

As medidas de suprimento de tempo ou giro relacionam-se ao fluxo de estoque; o valor de estoque relaciona-se ao estoque com os ativos no balanço da firma.

Giros de estoque freqüentemente são calculados isoladamente, por contadores com acesso aos dados financeiros e de estoques, mas sem o correspondente acesso aos dados de serviço ao cliente. Usar alguma medida de estoque em isolamento é perigoso – em vez disso deveria ser avaliado em uma curva de perdas compensatórias como mostrado na figura

2.6. No primeiro gráfico desta figura temos uma visão míope, na qual a empresa foca apenas o seu próprio comportamento e o seu nível de estoque para atingir o nível de serviço mínimo.

No segundo gráfico, com uma visão global, pode-se comparar duas cadeias de suprimentos. Em uma das cadeias de suprimentos atinge-se o nível mínimo de serviço com menos estoque ao longo da cadeia do que a outra, denotando um desempenho melhor e custos menores.

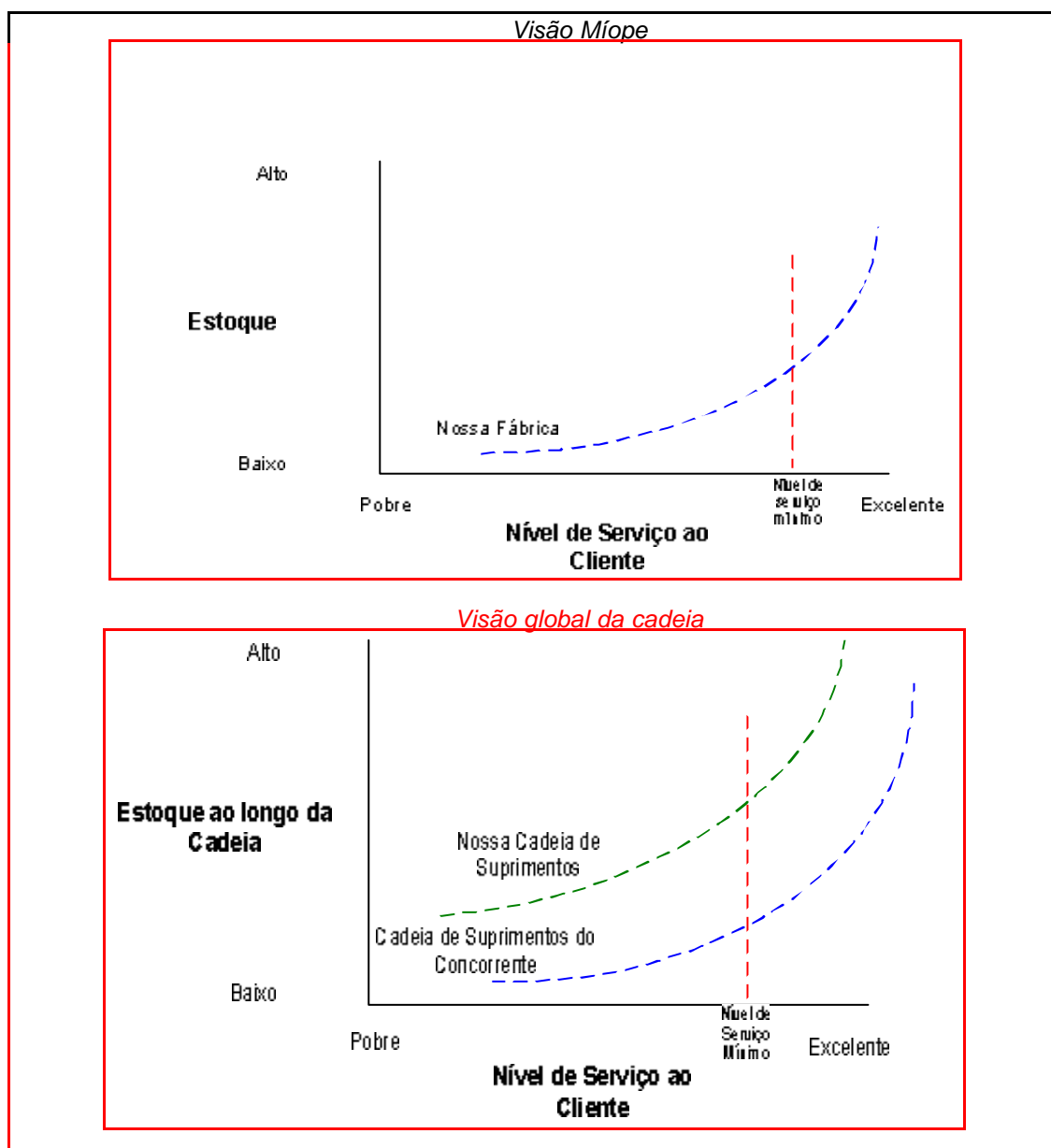


Figura 2.6 – Visões de perdas compensatórias (adaptado de Hausman, 2000)

2.7.2.1 Perdas Compensatórias

Negócios que usam medidas de desempenho multidimensionais devem reconhecer que nem todas as dimensões são igualmente importantes, e algumas compensações são necessárias. Compreender as perdas compensatórias e como resultado, saber como fixar prioridades e alvos é crucial.

Gasnier (2002) define as perdas compensatórias (“trade-offs”) como sendo um dilema no qual, ao optar-se por um caminho, abre-se mão de vantagens alternativas. Um exemplo importante é o equilíbrio entre nível de estoque e serviço a cliente como duas medidas de desempenhos distintas. A figura 2.7 ilustra uma perda compensatória. Em vez de medir estas quantidades separadamente e tendo suas administrações separadas, a curva mostra que por qualquer cadeia de suprimentos dada, há uma clara compensação entre estoque e serviço a cliente. Para uma dada estrutura e política de cadeia de suprimentos, o serviço ao cliente melhorará quanto mais estoque estiver disponível. Focalizar somente uma destas metas é contra-produtivo; negócios precisam considerar ambas as metas simultaneamente.

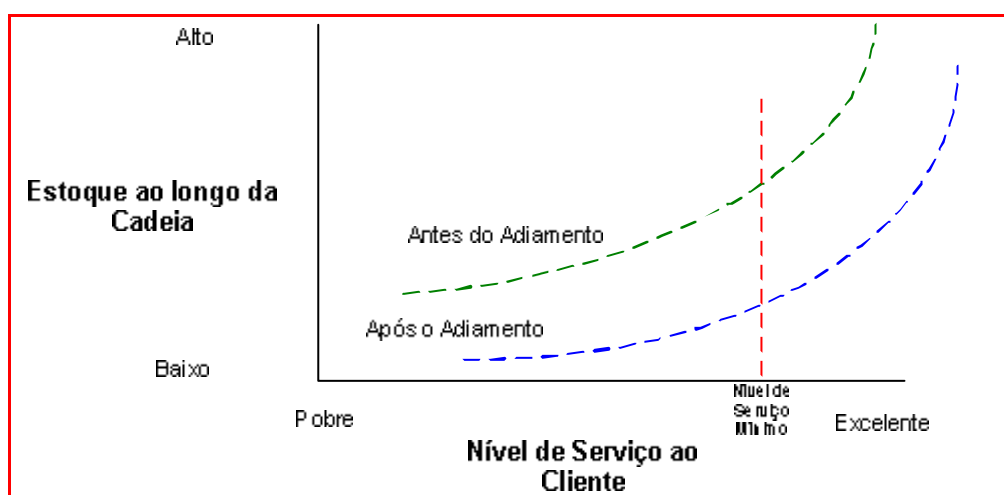


Figura 2.7 – Curva de perda compensatória para estoque e serviço (adaptado de Hausman, 2000)

A Internet terá um efeito fundamental em cadeias de suprimento. Capacitará uma colaboração muito mais rica, mais rápida e fácil através de diferentes parceiros na cadeia de suprimentos; melhorará o papel do cliente em desenvolvimento de produto e aumentará drasticamente a potencialidade por interação com o cliente; e simplificará a tarefa de implementar várias melhorias da cadeia de suprimento tal como gerenciamento de vendas-estoque.

O suprimento de tempo e valor monetário são medidas de comparação úteis em certas situações. A medida de tempo de suprimento capacita administradores a fazer comparações de níveis do estoque através de categorias, tal como diferentes linhas de negócio ou divisões, desde que os dados sejam ajustados para refletir a subjacente “taxa de corrida” do negócio. A medida de avaliação monetária é mais relevante, desde que meça fundos aplicados em estoque (capital trabalhado).

O suprimento de tempo de estoque pode ser grande, mas se o valor é relativamente baixo, não é de interesse principal.

Uma desagregação natural de estoque em um conjunto de manufatura relaciona-se ao tipo de estoque: matéria-prima, em processo, e produtos acabados. O perigo em usar estes como medidas separadas (em oposição a sua soma) é que a responsabilidade para eles vai diferir, e facilmente pode-se jogar mais para o fim de um período contábil. Então, no início do próximo período contábil, grandes volumes de matéria-prima são puxados para o nível de compras. Tal comportamento não é condizente com uma instalação de produção equilibrada.

2.7.3 Medidas de Rapidez

Há uma série de medidas relacionadas a tempo, velocidade, resposta e flexibilidade. Já se discutiu um: o tempo de resposta de cliente em um ambiente de produção por pedido. Outros são:

- Tempo de ciclo (fluxo) em um nó

- Tempo de ciclo na cadeia de suprimentos
- Ciclo de conversão de dinheiro
- Flexibilidade a montante

Conforme Hausman (2000), aproximadamente uma década atrás existia uma grande ênfase em redução de “ciclo de tempo” no setor industrial. Esta ênfase esteve e ainda está bem colocada, desde que a cadeia de suprimentos se beneficie da redução do tempo de fluxo: diminuindo o tempo de espera (“lead time”) e o nível de estoque em processo.

O ciclo de tempo da cadeia de suprimentos mede o tempo total que levaria para cumprir um novo pedido se todo o estoque a montante e interno estivessem a nível zero. É medido adicionando o “lead time” mais longo (gargalo) a cada estágio na cadeia de suprimentos.

O ciclo de conversão de dinheiro tenta medir a tempo transcorrido entre pagar nossos fornecedores de material e receber de nossos clientes. É calculado como segue, com todas as quantidades medidas em dias de suprimento:

$$\text{CCD} = \text{VE} + \text{CR} - \text{CP}$$

Onde:

CCD: Ciclo Conversão de dinheiro

VE: Valor do estoque

CR: Contas a receber

CP: Contas a pagar

Esta medida apropriadamente inclui contas a receber e contas a pagar desde que elas, em vez de estoque, possam alavancar melhores situações particulares.

2.8 Outras Medidas Tradicionais

Algumas medidas de manufatura tradicionais podem reforçar comportamento de acúmulo de estoques ou, caso contrário, ser um impedimento à integração da cadeia de suprimentos. O perigo aqui é não reconhecer que há sempre uma perda compensatória entre utilização da capacidade e resposta, já que qualquer variabilidade presente, ou no pedido/fluxo de demanda ou no tempo de processo, caso se carregasse uma instalação próxima de 100% de sua capacidade, a fila ou espera aumentaria exponencialmente (figura 2.8).

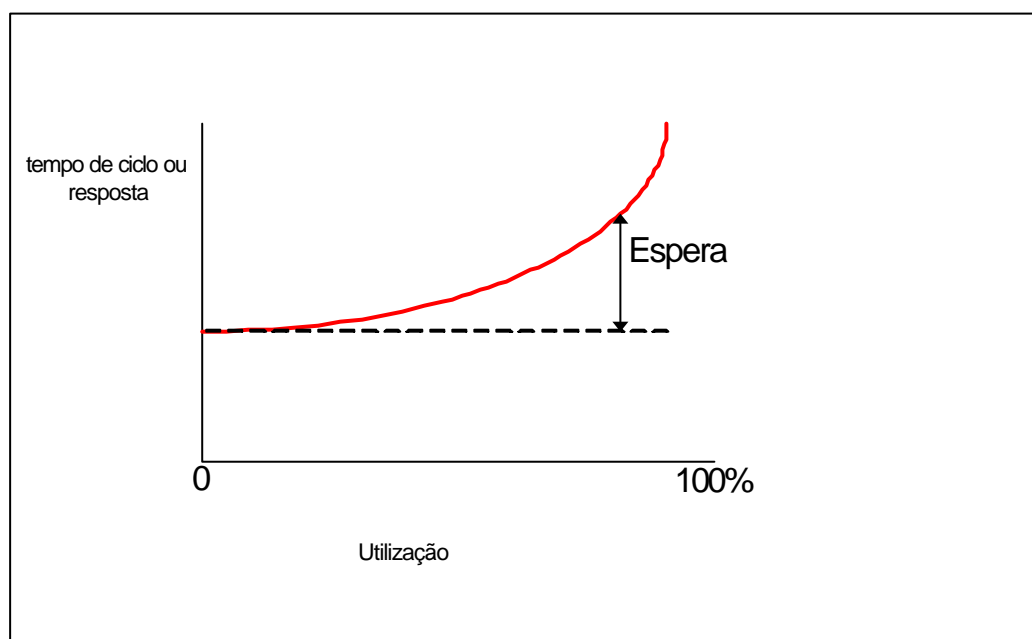


Figura 2.8 – Tempo de espera (Hausmann, 2000)

Um componente importante em projeto e análise da cadeia de suprimentos é o estabelecimento de medidas de desempenho apropriadas. Uma medida de desempenho, ou um conjunto de medidas de desempenho é usado para determinar a eficiência e/ou eficácia de um sistema existente, ou para comparar sistemas alternativos competindo. Medidas de desempenho também são usadas para projeto de sistemas, determinando os valores das variáveis de decisão que rendem o(s) nível(is) mais desejável(is) de

desempenho. Literatura disponível identifica um número de medidas de desempenho como importante na avaliação de eficácia e eficiência da cadeia de suprimentos. Estas medidas podem ser classificadas como qualitativas ou quantitativas.

2.8.1 Medidas de desempenho qualitativas

Medidas de desempenho qualitativas são medidas pelas quais não há uma medição numérica direta, embora alguns aspectos delas possam ser quantificados. Estes objetivos foram identificados como importantes:

1. *Satisfação do Cliente*: O grau em que clientes estão satisfeitos com o produto e/ou serviço recebido, e pode aplicar-se a clientes internos ou clientes externos. Satisfação do cliente é formada de três elementos (Beamon, 1998):
 - a. *Satisfação pré-transação*: satisfação associada com os elementos de serviço ocorrendo antes da compra do produto.
 - b. *Satisfação transacional*: Satisfação associada com os elementos de serviço diretamente envolvidos na distribuição física de produtos.
 - c. *Satisfação de pós-transação*: Satisfação associada com o suporte provido pelos produtos enquanto em uso.
2. *Flexibilidade*: O grau em que a cadeia de suprimentos pode responder a flutuações aleatórias no padrão de demanda.
3. *Integração dos fluxos de informação e de material*: a extensão na qual todas as funções dentro da cadeia de suprimentos transmitem informação e transportam materiais.
4. *Gerenciamento de riscos efetivos*: Todos os relacionamentos dentro da cadeia de suprimentos contêm riscos inerentes. Gerenciamento de risco eficaz descreve o grau a que os efeitos destes riscos são minimizados.

5. *Desempenho do fornecedor*: Com que consistência fornecedores entregam matérias-primas para instalações de produção a tempo e em bom estado.

2.8.2 Medidas de desempenho quantitativas

Medidas de desempenho quantitativas são aquelas medidas que podem diretamente ser descritas numericamente. Medidas de desempenho quantitativas da cadeia de suprimentos podem ser classificadas em:

1. *Objetivos que são baseados diretamente em custo ou lucro*
 - a. *Minimização de custo*: o objetivo mais largamente utilizado. Custo tipicamente é minimizado por uma cadeia de suprimentos global (soma custo), ou é minimizado por unidades de negócio particular ou estágios.
 - b. *Maximização de vendas*: maximiza a quantidade de dólares de vendas ou unidades vendidas.
 - c. *Maximização de lucros*: maximiza receitas menos custos.
 - d. *Minimização de investimento em estoques*: minimiza o montante de custos de estoques (incluindo custos de produto e de manutenção).
 - e. *Maximização do retorno do investimento*: maximiza a razão de lucro líquido pelo capital que foi empregado para produzir este lucro.
2. *Objetivos que são baseados em alguma medida de sensibilidade do cliente*.
 - a. *Maximização da taxa de atendimento*: maximizar a fração de pedidos do cliente atendida a tempo.
 - b. *Minimização de atraso produto*: minimizar a quantidade de tempo entre a data de entrega do produto prometida e a data de entrega atual do produto.

- c. *Minimização de tempo de resposta ao cliente*: minimizar a quantidade de tempo requerida do momento que uma ordem é colocada até o momento em que a ordem é recebida pelo cliente. Normalmente se refere a clientes externos somente.
- d. *Minimização do tempo de espera (“lead time”)*: minimizar a quantidade de tempo requerido do momento em que o produto começou sua fabricação até o momento em que está completamente processado.
- e. *Minimização da função duplicação*: minimizar o número de funções de negócio que são providos por mais de uma entidade de negócio.

2.9 Um novo método de medida

Diversos autores têm estudado medidas em cadeias de suprimentos, indicando que tipo específico de medidas usado para atividades logísticas diferem, dependendo do nível de medida (atividade, área funcional, entre funções ou entre organizações) e o contexto operacional. A medida na cadeia de suprimentos pode usar medidas integradas que são funções cruzadas e podem ser aplicadas a todo o processo, a fim de evitar otimização em um ponto na cadeia sem considerar conseqüências potenciais a outros pontos da mesma, como gargalos, faltas ou estoques intermediários. Desse modo causa alguma dificuldade na prática de sistemas de medida existentes como custo total e rentabilidade de produto, que estão focados em segmentos particulares da cadeia e não são focados ou intencionalmente utilizados em medidas amplas da cadeia (satisfação e serviço ao cliente; produtividade; aprendizado e inovação). Avaliar medidas integradas às vezes dificulta incorporar interfaces entre organizações, enquanto não há medidas endereçadas a uma combinação de medidas integradas e não-integradas. Esta combinação pode permitir um participante da cadeia de suprimentos a estimar a competitividade total da cadeia, usando medidas integradas, enquanto permite esforços de aumento do foco

em sua própria performance, baseada em medidas não-integradas. Sistemas modernos de medidas podem dar suporte a estratégias inovadoras como equipes de trabalho (“*teamwork*”) e medidas não financeiras, como tempos de espera, desenvolvimento de tecnologia, além de produtividade, devem ser utilizados como indicadores de performance. Tecnologias influenciam diretamente a qualidade e performance. Eles podem complementar medidas financeiras em métodos com avaliações de balanços. Sistemas ERP podem ser utilizados para este desenvolvimento.

2.9.1 Grau de Utilização de Tecnologias de Informação

A quantidade de informação recebida e/ou transmitida por sistema influencia os resultados globais da cadeia de suprimentos. Jayanth, Vickery e Droge (1999) consideram que tecnologia de informação é tipicamente usada para melhorar desempenho medido através das fronteiras e funções cruzadas. Introduzem o conceito de infra-estrutura de sistema de informação (ISI), que inclua tanto elementos de “hardware” quanto “software” que são dispostas para remover “sobras embutidas” na cadeia de suprimentos. Para diminuição de tempo sugerem algumas abordagens como simplificação, padronização, eliminação de atrasos, tempos de parada e gargalos, análise de valor e aceleração de operações através do uso de computadores.

O uso de computadores inclui:

- Projeto e engenharia auxiliados por computador, e manufatura auxiliada por computador (CAD/CAE E CAM) e
- Sistemas de planejamento de produção computadorizados

Ao lado da tecnologia de informação, há várias ferramentas de melhoria de processos que podem ser usadas para a redução do tempo de processamento. Jayanth, Vickery e Droge (1999) elegem três como as principais:

- Engenharia simultânea: envolve a superposição de atividades na escolha de produtos e processos, objetivando a redução de tempo de lançamento no mercado. Assegura o encontro entre requisitos de projeto e capacidade de processos, eliminando atrasos e gargalos.
- Padronização: uso de procedimentos, materiais, partes e/ou processos para projetar, manufaturar e distribuir um produto.
- Análise de valor: investigação sistemática de um produto para verificar como projeto ou materiais podem ser mudados para melhorar o desempenho do produto e/ou diminuir seu custo.

Na tabela 2.7 são relacionadas oito tecnologias de informação que, através de sistemas de informação, adicionam valor à cadeia de suprimentos.

Variável	Atividade dominante da cadeia de suprimentos
EDI	Cadeia de suprimentos completa
CAD/CAE	Projeto e manufatura de novos produtos
CAM	Projeto e manufatura de novos produtos
Robótica	Projeto e manufatura de novos produtos
Sistema de manufatura flexível (FMS)	Projeto e manufatura de novos produtos
Sistemas computadorizados de planejamento de produção	Planejar para aquisição, manufatura e distribuição
Manuseio automático de materiais	Distribuição e manufatura
Levantamento automático de dados	Aquisição, manufatura, controle de estoque, distribuição, suporte ao cliente

Tabela 2.7 – Tecnologias de informação (Jayanth, Vickery e Droge (1999))

2.10 Escolhas de Estratégias

As empresas fazem escolhas de políticas com relação às atividades a serem executadas e a como executá-las. Algumas escolhas de políticas comuns que resultam em singularidade incluem:

1. Desempenho e características do produto oferecido;

2. Serviços fornecidos (crédito, entrega ou conserto);
3. Intensidade de uma atividade adotada (índice de gastos com publicidade);
4. Conteúdo de uma atividade (informações fornecidas no processamento de pedidos);
5. Tecnologia empregada na execução de uma atividade (precisão das máquinas operatrizes, informatização do processamento de pedidos);
6. Qualidade dos insumos adquiridos para uma atividade;
7. Procedimentos que governam as ações do pessoal em uma atividade (procedimentos de serviço, natureza das visitas de vendas, frequência da inspeção ou da amostragem);
8. Especialização e nível de experiência do pessoal empregado em uma atividade, e treinamento oferecido;
9. Informações empregadas para controlar uma atividade (temperatura, pressão e variáveis usadas para controlar uma reação química).

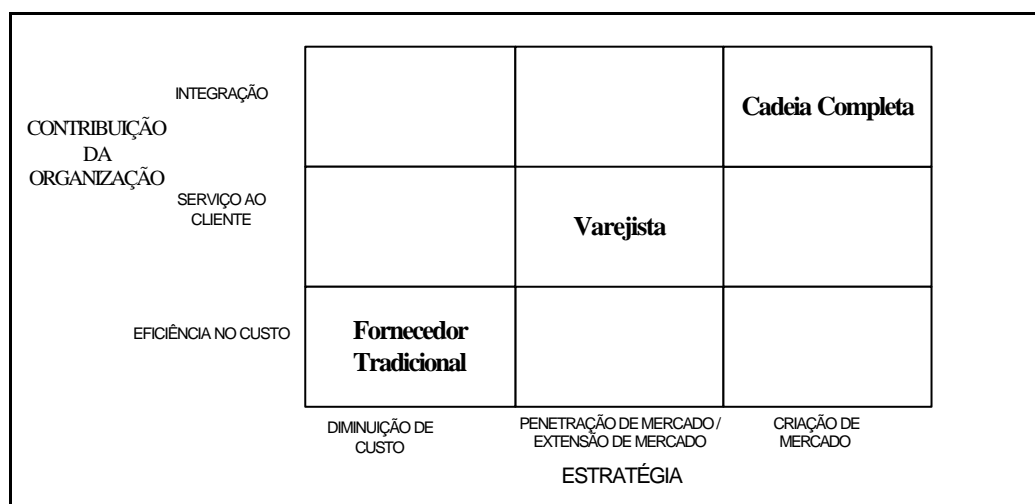


Figura 2.9 – Estrutura preliminar para um sistema de medida de cadeia de suprimentos (adaptado de Hoek, 1998)

Na figura 2.9 tem-se uma seleção de medidas relevantes e um método de medida, dependendo da estratégia e da contribuição operacional dos participantes na competitividade da cadeia de suprimentos. O eixo vertical reflete possíveis contribuições dos participantes da cadeia para a

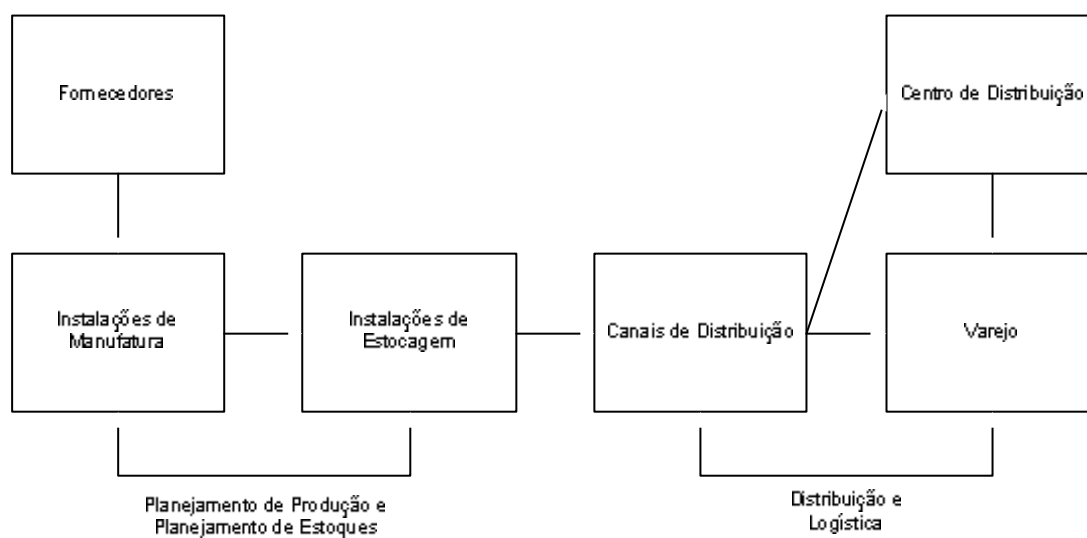
competitividade total da cadeia. Diminuição de custos, serviço ao cliente e integração total da cadeia são usados para refletir estratégias básicas para os participantes da cadeia. O eixo horizontal reflete o estágio de desenvolvimento da logística em uma organização, de logística como diminuidora de custos até logística como um conjunto de atividades que pode contribuir para criação de mercado.

Quando a logística é predominantemente usada como diminuidora de custos e a contribuição dos participantes é na área de custos, medidas relevantes podem ser partes por minuto, percentagem de custos logísticos como uma parte dos custos totais, como tradicionalmente usado por fornecedores. Um varejista que alcançou o segundo estágio de penetração de mercado / extensão de mercado e está focado no serviço de entrega ao cliente pode se beneficiar de um método de medida que usa tempos de resposta. Por fim, no campo superior direito, usa-se logística para criar novos mercados, baseado em formato inovador da cadeia de suprimentos e é focado em integração de toda a cadeia.

CAPÍTULO 3

3.1 Modelagem

A cadeia de suprimento da figura 3.1 consiste de cinco estágios: fornecedores, instalações de manufatura, instalações de estocagem, canais de distribuição e centro de distribuição/varejo . Nos casos incluídos aqui, o modelo abordado é direcionado pela natureza das entradas e o objetivo do estudo.



Modelos	Variáveis de decisão	Medidas de Desempenho
<i>Determinístico/ analítico</i>	Localização de Centro de distribuição/ cliente; Níveis de Estoque/ tamanho de pedido; Definição planta/ produto; Planejamento produção/ distribuição; relacionamento comprador/ fornecedor; Número de tipos de produtos mantidos em estoque	Custo; tempo de atividade; flexibilidade
<i>Estocástico/ analítico</i>	Níveis de Estoque/ tamanho de pedido; Número de estágios; Especificação/ diferenciação de produto	Custo; sensibilidade/ devolução de cliente
<i>Econômico</i>	Relacionamento Comprador/ fornecedor	Custo; sensibilidade/ devolução de cliente
<i>Simulação</i>	Níveis de Estoque/ tamanho de pedido; Número de estágios	Custo; sensibilidade/ devolução de cliente

Tabela 3.1 – Classificação dos modelos (adaptado de Beamon, 1998)

A tabela 3.2 identifica as medidas de desempenho que foram encontradas na literatura. Estas medidas e outras podem ser apropriadas para projeto e análise da cadeia de suprimentos.

Base	Ação	Medida de Desempenho
<i>Custo</i>	Minimizar	Custos
	Minimizar	Níveis de estoque médio
	Maximizar	Lucros
	Minimizar	Quantidade de estoque obsoleto
	Minimizar	Variação da demanda do produto ou aumento da demanda
	Maximizar	Benefícios comprador/fornecedor
	Minimizar	Dias de atividade e custo total
<i>Cliente</i>	Alcançar	Nível de serviço desejado (Taxa de satisfação)
<i>Sensibilidade</i>	Minimizar	Probabilidade de falta
<i>Flexibilidade</i>	Maximizar	Capacidade disponível do sistema

Tabela 3.2 – Medidas de desempenho em modelagem de cadeia de suprimentos (adaptado de Beamon, 1998)

A figura 3.2 ilustra o esboço de um modelo tendo como referências as variáveis independentes acima e o conjunto de proposições.

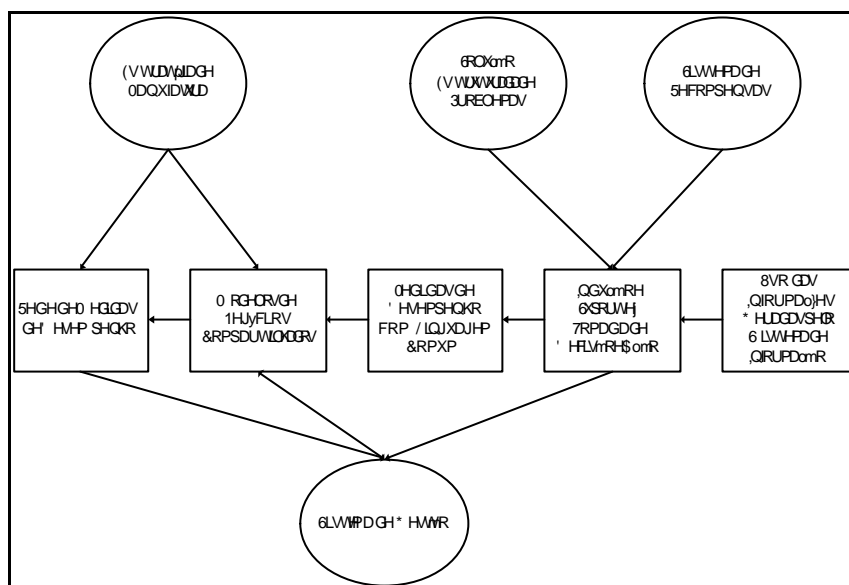


Figura 3.2. Esboço de um Modelo para Uso das Informações de um Sistema de Medição de Desempenho. (Martins, 1998).

Esse esboço de modelo é o ponto de partida, juntamente com a abordagem e o método de pesquisa, para o desenvolvimento dos instrumentos de pesquisa de campo para coleta de evidências suficientes para refutar, acrescentar ou manter partes do modelo. Mais especificamente, as questões da pesquisa que podem ser respondidas são:

1. Medidas de desempenho existentes são apropriadas para cadeia de suprimentos? É improvável que uma medida individual de desempenho será adequada para uma cadeia de suprimentos completa. É mais provável que um sistema ou função de medidas de desempenho será necessário para medição exata e inclusiva de sistemas de cadeia de suprimentos.
2. Quais são as medidas de desempenho apropriadas para cadeias de suprimento? Isto é, que tipo de medidas de desempenho ou sistemas

de medidas de desempenho são apropriadas para análise de desempenho da cadeia de suprimentos, e por que?

A tabela 3.3 indica que a maioria dos modelos utiliza nível de estoque como uma variável de decisão. Porém, como também indicado na tabela 3.3, há um número de outras variáveis de decisão (e outras possibilidades que ainda não tenham sido estudadas) que podem apropriadamente ser associadas a um sistema de medidas de desempenho composto de medidas catalogadas na tabela 3.3 e outras possibilidades que ainda não tenham sido estudadas. Assim, é necessário pesquisar sistemas de medidas de desempenho apropriados que associem a variáveis críticas de decisão da cadeia de suprimentos.

Variáveis de decisão	Tipos de Modelo			
	<i>Determinístico analítico</i>	<i>Estocástico analítico</i>	<i>Econômico</i>	<i>Simulação</i>
<i>Quantidades de Produção / distribuição</i>	X			
<i>Níveis de Estoque/ tamanho de pedido</i>	X	X		X
<i>Número de estágios</i>		X		X
<i>Atribuição CD-Cliente / Localização</i>	X			
<i>Relacionamento Comprador/ fornecedor</i>			X	
<i>Atribuição planta/ produto</i>	X			
<i>Especificação /diferenciação do produto</i>		X		
<i>Tipos de produtos mantidos em estoque</i>	X			

Tabela 3.3 – Variáveis de decisão para escolha de tipos de modelo (Adaptado de Beamon, 1998)

3.2 Montagem de modelos de cadeia de Suprimentos

Clark (1988) afirma que modelar requer a habilidade para pensar e para estruturar, habilidades que não são facilmente adquiridas.

Na modelagem de cadeia de suprimentos, há um número de montagens que está recebendo atenção crescente, como evidenciado por sua consideração prevalecente no trabalho revisto aqui. Estas montagens são:

- adiamento de produto,
- modelagem de cadeia de suprimentos global versus nacional, e
- distorção da demanda e amplificação de variação.

3.2.1 Adiamento do produto

Adiamento do produto é a prática de postergar uma ou mais operações para um ponto mais adiante na cadeia de suprimentos, assim postergando o ponto de diferenciação do produto. Existem numerosos benefícios potenciais a serem percebidos no adiamento, sendo um dos que mais impelem o valor é a redução de estoques mantidos, resultando em custos de manutenção mais baixos. Existem duas considerações primárias em desenvolver uma estratégia de adiamento por um item-fim particular:

1. determinar quantos passos adiar; e
2. determinar qual passo adiar.

3.2.2. Distorção de demanda e amplificação de variação

Lee (1997) define distorção de demanda como sendo o fenômeno no qual “pedidos para o fornecedor têm variância maior que vendas para o comprador” e amplificação de variação ocorre quando a distorção da demanda “propaga a montante em forma amplificada”. Estes fenômenos, chamados de efeito chicote (também conhecidos coletivamente como o “efeito bullwhip” ou “efeito whiplash”), são comuns em sistemas de suprimentos e foram observados por Forrester em 1961. Mas, diferentemente de Forrester, Lee desenvolve modelos matemáticos de cadeia de suprimentos que capturam aspectos da estrutura institucional e comportamentos de otimização de seus membros. Lee demonstra que o efeito “bullwhip” é um resultado das interações estratégicas entre os membros racionais da cadeia de suprimentos.

Lee (1997), ainda, descreve as causas do efeito chicote como sendo: processamento do sinal de demanda; planos de racionamento; lote de pedidos e variação de preços. Lee considera um sistema de estoque de multi-períodos que é operado por uma política de revisão periódica, colocando as seguintes condições:

- Demandas passadas não são levadas em conta na previsão;
- Ressuprimento é infinito com um lead time fixo;
- Não há custo fixo de pedido;
- Custo de compra do produto é fixo ao longo do tempo.

Processamento de sinal de demanda tem como característica uma distorção da informação de demanda que cresce quando os pedidos da revenda baseiam-se na própria previsão de demanda, resultando na perda, por parte do fabricante, do contato com a real demanda no mercado. A programação baseada nesta distorção é ineficiente. O efeito distorção é amplificado quando o número de intermediários no canal aumenta.

Distorção de informação pode surgir como uma consequência de decisões estratégicas do revendedor que estima a possibilidade ao fazer encomendas a um fabricante. Os dados do pedido têm pouco ou, às vezes, valor negativo para o fabricante, que necessita de muito cuidado ao interpretar os sinais do pedido para planejamento de capacidade / estoque. Para evitar planos não-produtivos, pode-se projetar uma regra diferente de alocação de fornecimento aos revendedores em uma situação de escassez. Uma alternativa é alocar o fornecimento na proporção da participação de mercado do revendedor no período anterior.

Esta distorção pode também surgir devido à atitude dos revendedores de se autoprotgerem contra uma escassez imaginária. Isto pode prevenir até um certo grau se o fabricante compartilhar informações de produção e estoque com os membros a jusante da cadeia.

Lotes de pedidos são uma consequência de dois fatores: processo de revisão periódica e o custo de processo de transação de compras. A

distorção de demanda devido à revisão periódica pode ser suavizada ao prover o fabricante com acesso de dados de venda ponta-a-ponta e/ou dados de estoque do revendedor. O fabricante usa esta informação para criar uma programação de produção que é determinada por vendas em oposição a pedidos. Outra abordagem para suavizar o efeito lotes é reduzir a necessidade de lotes de pedidos ao diminuir o custo de transação (dentro da lógica do modelo de lote econômico de compras – LEC), grande parte do qual é devido a manuseio de documentos e exigências de processo na geração de pedidos. Um sistema EDI de transmissão de pedidos reduz os custos e tamanho do lote. Fabricantes podem, ainda, influenciar os compradores ao oferecer vantagens para adquirir lotes maiores.

Um modo para controlar o efeito chicote devido à flutuação de preço é reduzir a frequência assim como a intensidade das promoções por parte do fabricante. Os compradores capitalizam-se com o desconto oferecido em um curto período de tempo, enquanto o fabricante arca com programação de produção irregular, custos desnecessários de estoque e informação distorcida de demanda.

Na tabela 3.4 resumem-se os fatores e ambientes de cada uma das causas do efeito chicote.

Causas	Fatores que contribuem	Contra-Medidas	Ambiente
<i>Sinal de demanda</i>	Sem visibilidade da demanda final	Acesso a Venda ponta-a-ponta	Dados de venda de ponta-a-ponta em contratos
	Previsões múltiplas	Controle Simples de reabastecimento	Just-in-time
	Tempos de espera longos	redução de tempos de espera	estratégia de manufatura de resposta rápida
<i>Lote de pedidos</i>	Custo alto de pedido	EDI	
	Pedidos aleatórios	Compromisso de entrega regular	
<i>Flutuações de preços</i>	entrega e compra assíncronas	contrato especial de compras	
<i>Jogo de escassez</i>	Esquema de racionamento proporcional aos pedidos	Alocação baseada em vendas passadas	
	Desconhecimento sobre as condições de fornecimento	Informação de fornecimento e capacidade dividida	Divisão da programação
	Política de devolução livre e pedidos irrestritos	Flexibilidade limitada ao longo do tempo; reserva de capacidade	

Tabela 3.4 – Fatores e Causas do efeito chicote (Adaptada de Lee, 1997)

As conseqüências do efeito chicote na cadeia de suprimentos podem ser severas, a mais séria das quais é o custo de estoque em excesso. Como resultado, estratégias foram desenvolvidas para conter os efeitos da distorção de demanda e amplificação de variação.

Para se quantificar o efeito chicote será utilizada, então, a relação entre a variância da demanda sentida pelo fabricante, vinda do cliente, e a variância da demanda transmitida ao fornecedor (Simchi-Levi et al., 2003):

$$EC = \frac{s_{\text{fornecedor}}^2}{s_{\text{cliente}}^2}$$

Onde:

EC: índice do efeito chicote

s_i^2 : variância da demanda percebida pelo elo i .

3.2.3 Confiabilidade dos elos

A confiabilidade é definida como a probabilidade que um sistema atingirá suas funções pretendidas para um intervalo específico sob condições específicas (Langford, 1995). A confiabilidade projeta a probabilidade de um sucesso no cumprimento das exigências funcionais da cadeia de suprimentos após ter sido ativada e operacionalmente comprometida. Os elementos da confiabilidade são:

- ciclo de operação: o número de unidades de tempo ou ciclos operacionais para os quais o sistema foi projetado para completar sem apresentar falhas;
- intervalo médio de operações: o número médio de unidades de tempo ou ciclos operacionais que um sistema alcança entre falhas;
- frequência de falhas: o número de falhas por unidade de tempo ou ciclo operacional.

Conforme Meyer (1983), falha pode ser definida como sendo o não funcionamento de uma peça ou componente. No caso de cadeia de suprimentos, a falha será definida como o não cumprimento de uma entrega programada.

Se o componente ou sistema for posto em funcionamento no instante $t = 0$ e observado até que a falha ocorra (ou seja, até que pare de funcionar adequadamente sob um esforço específico), a duração até a falha ou duração da vida (T) pode ser considerada uma variável aleatória contínua com alguma função densidade de probabilidade f . O valor de T não pode ser previsto a partir de um modelo determinístico, ou seja, sistemas idênticos podem apresentar falhas em momentos diferentes e imprevisíveis.

Confiabilidade de um componente (ou sistema) na época t , $R(t)$, é definida como $R(t) = P(T > t)$, onde T é a duração da vida do componente. R é denominada função de confiabilidade. Ou seja, confiabilidade de um componente é igual à probabilidade de que o componente não venha a

falhar durante o intervalo $(0, t)$, ou, em outras palavras, a confiabilidade de um componente é igual à probabilidade de que o sistema esteja em funcionamento na época t .

Em termos da função densidade de probabilidade de T , chamada de f , tem-se:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(s).ds$$

Em termos da função distribuição de T , dita F , tem-se:

$$R(t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t)$$

Além da função de confiabilidade R , outra função desempenha importante papel na descrição das características de falhas de uma peça.

A taxa de falha (instantânea) Z (às vezes denominada função de risco) associada à variável aleatória T é dada por:

$$Z(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Definida para $F(t) < 1$.

Para interpretar $Z(t)$, considere-se a probabilidade condicionada⁷:

$$P(t \leq T \leq t+\Delta t \mid T > t),$$

Isto é, a probabilidade de que a peça venha a falhar durante as próximas Δt unidades de tempo, desde que a peça esteja funcionando

⁷ Probabilidade de ocorrer um evento B quando ocorrer o evento A , ambos associados a um experimento. Definida por $P(B \mid A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$ (Meyer, 1983).

adequadamente no intervalo t . Aplicando-se a definição de probabilidade condicionada, pode-se reescrever a expressão acima:

$$P(t \leq T \leq t + \Delta t \mid T > t) = \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{P(T > t)} = \frac{\int_t^{t+\Delta t} f(x).dx}{P(T > t)} = \Delta t.f(\xi)/R(t)$$

Onde $t \leq \xi \leq t + \Delta t$

A última expressão é (para Δt pequeno e supondo-se que f seja contínua em $t + \Delta t$) aproximadamente igual a $\Delta t.Z(t)$. Portanto, explicando não formalmente, $\Delta t.Z(t)$ representa a proporção de peças que falharão entre t e $t + \Delta t$, dentre aquelas peças que ainda estejam funcionando na época t .

Assim, conclui-se que f (a função densidade de probabilidade de T) determina univocamente a taxa de falha Z . Mostrar-se-á que a recíproca é verdadeira: a taxa de falhas Z determina univocamente a função densidade de probabilidade f .

Se T for uma variável aleatória contínua, com função densidade de probabilidade f e se $F(0) = 0$, onde F é a função distribuição de T , então, f poderá ser expressa em termos da taxa de falhas Z :

$$f(t) = Z(t). e^{-\int_0^t Z(s).ds}$$

Se a duração média até falhar ($E(T)$) for finita, então:

$$E(T) = \int_0^{\infty} R(t).dt$$

As questões levantadas neste ponto são:

- que função densidade de probabilidade de T deve-se usar;

- qual a confiabilidade de um sistema, cujas leis de falha de seus componentes são conhecidas.

3.2.3.1 Falhas conforme distribuição normal

Se T for a duração da vida representada por uma distribuição normal, sua função densidade de probabilidade será dada por:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

A lei de falhas normal significa que a maioria das peças falha em torno da duração média, $E(T) = \mu$, e o número de falhas decresce quando $(T - \mu)$ cresce.

A função de confiabilidade da lei de falha normal pode ser expressa em função da distribuição acumulada normal tabelada:

$$R(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma} \cdot \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \cdot dx = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Meyer (1983) define a Lei de Falha Exponencial como a que apresenta a taxa de falha constante:

$$R(t) = e^{-\alpha\Delta t}$$

Onde:

α - taxa de falha

$$Z(t) = \alpha$$

Meyer (1983) define, ainda, a Lei de Falha Exponencial associada a Distribuição de Poisson como a que apresenta a taxa de falha aleatória, devido a forças externas.

X_t – número de tais perturbações ocorridas em um intervalo t .

$X_t, t \geq 0$

Para qualquer t fixado, a variável X_t tem uma distribuição de Poisson, com parâmetro αt .

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - P(T > t)$$

Ora, $T > t$ se, e somente se, não ocorrer perturbação no intervalo $[0, t]$.

$$F(t) = 1 - P(X_t = 0) = 1 - e^{-\alpha t}$$

Esta expressão representa a função distribuição de uma lei exponencial.

Assume-se a suposição que as perturbações surjam conforme um processo de Poisson e que sempre que essa perturbação aparecer exista uma probabilidade p de que ela não acarrete falha. Portanto se T for a duração até falhar, tem-se:

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - P(T > t)$$

$T > t$ se, e somente se, durante $[0, t]$ nenhuma perturbação ocorrer, ou uma ou mais perturbações ocorrerem e não resultarem falhas.

$$F(t) = 1 - \left[e^{-\alpha t} + (\alpha t) e^{-\alpha t} p + (\alpha t)^2 \frac{e^{-\alpha t}}{2!} p^2 + \dots \right] = 1 - e^{-\alpha t} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\alpha t p)^k}{k!} =$$

$$1 - e^{-\alpha t} e^{\alpha t p} = 1 - e^{-\alpha(1-p)t}$$

Assim, T possui uma lei de falhas exponencial com parâmetro $\alpha(1-p)$.

Admitindo-se, agora, que ocorra falha sempre que r ou mais perturbações ($r \geq 1$) ocorram durante um intervalo de extensão t . Por essa razão, se T for a duração até falhar, teremos como anteriormente

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - P(T > t)$$

Neste caso, $T > t$ se, e somente se, $(r - 1)$ ou menos perturbações ocorrerem.

$$F(t) = 1 - e^{-\alpha t} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{(\alpha t)^k}{k!}$$

Se $r = 1$, torna-se uma distribuição exponencial.

Considera-se o sistema da figura 3.3:

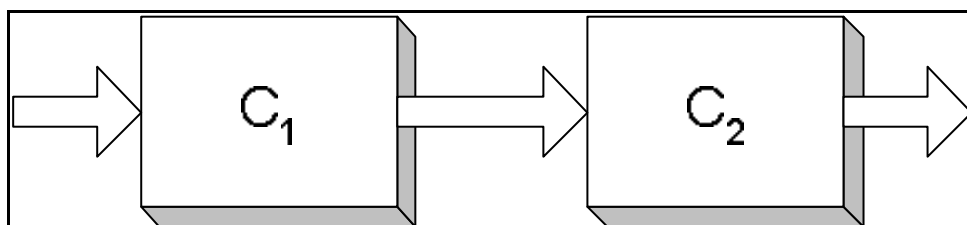


Figura 3.3 – Sistema com componentes em série (adaptado de Meyer, 1993)

Para que o sistema funcione, ambos os componentes devem funcionar. Admitindo que os componentes funcionem independentemente, pode-se obter a confiabilidade do sistema, $R(t)$, em termos das confiabilidades dos componentes, $R_1(t)$ e $R_2(t)$:

$$R(t) = P(T > t)$$

Onde T é a duração até falhar do sistema

$$R(t) = P(T_1 > t \text{ e } T_2 > t)$$

Onde T_1 e T_2 são as durações até falhar dos componentes C_1 e C_2 , respectivamente.

$$R(t) = P(T_1 > t)P(T_2 > t) = R_1(t)R_2(t)$$

Assim, acha-se que $R(t) \leq \min[R_1(t), R_2(t)]$. Ou seja, em um sistema formado de dois componentes independentes, em série, a confiabilidade do sistema é menor do que a confiabilidade de qualquer de suas partes.

Generalizando para n componentes:

Teorema: se n componentes, que funcionem independentemente, forem montados em série, e se o i -ésimo componente tiver confiabilidade $R_i(t)$, então a confiabilidade do sistema completo, $R(t)$, será dada por:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \dots R_n(t) \quad (I)$$

Se T_1 e T_2 tiverem leis de falhas exponenciais com parâmetros α_1 e α_2 , a equação (I) se torna

$$R(t) = e^{-\alpha_1 t} e^{-\alpha_2 t} = e^{-(\alpha_1 + \alpha_2)t}$$

Assim, a função densidade de probabilidade da duração até falhar do sistema, T , será dada por:

$$f(t) = -R'(t) = (\alpha_1 + \alpha_2)e^{-(\alpha_1 + \alpha_2)t}$$

Teorema: se dois componentes, que funcionem independentemente e tenham leis de falhas exponenciais com parâmetros α_1 e α_2 , forem montados em série, a lei de falhas do sistema resultante será também exponencial com parâmetro igual a $\alpha_1 + \alpha_2$.

Outro sistema é chamado em paralelo (figura 3.3), no qual os componentes são ligados de tal maneira que o sistema deixa de funcionar somente se todos os componentes falharem. Admitindo-se que haja dois elementos e que trabalhem independentemente um do outro, a confiabilidade do sistema, $R(t)$, pode ser expressa em termos das confiabilidades dos componentes $R_1(t)$ e $R_2(t)$, da seguinte maneira:

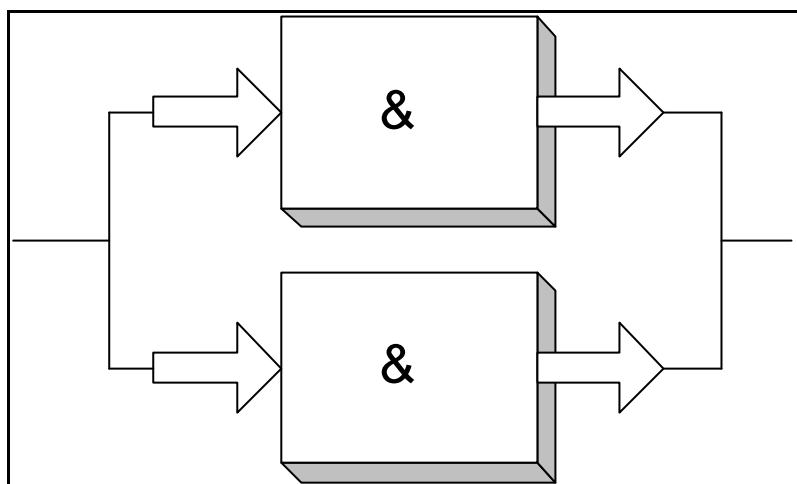


Figura 3.4 – Sistema com componentes em paralelo (adaptado de Meyer, 1993)

$$R(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - P(T_1 \leq t \text{ e } T_2 \leq t) = 1 - P(T_1 \leq t) \cdot P(T_2 \leq t) = 1 - \{[1 - P(T_1 > t)] \cdot [1 - P(T_2 > t)]\} = 1 - [1 - R_1(t)] \cdot [1 - R_2(t)] = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t)$$

A última forma indica que $R(t) \geq \text{máximo}[R_1(t), R_2(t)]$. Ou seja, um sistema composto de dois componentes em paralelo, que funcionem independentemente, será de maior confiança que qualquer dos componentes.

Pode-se generalizar através do teorema: “se n componentes, que funcionem independentemente, estiverem operando em paralelo, e se o i -ésimo componente tiver confiabilidade $R_i(t)$, então a confiabilidade do sistema, $R(t)$, será dada por”:

$$R(t) = 1 - [1 - R_1(t)] \cdot [1 - R_2(t)] \dots [1 - R_n(t)]$$

Muitas vezes, todos os componentes têm igual confiabilidade. Neste caso a expressão ficará:

$$R(t) = 1 - [1 - r(t)]^n$$

Neste trabalho, os elos da cadeia estarão trabalhando em série, assim confiabilidade de um elo da cadeia será determinada por um algoritmo derivado da função de distribuição exponencial (Langford, 1995). A confiabilidade (R_t) pode ser expressa por:

$$R_t = 1 - F_t$$

onde:

F_t = probabilidade de o elo falhar durante o intervalo de tempo t .

Se a variável aleatória t tem uma função densidade f_t , então a expressão para a confiabilidade é:

$$R_t = 1 - F_t = \int_t^{\infty} f_t dt$$

Baseado na função densidade de probabilidade exponencial:

$$f_t = \frac{1}{m} e^{-t/m}$$

Onde:

μ : vida média ou tempo médio entre falhas;

t : intervalo de operação específico.

Assim:

$$R_t = \int_t^{\infty} f_t dt = \int_t^{\infty} \frac{1}{m} e^{-t/m} = e^{-t/m}$$

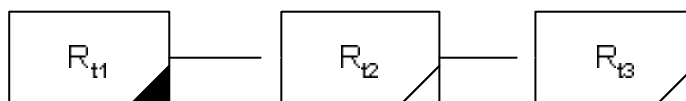
O inverso da vida média significa o número médio de falhas por unidade de tempo (frequência de falhas), simbolizado por λ :

$$\lambda = \frac{1}{m}$$

Ficando, então, a fórmula da confiabilidade:

$$R_t = e^{-\lambda t}$$

Como o modelo deste trabalho é composto por três (3) elos (fornecedor, fabricante e cliente) postos em série, tem-se:



De qualquer forma, as cadeias de suprimentos podem ser classificadas nas bases de características específicas, tal como incerteza ou volume de demanda, número de elos, ou número de itens produzidos, existindo técnicas que sugerem características operacionais para alcançar um certo objetivo (ou conjunto de objetivos). Assim, é necessária uma pesquisa que desenvolva um esquema de classificação significativa de sistemas de cadeia de suprimentos que considera as associações entre as variáveis de decisão e objetivos de desempenho.

3.3 Gerenciamento de Sistemas

Wild (1977) trabalha com o gerenciamento de sistemas para manufatura, suprimentos, transporte e serviços. Conforme o autor, tal categorização é de valor para descrever propósitos, mas é de pouco ou nenhum valor como base para estudar gerenciamento de operações, considerando conveniente adotar estes termos para identificar o escopo de gerenciamento de operações.

Cada um deles sugere algo em que, por exemplo, a classe de sistema referida como manufatura tem algo em comum e são distintas daquelas ligadas a suprimentos. Esta categorização diz algo sobre a função de sistemas mas pouco sobre a natureza dos sistemas. É necessário identificar as similaridades entre sistemas. Poderia categorizá-los, mas deve-se fazê-lo de maneira que seja significativo do ponto de vista do gerenciamento de operações. Isto requer um entendimento da natureza e das características do sistema. Wild (1977) analisa os sistemas em quatro categorias de sistemas de operação, concentrando-se em suas estruturas ou configurações:

- Manufatura;
- Suprimentos;
- Transporte e
- Serviço.

Analisa particularmente aqueles aspectos de sistemas de operações que podem ser determinados ou influenciados por fatores normalmente além do controle imediato da gestão de operações, uma vez que tais fatores influenciarão a natureza dos problemas encarados pelo gerenciamento de operações.

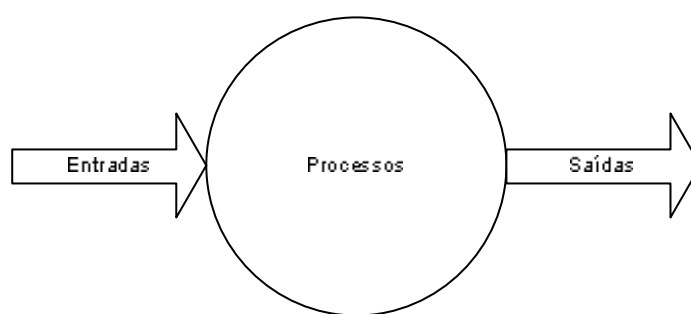
Wild (1977) adota algumas formas de abordagem de sistemas para o estudo de sistemas de operação, utilizando alguns conceitos chaves de teoria de sistemas.

O autor define um sistema como uma configuração de entidades e os relacionamentos entre estas entidades. A decisão de se referir a entidades ou coisas nos sistemas é significativa desde que se concentre nestas entidades físicas previamente definidas como recursos.

Um sistema pode geralmente ser identificado onde um conjunto de entidades tem alguma interdependência funcional ou de propósito, isto é, onde juntos constituem um significado completo. Virtualmente, tudo pode ser visto como um sistema ou parte de um sistema. Virtualmente todos os sistemas existem dentro de outros. São todos sub-sistemas de sistemas maiores. Sistemas formam hierarquias, com cada sistema englobando um maior número de entidades e seus inter-relacionamentos do que aqueles sistemas mais baixos na mesma hierarquia. Devido a isto, independente do sistema considerado algum relacionamento externo existirá.

A estrutura ou modelo mais simples de sistema utiliza três tipos de entidades com interrelacionamento (figura 3.6):

- Entradas;
- Processos e
- Saídas.






Símbolo	Significado
	Função (manufatura, suprimentos, transporte ou serviço)
	Estoque ou fila
	Fluxo de saída ou de entrada (materiais, máquinas e mão-de-obra)
C	Cliente do sistema

Tabela 3.5 – Notação para modelar sistemas (Wild, 1977)

Wild (1977), utilizando a notação da tabela 3.5, define sete estruturas básicas para representar os sistemas de manufatura, suprimentos, transporte e serviços, conforme descrito na tabela 3.6:

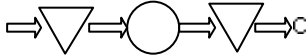
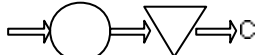
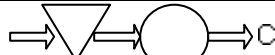
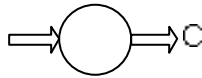
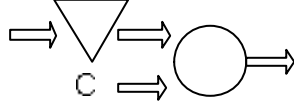
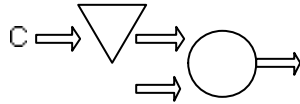
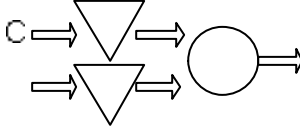
Estrutura básica	Descrição	Exemplo
	Função do estoque, para estoque, para cliente	Produção em batelada ou em massa, com flutuação de demanda
	Função da fonte, para estoque, para cliente	Produção em batelada, com demanda sazonal
	Função do estoque direto para o cliente	Produção sob encomenda
		
	Função do estoque e do consumidor	Serviço que não tolera filas de clientes
	Função da fonte e da fila de cliente	Serviço com fila de espera aguardando entrega de suprimentos
	Função do estoque e da fila de clientes	Serviços de transporte público

Tabela 3.6 – Sete estruturas básicas para sistemas de operação (adaptado de Wild, 1977)

Assim, conforme Wild (1977), qualquer sistema de operação poderá ser representado como uma combinação das estruturas básicas apresentadas na tabela 3.6.

3.4 Dinâmica de Sistemas

No ano de 1958, as primeiras palavras escritas pelo pioneiro de Dinâmica de Sistemas (então Dinâmica Industrial) Jay W. Forrester foram *“Gerenciamento está no limite de um avanço principal no entendimento de como companhias industriais de sucesso depende da interação entre os fluxos de informação, materiais, força humana e equipamentos de capital”*. O artigo intitulado *“Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers”* na Harvard Business Review atraiu a atenção de cientistas de gerenciamento. Várias controvérsias surgiram quando artigos mais extensos apareceram posteriormente.

Hoje, mais de 40 anos desde que o primeiro artigo no campo de Dinâmica de Sistemas apareceu impresso, o progresso quando avaliado evoca respostas mistas. Se foi um avanço para tomadas de decisão, então por que não proliferou no curriculum das escolas de negócios tão comum quanto os Princípios de Gerenciamento ou Estatística de Negócios ou qualquer outro assunto padrão de estudo? Os três principais trabalhos no campo de Dinâmica de Sistemas são:

- Industrial Dynamics, de Jay W. Forrester (1960),
- Fifth Discipline: The Art and Practice of Learning Organisations, de Peter Senge (1990) e
- Systems Thinking, de Barry Richmond (1997)

Conforme Forrester (1961):

“Dinâmica industrial é o estudo das características informação -“feedback” da atividade industrial para mostrar

como a construção organizacional, amplificação (em políticas), e tempo de atraso (em decisões e ações) interagem para influenciar o sucesso do empreendimento. Trata as interações entre os fluxos de informação, dinheiro, pedidos, materiais, pessoa, e equipamento capital em uma companhia, uma indústria, ou uma economia nacional”.

Posteriormente, dinâmica industrial foi renomeada como dinâmica de sistemas, devido a sua grande abrangência.

Para Clark (1988) a dinâmica de sistemas é baseada em uma estrutura direta de fluxos e estoques, projetada para modelar sistemas com numerosas variáveis, e com realimentações atrasadas entre as variáveis.

Uma abordagem da dinâmica de sistemas para projeto de empreendimento progride através de vários passos:

- Identificar um problema.
- Isolar os fatores que pareçam interagir e criar os sintomas observados.
- Identificar a causa e fazer a realimentação da informação de maneira a permitir uma tomada de decisão quanto a novas ações.
- Formular políticas de decisão formais aceitáveis que descrevem como decisões resultam dos fluxos de informações disponíveis.
- Construir um modelo matemático das políticas de decisão, fontes de informação, e interações dos componentes do sistema.
- Gerar o comportamento do sistema através do tempo como descrito pelo modelo (usualmente com um computador digital executar os cálculos prolongados).
- Comparar os resultados contra todo conhecimento disponível apropriado sobre o sistema atual.
- Revisar o modelo até ser aceitável como uma representação do sistema atual.

- Redesenhar, dentro do modelo, os relacionamentos organizacionais e políticas que podem ser modificadas no sistema atual para achar as mudanças que melhorem o comportamento do sistema.
- Alterar o sistema real nas direções que o experimento modelo mostrou que levarão a melhoria de desempenho.

Tal abordagem é baseada em várias premissas:

- Decisões em gerenciamento e economias tomam lugar em uma estrutura que pertença à classe geral conhecida como sistema informação-feedback .
- Julgamento intuitivo não é confiável sobre como estes sistemas vão mudar com tempo, mesmo quando se tem bom conhecimento das partes individuais do sistema.
- Modelo de Experimento permite preencher a brecha onde o julgamento e conhecimento são mais fracos - por mostrar o caminho de onde as partes separadas do sistema conhecido podem interagir para produzir resultados globais inesperados e perturbadores do sistema.
- Informação suficiente está disponível para construção deste modelo experimental sem grande despesa e demora em reunir dados a mais.
- A visão "mecanicista" de tomada de decisão implicada por tais experiências do modelo é verdadeira o bastante para que a estrutura principal de políticas de controle e fluxos de decisão de uma organização possa ser representada.
- Sistemas industriais são construídos internamente de tal maneira que criam por si próprios muitas das dificuldades que são freqüentemente atribuídas a causas externas e independentes.
- Política e mudanças de estrutura são viáveis para produzir melhora substancial nos comportamentos industrial e econômico; e o desempenho do sistema está freqüentemente longe do que poderia

ser com as mudanças do projeto do sistema inicial que possam melhorar todos os fatores de interesse sem que haja um compromisso que cause perdas em uma área em troca de ganhos em outra.

Clark (1988) define sistema como uma coleção de componentes, interagindo para um propósito. Sistemas de interesse têm algo fluindo através deles e acumulações em várias partes do sistema. Os fluxos são tipicamente de materiais que se acumulam como estoques.

Clark (1988) coloca que um sistema abrange três conceitos principais: tempo, acumulação e realimentação (feedback).

De acordo com Sterman (2000), muito da arte da modelagem em dinâmica de sistemas é descobrir e representar os processos de retro-alimentação (“feedback”), que, juntamente com as estruturas de estoques e fluxos, atrasos e não-linearidades, determinam a dinâmica de um sistema. Deve-se imaginar que há uma imensa extensão de processos de retro-alimentação diferentes e outras estruturas, para serem dominados antes que se possam entender as dinâmicas de sistemas complexos, sendo que os comportamentos mais complexos usualmente surgem das interações entre os componentes do sistema, não da complexidade dos próprios componentes.

Todas as dinâmicas surgem da interação de apenas dois tipos de retro-alimentação, a positiva (ou auto-reforço) e a negativa (ou auto-corretiva). Retro-alimentações positivas tendem a reforçar ou amplificar o que quer que esteja acontecendo no sistema, enquanto retro-alimentações negativas contraem e mudam no sentido oposto.

Embora haja somente dois tipos de volta de retro-alimentação, modelos podem facilmente conter centenas de retro-alimentações, de ambos os tipos, emparelhadas umas com as outras com múltiplos atrasos, não-linearidades e acumulações. As dinâmicas de todos os sistemas surgem das interações destas redes de realimentação. Intuição pode capacitar para inferir as dinâmicas de voltas isoladas. Mas quando múltiplas realimentações interagem, não é tão fácil determinar o que a dinâmica será.

Considera-se um sistema simples de estoques. O estoque muda ao longo do tempo. A mudança é devido à acumulação de pedidos. E a taxa de pedido muda devido ao efeito de realimentação do excedente de estoque ou pequena queda do nível de estoque desejada.

Para analisar um sistema, deve-se mostrar como ele muda ao longo do tempo. Isto pode ser feito de duas maneiras. Primeiro por encontrar uma função analítica que inclui todas as variáveis do sistema em uma expressão matemática que é uma função do tempo, e então inserir qualquer valor selecionado de tempo para obter valores do sistema naquele ponto. A abordagem analítica é virtualmente impossível em qualquer sistema realístico gerencial ou social. Há também muitas variáveis interagindo para permitir solução. O segundo método é simular o sistema. Isto significa providenciar um conjunto de equações que define cada variável no sistema como uma função de outras variáveis que a afetam. Então, dado um conjunto de condições iniciais – valores para variáveis apropriadas ao início da simulação – o sistema é “simulado” ao calcular novos valores para cada variável a cada passo de tempo sucessivo. Tempo é a variável de indexação. As variáveis do sistema são calculadas como mudanças de tempo, e os valores das variáveis são indexados, para o ponto no tempo para o qual foram calculados. Tempo é uma variável independente ou exógena.

Um sistema dinâmico é aquele no qual há fluxos que, conforme o tempo passa, são acumulados (ou integrados) nos estoques. Fluxos são freqüentemente chamados de “taxas”, por “taxa de mudança” por unidade de tempo, do estoque, e estoques são chamados de “níveis”, representando o montante de fluxo acumulado. Os termos “estoques” e “fluxos” estão proximamente relacionados. Um nível representa o valor para um estoque em um ponto no tempo, e uma taxa representa o valor para um fluxo.

Enquanto fluxos – que podem ser de entrada ou saída – estão sendo acumulados ou integrados em um nível, o sistema controlando o processo é um sistema dinâmico, e o sistema está em um estado dinâmico se um ou mais dos níveis no sistema estão mudando, isto é, as taxas líquidas de

acumulação não são todas permanentemente zero em todos os níveis. Se as taxas de acumulação líquidas estão estáveis em zero em todos os níveis, o sistema está em um estado estático. “Estático” não significa necessariamente não haver acumulação. Cada reservatório pode ainda acumular fluxo de entrada, mas o fluxo de saída é agora igual ao de entrada. Um sistema estático pode ter níveis, considerados imutáveis. Um sistema com níveis estabilizados, ou que se tornam constantes, é chamado de “estado de repouso”.

Em análise de sistemas ou outras formas de ciência de gerenciamento, um sistema é analisado, e os resultados são apresentados pelo sistema somente em seu estado de repouso. Isto permite soluções através de métodos analíticos estáticos, matematicamente tratáveis e academicamente satisfatórios, mas irrealistas.

Para ser específico, se um sistema dinâmico inerentemente assume ter atingido o estado de repouso, então a análise do sistema simplesmente requer fazer os fluxos de entrada de cada nível igual ao fluxo de saída. Equalizar essas taxas fornece uma condição de equilíbrio para cada nível, e a condição é algébrica, isto é, não há derivadas ou integrais envolvidas na equação. Simultaneamente, considerar as condições individuais de equilíbrio para cada nível permite resolver um conjunto de equações algébricas simultâneas – em vez de resolver equações diferenciais necessárias para definir o estado transitório. Dito de outra forma, álgebra pode ser usada para resolver as equações do sistema, em vez do cálculo. Isto é conveniente, matematicamente, mas evita exploração das dinâmicas transitórias que acompanham muitos sistemas.

Um sistema pode ter acumulações – ser dinâmico – sem ter realimentação. Sistemas que variam ao longo do tempo sem realimentação têm sido chamados de “dinâmicos”.

3.4.1. Variáveis, parâmetros e fronteiras de sistemas.

Taxas, níveis, e auxiliares são chamados de variáveis. Cada um desses componentes de sistemas de fato variam como mudanças de sistemas. Essas variáveis de sistemas são mais corretamente chamadas “variáveis endógenas”, ou seja, internas ao sistema.

Variáveis que não dependem de outras variáveis podem ser referidas como “variáveis exógenas” e seus valores são determinados fora do sistema. Tempo é a mais comum das variáveis exógenas – seu valor muda, mas não é dependente dos valores das variáveis do sistema. O termo oposto de variável é parâmetro. Constantes são parâmetros.

No problema de estoque, o tempo de entrega entre colocar um pedido na produção e receber o pedido no estoque deve ser uma constante. O atraso de entrega é o parâmetro.

A taxa de vendas, por outro lado, pode variar somente com tempo do ano (sazonalidades), ou variar aleatoriamente de semana para semana. Neste exemplo, demanda é uma variável exógena.

Sterman (2000) afirma que o mundo real é experimentado através de filtros. Ninguém sabe a taxa atual de vendas de suas companhias, a taxa atual de produção ou o verdadeiro valor da reserva de pedidos em qualquer instante dado. Ao invés disto, há estimativas destes dados baseadas em amostras, médias e medidas atrasadas. O ato de medir introduz distorções, atrasos, vieses, erros e outras imperfeições, algumas conhecidas outras desconhecidas e irreconhecíveis.

Acima de tudo, medição não é um ato de seleção. Os sentidos e sistemas de informação selecionam menos que uma pequena fração da experiência possível. Parte da seleção é estruturada. Parte resulta da nossa própria decisão.

Os sistemas de informação governando a realimentação que é recebida podem mudar o como se aprende. Eles são parte da estrutura da realimentação dos sistemas. Através dos modelos mentais definem-se construtos e projetam-se sistemas de informação para avaliá-los e relatá-los.

Mudanças nos modelos mentais são restringidas pelo o que é previamente escolhido definir, medir e tratar.

O nível de estoque, entretanto, depende da entrega, a qual é a variável do sistema que depende do estoque. O nível de estoque é uma variável endógena, como, a propósito, é a taxa de entrega. Quando nos referimos às variáveis de sistemas, devemos mencionar variáveis endógenas.

A diferença-chave entre variáveis de sistemas e parâmetros ou variáveis exógenas, é que as variáveis do sistema dependem de outras variáveis dentro e fora do sistema, enquanto parâmetros e variáveis exógenos dependem apenas de variáveis externas ao sistema.

Parâmetros e variáveis exógenas são tipicamente determinados através de métodos estatísticos tais como estimação, regressão e previsão.

Parâmetros e variáveis exógenas, então, são elos que conectam variáveis endógenas do sistema ao meio ambiente externo. Eles cruzam as fronteiras do sistema.

3.4.2 Fronteiras do sistema

Ao se estudar os sistemas e como eles mudam, o modelador deve identificar as variáveis de maior interesse. As fronteiras do sistema sendo modeladas deveriam subscrever tal como variáveis. As variáveis de sistema estão relacionadas às variáveis exógenas e parâmetros externos ao modelo ou através do uso de funções analíticas, ou através das “funções tabela”, que mostram numericamente estas relações.

A fronteira não é com freqüência explicitamente definida no processo de modelagem, contendo todas as variáveis que são definidas como dependentes de outras variáveis, e exclui destas somente as dependentes das constantes ou variáveis exógenas.

Um dos mais difíceis objetivos do modelador é a determinação das fronteiras do sistema. Usualmente começa com conhecimento das variáveis internas, para então formar ligação até que as fronteiras do sistema

potencial sejam alcançadas. Frequentemente a fronteira final não é determinada até o estágio final da construção do modelo. Os compromissos feitos para determinar quais variáveis incluir e quais excluir serão frequentemente menos do que óbvios. Algumas decisões arbitrárias precisarão ser feitas. Incidentalmente, estas decisões deveriam ser documentadas, de forma que a justificativa do modelo seja facilitada mais tarde se um intervalo de tempo do modelo de decisão for gravado.

3.4.3 Setores do modelo

A fronteira de modelo contém variáveis endógenas ligadas ao meio ambiente através de parâmetros e variáveis exógenas. Ela isola o sistema em estudo. Dentro das fronteiras, muitos modelos contêm subsistemas ou “setores” ligados as variáveis e outros setores. Estas ligações são similares àquelas que ligam as variáveis do modelo ao meio ambiente, mas neste caso a ligação é através das variáveis de sistema. Variáveis em um setor mudarão como as variáveis as quais elas estão ligadas mudam.

3.4.4. Iteração

O conjunto de equações que definem as variáveis em um sistema, se calculado, fornecerá somente o status do sistema em um dado instante no tempo. Para verificar como o sistema muda ao longo do tempo, o conjunto de equações definidas deve ser calculado para instantes de tempo seqüenciais, e os valores das variáveis do sistema observados.

As equações são calculadas para intervalos discretos de tempo DT , observando-se os resultados. Este procedimento é chamado iteração ou simulação.

Para propósitos de modelagem, precisa-se somente notar que pode-se definir um sistema ao especificar suas equações e que este conjunto de equações abrange os procedimentos de processos. Calcular e observar os valores para todas as variáveis do sistema ao longo do tempo fornece

conhecimento sobre como os processos estudados evoluem ao longo do tempo.

3.4.5 Atrasos

Um sistema é dinâmico porque há atrasos nas variáveis do sistema.

Acumulação é associada com o conceito de atraso em um sistema. Um atraso significa que há um tempo entre a mudança da variável e o efeito desta mudança tornar-se evidente em outras variáveis.

Atrasos em um sistema ocorrem porque uma variável foi retida em um nível ou uma série de níveis por algum período de tempo antes de ser usada na definição de outra variável.

Atrasos criam instabilidade em dinâmica de sistemas. Adicionar atrasos às retro-alimentações negativas aumenta a tendência do sistema oscilar. Oscilação e instabilidade reduzem a habilidade de controle por confundir as variáveis e de discernir causa e efeito, além de atrasar a taxa de aprendizagem.

Complexidade dinâmica surge porque sistemas são:

- dinâmicos: mudança no sistema ocorre em várias escalas de tempo e estas diferentes escalas às vezes interagem.
- Firmemente emparelhados: os atores do sistema interagem fortemente uns com os outros e com o mundo natural.
- Governados pela retro-alimentação: porque as ações se auto-retro-alimentam dos firmes emparelhamentos entre os atores. As decisões alteram o estado do mundo, causando mudanças na natureza e levando outros a agir, assim surgindo uma nova situação que influencia as próximas decisões.
- Não-lineares: efeito é raramente proporcional à causa e o que acontece localmente em um sistema (próximo do atual ponto de operação) freqüentemente não se aplica em regiões distantes (outros estados do sistema). Não-linearidade freqüentemente surge da física

básica do sistema: estoques insuficientes podem causar a elevação de produção, mas produção nunca pode cair abaixo de zero, não importa quanto estoque excessivo se tenha. Não-linearidade também surge da interação de múltiplos fatores na tomada de decisão.

- Dependentes do histórico: tomar uma decisão evita que se escolha outras e determina os resultados (dependência do caminho). Estoques e fluxos (acumulações) e longos atrasos freqüentemente significam que fazer e desfazer têm fundamentalmente diferentes tempos.
- Auto-organizados: a dinâmica de sistemas surge espontaneamente de sua estrutura interna. Freqüentemente, perturbações aleatórias e pequenas são amplificadas e moldadas pela estrutura de retro-alimentação, gerando padrões no espaço e no tempo e criando a dependência do caminho.
- Adaptativos: as capacidades e regras de decisão dos agentes em sistemas complexos mudam ao longo do tempo.
- Contra-intuitivo: em sistemas complexos causa e efeito são distantes em tempo e espaço enquanto se tende a procurar por causas próximas aos eventos que se procura explicar. A atenção é puxada para os sintomas de dificuldade em vez da causa fundamental.
- Resistente a políticas: a complexidade dos sistemas nos quais se está embutido confunde a habilidade de entendê-los.
- Caracterizados por perdas compensatórias (“trade-offs”): atrasos em canais de retro-alimentação que significam respostas tardias de um sistema a uma intervenção são freqüentemente diferentes de sua resposta rápida.

3.5 Modelo de Forrester

Desde Forrester, que essencialmente viu uma cadeia de suprimentos como parte de um sistema industrial e em termos de projeto de política, pesquisadores têm coberto o alcance de resultados do gerenciamento de

estoques à cadeia de suprimentos de integração global. Nos últimos anos, houve uma mudança de foco do gerenciamento de cadeia de suprimentos em direção a uma abordagem mais integrada. Angerhofer (2000) define gerenciamento de cadeia de suprimentos integrada como sendo “uma abordagem integrada orientada pelo processo para obter, produzir e entregar produtos e serviços aos clientes. Gerenciamento de cadeia de suprimentos integrada cobre o gerenciamento de materiais, informação e fluxos de capital”.

Forrester (1961) propôs um primeiro modelo de cadeia de suprimentos, onde havia um fluxo de material à jusante, da fábrica via armazém, distribuidor e varejo até o cliente. Pedidos (fluxo de informações) seguiam a montante, com um atraso associado com cada escalão da cadeia, representando os tempos de espera e atrasos por processamento administrativo. Este modelo ficou conhecido como “Cadeia de suprimentos de Forrester” ou “Modelo Forrester” (figura 3.7), que é essencialmente uma cadeia simples com quatro níveis (fábrica, armazém, distribuidor e varejo).

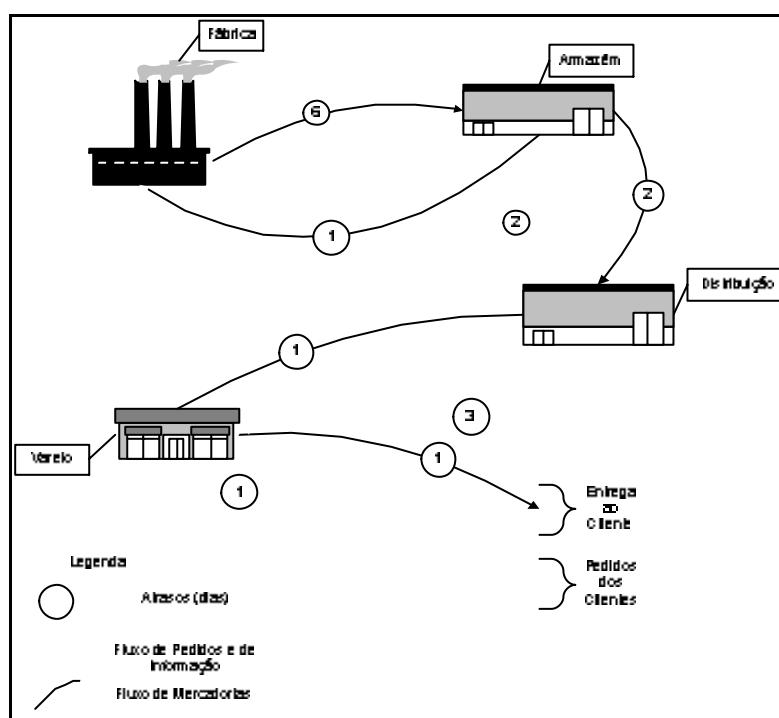


Figura 3.7 – Cadeia de Suprimentos de Forrester (adaptado de Forrester, 1961).

Este modelo recebeu muitas críticas devido à sua simplicidade, mas apesar disto produziu importantes contribuições para a dinâmica da cadeia de suprimentos.

3.5.1 Simbologia

Para criar-se o modelo, há uma simbologia para identificar-se fluxos e níveis, de maneira a visualizar os sentidos, pontos de acumulação e iteração, conforme tabela 3.7.






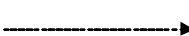

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Fluxo		variável exógena
	Nível		função tabela
	Sentido do fluxo de material		Sentido de fluxo de informação
	Meio Ambiente		

Tabela 3.7 – Símbolos para diagrama de Forrester (Forrester, 1961).

Para se calcular os valores das variáveis, deveremos considerá-las como funções do estado imediatamente anterior (T) acrescidas de um intervalo de tempo (DT). A variável de nível ao tempo T será denominada seguindo o padrão NÍVEL.K, no instante anterior $T - DT$ será NÍVEL.J e seu novo estado em $T + DT$ será denominado NÍVEL.L.

Similarmente, as taxas de fluxo entre os pontos $T - DT$ e T será denominada por FLUXO.JK e entre os pontos T e $T + DT$ será denominada por FLUXO.KL, utilizando duas letras de estado, pois é a variação entre um momento e outro.

É necessário assegurar que as medidas usadas por cadeias de suprimentos incluam fatores que capturem os custos e benefícios da Internet assim como os investimentos e benefícios de outras técnicas de melhoria da cadeia de suprimentos.

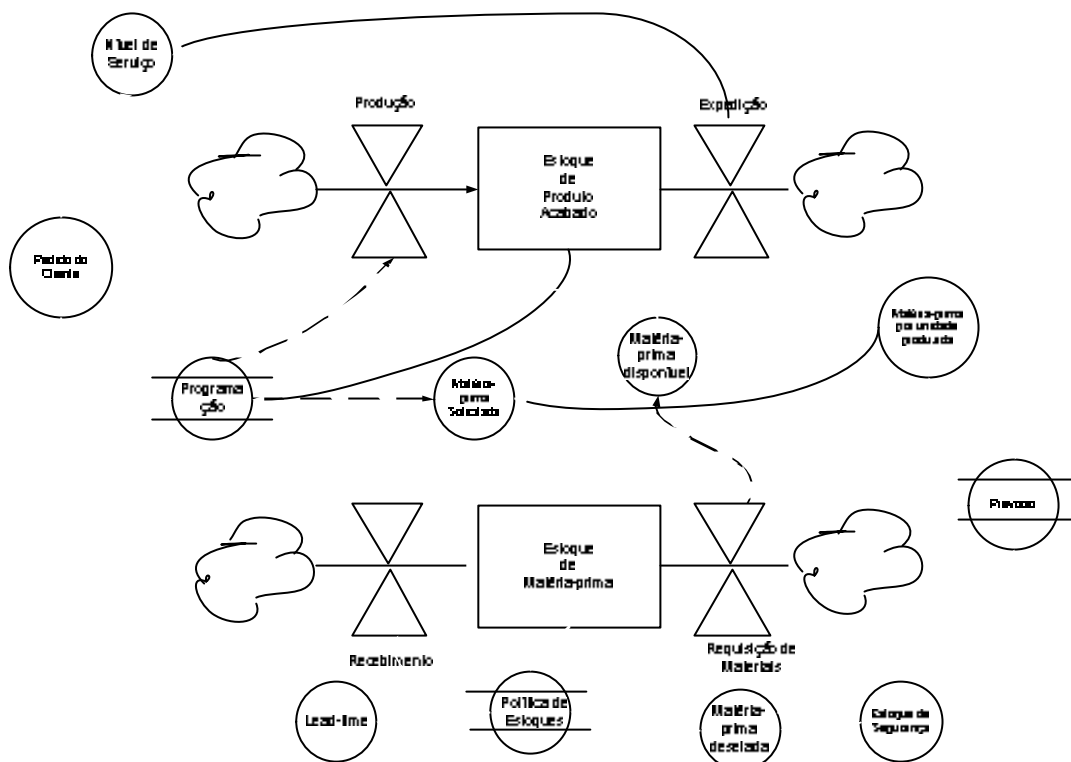
A cadeia de suprimentos precisa desempenhar em três dimensões fundamentais:

- Serviço: relacionado com a capacidade de antecipar, captar e cumprir a demanda do cliente com produtos personalizados e entrega no tempo;
- Capital: envolvem qualquer coisa com valor comercial, primariamente estoque e dinheiro;
- Rapidez: inclui medidas que são relacionadas com tempo de resposta e velocidade de execução.

Toda cadeia de suprimentos deveria ter pelo menos uma medida de desempenho em cada uma destas três dimensões críticas. Conforme Hausman (2000), qualidade está ausente aqui; em pensamento de gerenciamento moderno de cadeia de suprimentos, qualidade é tomada como um dado. O diagnóstico e melhoria da qualidade envolvem fatores que estão bem separados de fatores usados para melhorar o gerenciamento de cadeias de suprimentos.

3.6 Modelo

Com os conceitos acima descritos, foi criado um modelo de cadeia de suprimentos, apresentado na figura 3.8, que analisa a influência das flutuações do mercado sobre os estoques de produtos acabados e de matérias-primas de uma indústria.



O estoque de Produto Acabado (PA.J) é um nível alimentado pelo fluxo Produção (PR.JK) e transferindo produto através do fluxo Expedição (EX.JK) para o ambiente.

Em outra linha, temos o fluxo Recebimento (RC.JK), que é controlado pela função tabela Política de Estoques e que alimenta o nível Estoque de Matéria-Prima (MP.K) e que diminui com o fluxo Requisição (RQ.JK). O fluxo Recebimento é controlado pela variável exógena Lead-Time, que considera os trâmites burocráticos, tempo de fabricação do fornecedor e transporte.

A função tabela Programação liga as duas linhas, considerando os níveis Estoque de Produto Acabado (PA.K) e Estoque de Matéria-Prima (MP.JK), transmitindo informações para os fluxos Produção (PR.JK) e Requisição (RQ.JK).

Neste trabalho serão utilizados o índice de satisfação de cliente definido por Perea et all (2000) para medir o desempenho da cadeia, o efeito “bullwhip” e a confiabilidade entre os elos da cadeia, descritos anteriormente. O índice de satisfação de cliente é a relação entre os pedidos entregues e os pedidos colocados, expressa em percentagem.

$$SC = \frac{Pe}{Pc} * 100$$

Onde:

SC = índice de satisfação de cliente

Pe = Pedidos entregues

Pc = Pedidos colocados

CAPÍTULO 4

4.1 Metodologia

Yin (2001) apresenta quatro critérios para a seleção de uma abordagem de pesquisa. São eles:

1. Adequação do método aos conceitos envolvidos: trata da questão do conhecimento e do domínio dos conceitos relacionados ao tema pesquisado pelas pessoas entrevistadas. Em caso negativo, a ausência do pesquisador pode comprometer a qualidade dos dados coletados e, por consequência, a pesquisa por completo.
2. Adequação aos objetivos da pesquisa: leva em conta se o método escolhido permite atingir o objetivo da pesquisa de forma mais eficiente e eficaz, ou seja, ele é a maneira mais adequada para desenvolver a pesquisa.
3. Validade de construção, interna e externa: validade de construção está relacionada ao estabelecimento de medidas corretas para os conceitos estudados de forma a assegurar que a informação coletada represente de fato tais conceitos. A validade interna se refere à garantia que o relacionamento entre as variáveis selecionadas existe, pois o esquecimento ou não consideração de outras variáveis pode resultar em problemas. Isso é importante somente em estudos causais e explicativos. A validade externa diz respeito à generalização dos resultados encontrados, podendo ser analítica ou estatística.
4. Confiabilidade: O método deve ter confiabilidade no sentido de garantir que a pesquisa possa ser reproduzida e, em não havendo mudanças significativas nas condições de execução, os resultados serão aproximadamente os mesmos obtidos anteriormente.

4.2 Características da Pesquisa

As características da pesquisa representam as principais contingências

na condução do estudo sobre o uso das informações dos novos sistemas de medição de desempenho. Essas contingências mais o critério de escolha proporcionarão a decisão sobre quais os métodos de pesquisa são mais adequados neste caso.

A pesquisa pode ser caracterizada por:

1. *Objetivo principal*: De acordo com o objetivo da presente dissertação, pode-se notar que a pesquisa pretende contribuir para a teoria com o conjunto de proposições que culminará em um modelo.
2. *Fase de desenvolvimento do assunto*: A fase de desenvolvimento do assunto implica na necessidade do pesquisador estar presente na coleta dos dados no campo, já que dúvidas podem surgir a respeito de determinados conceitos envolvidos. A ausência do pesquisador pode colocar em risco a qualidade dos dados coletados. Um segundo problema relacionado com a fase de desenvolvimento do assunto é a dificuldade de transformar as hipóteses da pesquisa em variáveis facilmente manipuláveis e quantificáveis. O que não impede de formular um conjunto de hipóteses.
3. *Condições de manipulação do objeto de estudo*: Finalmente, o terceiro problema é a dificuldade de encontrar empresas a serem pesquisadas que estão em fase avançada de prática desses novos conceitos. Isso dificulta a seleção de amostras de tamanho grande.
4. *Variáveis de interesse*: Os objetos de estudo são empresas de manufatura, o que representa uma dificuldade enorme de manipulação direta pelo pesquisador. O pesquisador tem duas alternativas: ou passa a ser membro da organização, o que implica em restringir o assunto a um estudo em profundidade; ou apenas observa, coleta dados e analisa criticamente os fatos.

Resumindo, essa pesquisa é caracterizada por:

- Estudar o inter-relacionamento das variáveis envolvidas;

- Fazer uma revisão bibliográfica sobre o assunto;
- Apresentar as dificuldades para transformar hipóteses em variáveis a serem pesquisadas;
- Criar estrutura teórica para posteriores estudos; e
- Apresentar as dificuldades em manipulação direta do objeto de estudo.

4.3 Questão de Pesquisa

Segundo Eisenhardt (1989) a questão de pesquisa não é uma hipótese a ser testada. Ela é o ponto de partida e garantia de foco para a pesquisa de campo a ser realizada.

Yin (2001) considera que:

“A definição da questão de pesquisa é provavelmente o passo mais importante a ser considerado em um estudo de pesquisa. Assim, deve-se reservar paciência e tempo suficiente para a realização desta tarefa”.

Devido à fase inicial de desenvolvimento das pesquisas acerca da busca de um novo sistema de medição de desempenho e a existência de poucas publicações e pesquisas empíricas sobre como estruturar o uso desse tipo de sistema, existe a necessidade de pesquisas empíricas que preencham essa lacuna.

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância da pesquisa dentro dos sistemas de medida das cadeias de suprimentos e a possibilidade de se utilizar um modelo que possa contribuir na melhoria da competitividade da cadeia de suprimentos. Além de controle gerencial, é necessário utilizar estudos na área de logística. A logística é um conjunto de atividades que precisa ser medido em uma base diferente, conforme o surgimento do gerenciamento da cadeia de valor.

A questão de pesquisa dessa dissertação, que surgiu da análise da literatura sintetizada nos capítulos anteriores, é a seguinte:

“Como utilizar as informações geradas por um sistema que simule o comportamento da cadeia de suprimentos para a tomada de decisão de forma a melhorar o desempenho, visando à competitividade da cadeia de suprimentos”.

A partir da resposta ou das respostas à questão de pesquisa é que será gerado o conjunto de proposições, que servirá de base para um modelo de como deve ser estruturado o uso das informações geradas pelo sistema de medição de desempenho.

Conforme Yin (2001), “... questões ‘como’ e ‘por que’ não apontam para o que você deveria estudar. Somente se for forçado a declarar algumas proposições, começará a se mover no sentido correto. ... Essas proposições, além de refletir uma questão teórica, ..., também começam a dizer onde procurar evidências relevantes (...).”

Coloca-se, ainda, como hipóteses:

1. O desempenho da cadeia de suprimentos está positivamente associado ao desempenho do fornecedor de matéria-prima;
2. O desempenho da cadeia de suprimentos está positivamente associado ao desempenho do fabricante;
3. O desempenho do fabricante está positivamente associado ao desempenho do fornecedor de matéria-prima.

4.4 Conjunto de Proposições da Pesquisa

Boulding (1956) sugere nove níveis de discurso teórico:

1. Estruturas: sistemas estáticos
2. Relógios: sistemas dinâmicos simples com movimentos necessários pré-determinados

3. Termostatos: mecanismos de controle ou sistemas cibernéticos
4. Celas: sistemas abertos, estruturas que se automatizam
5. Planta: nível genético-social
6. Animal: aumento de mobilidade, comportamento teleológico, auto-expressão
7. Humano: o indivíduo como um sistema
8. Organizações sociais: o indivíduo e seu relacionamento com seus pares
9. Sistemas transcendentais

Dentro destas categorias, este trabalho enquadra-se no terceiro nível, por objetivar um modelo que permita a montagem de estratégias, sua simulação e controle.

Seis proposições guiam o esboço de um modelo sobre o uso das informações de um sistema de medição de desempenho e as questões a serem abordadas na pesquisa. As proposições são as seguintes:

1ª Proposição: *as informações do sistema de medição de desempenho são utilizadas para dar suporte ao sistema de gestão e à implementação da estratégia de suprimentos da empresa.*

2ª Proposição: *as informações são utilizadas nos níveis estratégico, tático e operacional para corrigir desvios ocorridos nos valores esperados (controle), eliminar problemas crônicos (melhoria reativa) e antecipar possíveis dificuldades que impedirão de atingir as metas (melhoria pró-ativa).*

3ª Proposição: *o uso das informações do sistema de medição de desempenho, tanto na reação quanto na antecipação, é integrado com metodologias e ferramentas estruturadas para essa finalidade. As ferramentas não podem ser limitadas a sistemas de medidas; também são necessárias para incluir estratégias comerciais e planejar estruturas para assegurar compromissos e iniciar uma melhoria real de processos da cadeia de suprimentos.*

4ª Proposição: *as informações do sistema de medição de desempenho são*

utilizadas para as análises e as tomadas de decisão, tendo como referência uma rede de relacionamento formal entre as medidas de desempenho.

5ª Proposição: *as informações geradas pelo sistema de medição de desempenho são compartilhadas por todas as pessoas que estejam na gerência nos níveis estratégico, tático e operacional através de sistemas de informação.*

6ª Proposição: *as informações geradas pelo sistema de medição de desempenho são uma base para a negociação de objetivos e a discussão sobre desempenho, além de legitimar o discurso da gerência.*

Para elevar o desempenho do comprador é preciso que se compreenda qual o desempenho desejável do ponto de vista do comprador. Elevar o desempenho de compradores industriais, comerciais e institucionais depende daquilo que cria diferenciação junto a seus compradores. Assim, as necessidades do comprador precisam ser compreendidas, e exigem o mesmo tipo de análise do valor para o comprador.

Neely (1999) relaciona dois fatores que dificultam a medida de desempenho:

- Nem sempre são óbvias quais medidas a firma deveria adotar;
- As medidas que serão mais relevantes para a firma mudarão ao longo do tempo.

Em resumo, é necessária mais pesquisa para medidas da cadeia de suprimentos, o desenvolvimento de medidas e uma avaliação de implementação de barreiras para superar a implementação destas medidas. Isto pode ser complementado com o propósito de deixar este sistema de medida naturalmente contribuir para a otimização da cadeia de suprimentos. O controle é operacionalizado usando medidas de desempenho da cadeia, junto com planejamento, no conjunto de componentes de gerenciamento da cadeia de suprimentos. O propósito da medida e controle na cadeia de suprimentos é prover a gerência com um conjunto de ações que podem ser

tomadas para melhorar o desempenho e planejar esforços de aumento de competitividade. Dois passos podem ser fundamentais para o desenvolvimento de um novo método para fornecer entradas para o controle da cadeia de suprimentos:

- A definição da extensão da cadeia de suprimentos para fornecer um contexto de medida.
- O desenvolvimento de novas medidas e o desenvolvimento de novos “benchmarks”⁸, baseados nestas medidas; ao desenvolver o novo formato de medidas, vários aspectos da definição da cadeia de suprimentos podem afetar o conjunto específico de medidas usado. A posição dos participantes na cadeia (fornecedores, fabricantes, vendedores, serviços de suprimentos) afeta sua contribuição e medidas relevantes, o nível de integração e o método estratégico podem afetar a relevância das medidas. Criar “benchmarks” baseados em novos sistemas de medidas contribui para direcionar esforços e otimizar a cadeia de suprimentos.

A variável dependente a ser observada na pesquisa será o uso das informações geradas por um sistema de medição de desempenho multidimensional. Essa variável tem uma relação de dependência em relação às questões de *como* usar, *quem* deve usar as informações, *onde* devem ser utilizadas e *quais* devem ser os *parâmetros* medidos. Cada uma dessas questões deve ser desdobrada numa série de questões correlatas.

Como se deve usar as informações sobre o desempenho?

- Planejar, controlar e melhorar o desempenho;
- Prevenir e solucionar problemas;
- Induzir a atitude nas pessoas;

⁸ Benchmarking é a arte de descobrir como e por que algumas empresas podem desempenhar mais tarefas e de maneira melhor do que as outras (Kotler, 1994).

- Servir de base para a tomada de decisão;
- Legitimar a retórica da alta administração e dos gerentes.

Onde as informações devem ser utilizadas?

- Em todos os níveis hierárquicos de tomada de decisão — estratégico, tático e operacional;
- Nos processos e nas atividades; e
- Em reuniões formais ou informais.

4.5 Proposta para Principais Pontos de Medida

Beamon (1998) coloca que as medidas de desempenho em cadeias de suprimentos são expressas como funções de uma ou mais variáveis de decisão, sendo escolhidas de maneira a otimizar uma ou mais medidas de desempenho, conforme segue:

1. Planejamento de Produção/distribuição: planejar a fabricação e/ou a distribuição;
2. Níveis de estoques: quantidade e localização de toda matéria-prima, sub-conjuntos, armazenamento de conjunto final;
3. Número de estágios: determinar o número de estágios (ou escalões) que vai abranger a cadeia de suprimentos. Isto envolve cada aumento ou diminuição do nível de integração vertical da cadeia por combinação (ou eliminação) de estágios ou separação (ou adição) de estágios, respectivamente;
4. Centro de Distribuição (CD): determinar qual(is) CD (s) vai(vão) servir qual(is) cliente(s);
5. Atribuição do produto: determinar qual(is) planta(s) fabricará(ão) qual(is) produto(s);
6. Relacionamento Fornecedor-comprador: determinar e desenvolver aspectos críticos do relacionamento fornecedor/comprador;

7. Especificação dos passos de diferenciação do produto: determinar o passo dentro do processo de fabricação de produto e qual produto deveria ser diferenciado (ou especializado);
8. Número de tipos de produto mantidos em estoque: determinar o número de diferentes tipos de produto que serão mantidos em estoque de mercadorias acabadas.
9. Número de contratos de longo prazo, em volume monetário.

4.6 Seleção da Abordagem e do Método de Pesquisa

Uma vez apresentadas as abordagens de pesquisa existentes (abordagem quantitativa e abordagem qualitativa), os critérios de seleção de uma abordagem de pesquisa (adequação aos conceitos envolvidos, adequação aos objetivos da pesquisa, validade e confiabilidade) e as características da pesquisa a ser realizada, é possível proceder à seleção da abordagem e do método de procedimento mais adequado para execução da presente pesquisa.

A tabela 4.1, a seguir, apresenta a avaliação de cada método de pesquisa diante das características da mesma de acordo com cada um dos critérios utilizados para selecionar a abordagem de pesquisa.

Pela análise da tabela 4.1 é possível concluir que a abordagem qualitativa é a mais adequada para o desenvolvimento da presente pesquisa. Os critérios que mais contribuíram por essa escolha foram a adequação aos conceitos envolvidos e a adequação aos objetivos da pesquisa.

Critério	Características da pesquisa	Abordagem quantitativa	Abordagem qualitativa
Adequação aos conceitos	Necessidade de captar percepção das pessoas	Impossível	Possível
	Variáveis difíceis de quantificar	Inadequado	Possível
	Tamanho de amostra pequeno	Insuficiente	Possível
Adequação aos objetivos	Contribuição para formulação de teoria	Inadequado	Adequado
	Compreensão profunda sobre o uso da informação	Inadequado	Adequado
	Estudar inter-relacionamento das variáveis	Possível	Possível
Validade de construção		Possível	Possível
Validade interna		Possível	Possível
Validade externa	Generalização da teoria	Possível	Possível
Confiabilidade		Possível	Possível

Tabela 4.1 – Critérios para escolha da Abordagem da Pesquisa (Martins, 1998)

A tabela 4.2 apresenta a forma de seleção do método de procedimento da pesquisa, tendo como referência a adequação dos métodos apresentados no item e as características da pesquisa.

Características da pesquisa	Pesquisa Experimental	Pesquisa de Avaliação	Estudo de Caso	Pesquisa-Ação
Presença do pesquisador	Possível	Incomum	Comum	Comum
Construção de teoria	Possível	Incomum	Adequado	Possível
Tamanho de amostra pequeno	Possível	Incomum	Comum	Comum
Variáveis difíceis de quantificar	Possível	Possível	Possível	Possível
Fronteiras não predefinidas	Incomum	Difícil	Adequado	Possível
Elucidar casualidade entre as variáveis	Adequada	Incomum	Adequado	Possível
Responder á pergunta de pesquisa “como”.	Possível	Difícil	Adequado	Possível
Dificuldade de manipulação das variáveis	Difícil	Possível	Adequado	Inadequado

Tabela 4.2 – Critérios para Escolha do Método de Pesquisa. (Adaptado de Martins, 1998)

Isso se deve principalmente ao fato da dificuldade de manipular as variáveis independentes, tanto para realizar uma pesquisa experimental quanto uma pesquisa-ação. No caso de uma pesquisa de avaliação, em ser difícil responder a uma pergunta de pesquisa do tipo “como” e não haver fronteiras bem definidas para o problema. O estudo de caso tem como forma de questão de pesquisa o “como” e o “por que”, não exigindo controle sobre eventos comportamentais e focalizando em acontecimentos contemporâneos.

Yin (2001) considera que, como esforço de pesquisa, o estudo de caso contribui de forma inigualável para a compreensão que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos, sendo que a estratégia de pesquisa do estudo de caso aplica-se a:

- política, ciência e pesquisa em administração pública;
- sociologia e psicologia comunitária;
- estudos organizacionais e gerenciais;
- pesquisa de planejamento regional e municipal;
- supervisão de dissertações e teses em ciências sociais – disciplinas acadêmicas e áreas profissionais como administração empresarial, ciências administrativas e trabalho social.

Assim, ainda conforme Yin (2001), define-se estudo de caso como sendo:

“... uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites deste fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. A investigação do estudo de caso enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e como resultado baseia-se em várias fontes de evidências, com

os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e análise de dados.”

4.7. Projeto de Pesquisa

Yin (2001) observa que projetos de pesquisa de estudos de caso ainda não foram sistematizados. Deve existir um modelo lógico de provas que lhe permite fazer inferências relativas às relações causais entre as variáveis sob investigação. O projeto de pesquisa também define o domínio da generalização, isto é, se as interpretações obtidas podem ser generalizadas a uma população maior ou a situações diferentes.

Os componentes do projeto de pesquisa são:

- questão do estudo: já definida;
- proposições: também definidas anteriormente;
- sua unidade de análise, definida como sendo o comportamento dos estoques de matérias-primas da empresa;
- lógica que une os dados às proposições;
- critérios para se interpretar as descobertas, envolvendo o estabelecimento de medidas operacionais corretas para os conceitos em estudo, estabelecer uma relação causal, da qual são mostradas as condições que levam a outras condições.

A validade do construto depende da seleção dos tipos específicos das mudanças que devem ser estudadas; demonstrar que medidas selecionadas dessas mudanças realmente refletem os tipos específicos de mudança que foram selecionadas.

A validade deste estudo é para estudo de caso causal e permite fazer inferências.

Este estudo de caso é um projeto de caso único, em que a teoria

especifica um conjunto de proposições e as circunstâncias nas quais as proposições sejam verdadeiras, sendo que para confirmar a teoria deve existir um caso que satisfaça a todas as condições. Determinar se as proposições de uma teoria são corretas ou se algum outro conjunto alternativo de explicações possa ser mais relevantes, ajudando a redirecionar investigações futuras.

4.8 Instrumentos de Pesquisa

De acordo com Yin (2001) existem seis fontes de evidências a partir das quais o investigador pode coletar informações. São elas:

- *Documentação*: fonte de informação relevante, contudo é preciso verificar a validade do documento com outras fontes de evidência;
- *Registros de arquivos*: são documentos guardados, por algum motivo, de forma sistemática;
- *Entrevistas*: uma das mais importantes fontes de informações, podendo ser estruturada ou semi-estruturada de forma a transformar o entrevistado num “informante” do pesquisador;
- *Observação direta*: por intermédio da visita ao campo, são feitas observações de comportamentos relevantes e condições ambientais, que são uma fonte de informações adicionais;
- *Observação participativa*: o pesquisador deixa de ser um observador passivo e passa a participar realmente dos eventos; e
- *Artefatos físicos*: eles podem ser físicos ou culturais e coletados ou observados no campo.

O desenvolvimento deste trabalho será baseado em:

- entrevistas com os responsáveis da área dentro da empresa estudada,

- observações diretas,
- coletas de dados do sistema de gerenciamento da empresa e
- utilização de planilha eletrônica para a construção do modelo e simulação de estratégias.

Conforme Keebler et all (2000), as características de uma boa medida de desempenho seriam as constantes na tabela 3.4.

Uma boa medida	Descrição
É quantitativa	A medida pode ser expressa como um valor objetivo
É fácil de entender	A medida transmite um vislumbre do que está sendo medido, e como se origina
Encoraja comportamento apropriado	A medida é balanceada para premiar comportamento produtivo e desencorajar “jogos”
É visível	Os efeitos da medida são prontamente evidentes para todos os envolvidos no processo a ser medido
É definido e mutuamente compreendido	A medida é definida e/ou acordada por todos os participantes-chaves do processo (internos e externos)
Abrange saídas e entradas	A medida integra fatores de todos os aspectos do processo a ser medido
Mede somente o que é importante	A medida foca um indicador chave de desempenho que é de real valor para o gerenciamento de processo
É multidimensional	A medida é apropriadamente balanceada entre utilização, produtividade e desempenho, e mostra as perdas compensatórias (“trade-offs”)
Usa economias de escopo	Os benefícios da medida excedem os custos de coleta e análise
Facilita a confiança	A medida valida a participação entre as várias partes

Tabela 4.3 – Características das medidas a serem executadas (Keebler et all, 2000).

4.9 Roteiro de Trabalho

Yin (2001) propõe um fluxograma para o desenvolvimento do estudo de caso, que é adaptado a este trabalho:

1. Definição e Planejamento

- a. Revisão Bibliográfica
 - b. Desenvolvimento da Teoria
 - c. Conceituação do problema
 - d. Escolha do objeto do estudo de caso
2. Criação do modelo
 3. Preparar coleta e análise
 - a. Fazer entrevistas
 - b. Levantamento dos dados em campo
 - c. Escolha das variáveis
 4. Rodar o modelo
 - a. Verificar aderência aos dados
 - b. Escrever relatórios
 5. Análise e conclusões
 - a. Fazer projeções com o modelo
 - b. Chegar a conclusões

CAPÍTULO 5

5.1. Estudo de Caso: A Cadeia de Suprimentos

A cadeia de suprimentos a ser estudada é composta de uma indústria de componentes de plástico injetado e prensado, que atende as indústrias automobilísticas, autopeças, eletro-eletrônica e de informática, com seus fornecedores e clientes.

Na indústria de componentes de plástico foram entrevistadas três pessoas: o gerente de sistemas, o responsável pelo planejamento e controle de produção (PCP) e o gerente de compras. Não há medidas de desempenho adotadas no momento, apesar do sistema apresentar informações confiáveis. O sistema de gerenciamento (ERP) utilizado foi desenvolvido internamente, sendo, portanto, voltado especificamente às necessidades e características da empresa. Está prevista a geração de relatórios de desempenho, mas ainda não há definição das variáveis a serem adotadas e a partir de quando este recurso estará disponibilizado.

As principais matérias-primas são compostos de polipropileno e resina de polipropileno, derivados de nafta.

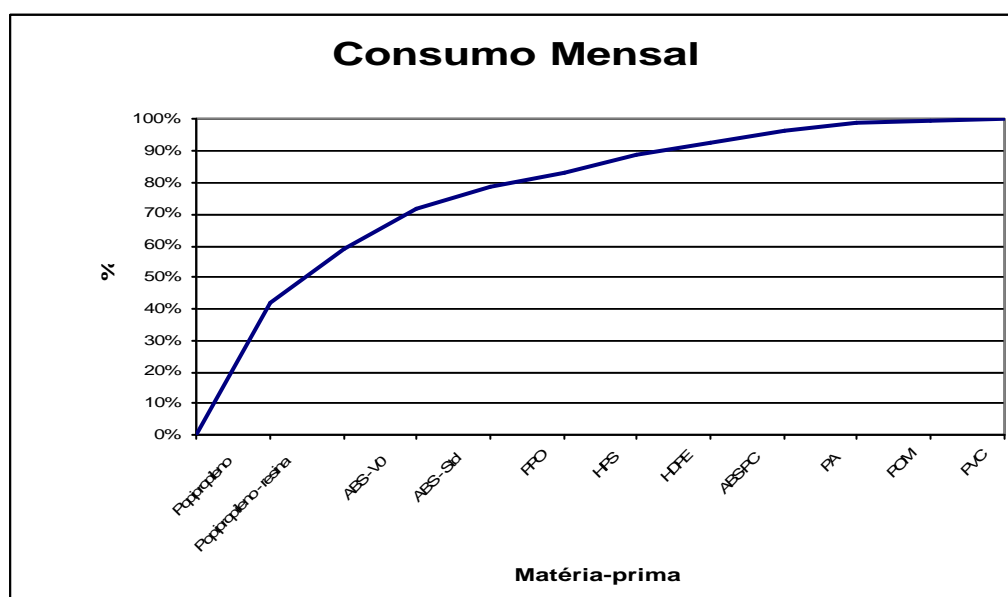


Figura 5.1 – Curva ABC do consumo mensal de matéria-prima

Os fornecedores são grandes empresas que dominam o mercado e colocam suas condições (prazos, condições de pagamento, lotes mínimos de compra) para o fornecimento. O preço flutua conforme o mercado internacional.

Como clientes, há montadoras automobilísticas e indústrias eletroeletrônicas, com as quais mantém contratos de médio e longo prazo. Há uma previsão de consumo de 6 a 12 meses, sendo que a programação real é feita entre uma e duas semanas de antecedência. Existem picos e vales de consumo, que devido ao sistema de confirmação de programação, é repassado em um intervalo de tempo extremamente reduzido, exigindo do fabricante uma alta flexibilidade de reprogramação.

Há, ainda, o desenvolvimento de novos produtos, devido aos projetos dos clientes, assim como a descontinuação de produtos existentes, afetando o consumo de matérias-primas.

5.2 Fluxos de Informações

Este estudo utilizará o fluxo de informações entre os Fornecedores, a Empresa e as Montadoras para o programa de entregas. Este fluxo é feito através de um EDI, que possibilita o envio das necessidades de peças da Montadora para a Empresa. Este programa cobre o período de 1 semana, com detalhamento diário, e coloca as próximas como previsão, que são corrigidas ao término da semana corrente, transformando a próxima semana em programa.

Através do EDI as programações de entrega são recebidas e o sistema ERP / módulo de ordens de venda é atualizado, sendo que a entrega e o faturamento são feitos com base nesta atualização.

Tendo recebido as programações de entrega, o MPS - Plano Mestre de Produção é processado, posicionando a nova programação de entrega, visto que no EDI são recebidas as programações de entrega e a última Nota Fiscal considerada pela montadora.

A empresa trabalha em “Just-in-Time”, tendo, portanto, notas fiscais emitidas que estão em trânsito e, por decorrência, devem ser abatidas da programação recebida.

A segunda função é fazer uma análise crítica entre a programação recebida e estoque disponível. E com base nesta projeção as informações de necessidades de fabricação são posicionadas.

Há uma terceira função no MPS que é fornecer informações gerenciais à área de logística, como relatórios com base em variações (%) entre o plano anterior e atual. Ocorrendo variações significativas (para mais ou para menos) são tomadas decisões gerenciais.

Somente após este posicionamento, análise e decisões, o MPS é carregado para o MRP para cálculo da matéria prima necessária. E neste momento as informações do ERP são fundamentais (lista de materiais, saldos em estoque, ordens de compras colocadas, políticas, etc.).

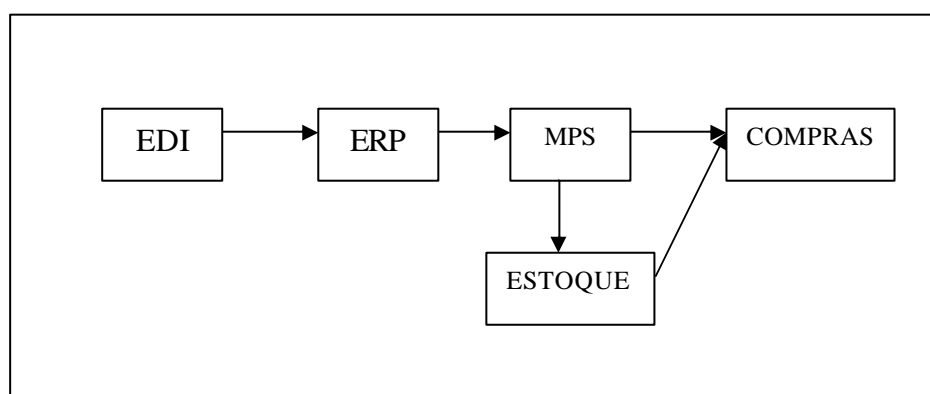


Figura 5.2 – Fluxo de informação para cálculo e compra de matéria-prima.

5.3. Árvore de Produtos

Para este estudo de caso foram selecionados os principais produtos da empresa e definidas as necessidades de matérias-primas conforme tabela 5.1.

Produto	P1	P2	P3	P4	P5
Materia-Prima	Mult	Mult	Mult	Mult	Mult
	1	1	1	1	1
MP1		0,05			
MP2	0,008702				
MP3			0,027799	0,027799	0,004899
MP4			0,0555	0,111099	0,034302
MP5			0,0555	0,0555	0,009801
MP6			0,0555	0,0555	0,009801
MP7	0,000105				
MP8	0,043509				
MP9	0,000895				
MP10		1			
MP11			0,027799	0,027799	0,004899
MP12	1				
MP13		1			
MP14			1	1	
MP15					1
MP16		0,281098			
MP17	0,037807				
MP18			0,732	0,872201	
MP19	0,000807				
MP20		0,011702			

Tabela 5.1 – Árvore de produtos da empresa

Os valores apresentados nesta tabela representam as quantidades necessárias de cada matéria-prima para a produção de uma unidade de produto final. Assim, têm-se 5 produtos finais e vinte matérias-primas.

Os modelos utilizados são extensões do modelo descrito no capítulo 3, descrevendo as interações entre as diversas variáveis desta cadeia de suprimentos.

A tabela 5.2 mostra a política de estoque para cada uma das matérias-primas, apresentando o estoque de segurança e o lote mínimo de compra em unidades nas quais cada matéria-prima é comercializada. O tempo de espera apresenta a mesma unidade padrão para todos os itens. Uma vez que a análise será qualitativa, estas unidades não terão influência sobre os resultados.

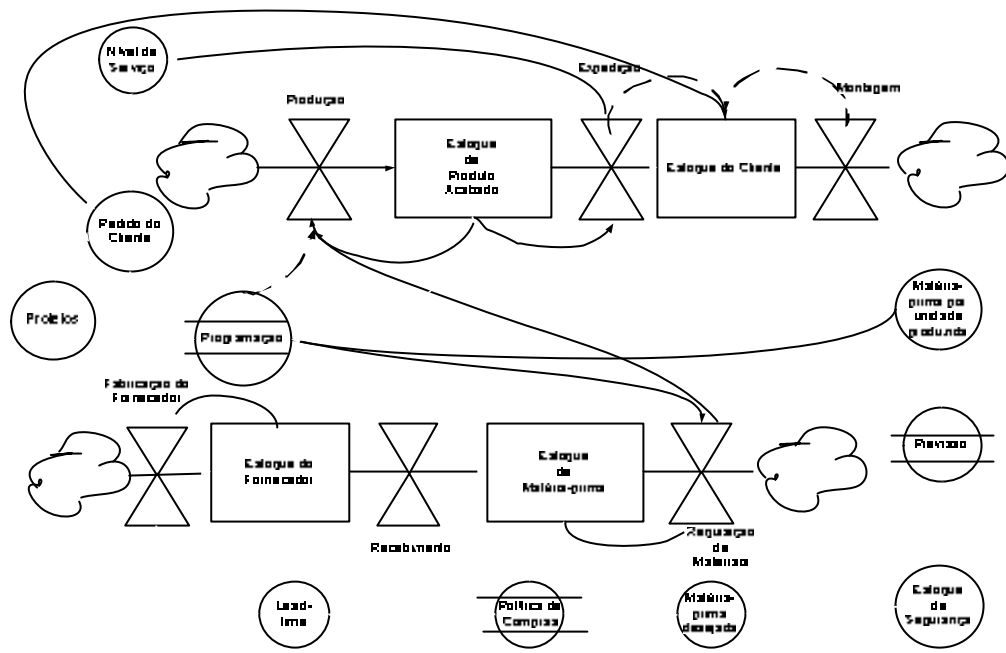
Matéria-prima	Estoque de segurança	Tempo de espera ("lead-time")	Ponto de Pedido	Lote mínimo
MP1	30	12	70	50
MP2	100	12	200	100
MP3	300	12	600	100
MP4	500	12	1000	100
MP5	0	12	150	100
MP6	300	12	500	80
MP7	100	12	200	80
MP8	10200	12	20000	40000
MP9	0	20	40	75
MP10	100	20	300	500
MP11	500	20	800	500
MP12	50	30	100	30
MP13	500	30	900	300
MP14	900	30	1800	500
MP15	900	30	1500	500
MP16	500	7	700	1000
MP17	500	7	700	1000
MP18	3000	20	5000	3000
MP19	500	20	800	1000

Tabela 5.2 – Políticas de estoque para matérias-primas

5.4 Modelo para a Cadeia com Utilização de Uma Matéria-Prima

O modelo utilizado para a simulação do comportamento de estoque de uma matéria-prima é o mostrado na figura 5.3.

A compra de matéria-prima é feita baseada na previsão de demanda informada pelo cliente, uma vez que há um tempo de espera ("lead-time") para o recebimento da mercadoria. Não são consideradas no modelo as variáveis relativas ao transporte.



$$EX.JK = \begin{cases} se\ PA.J < PCl; então\ EX.JK = PA.J \\ se\ PA.J \geq PCl; então\ EX.JK = PCl \end{cases} \quad (IX)$$

$$EC.K = EC.J + DT*(EX.JK - MG.JK) \quad (X)$$

Onde:

DT: intervalo de tempo considerado entre cada momento da simulação

EC.J: estoque de produto no cliente no momento J

EC.K: estoque de produto no cliente no momento K (J + DT)

EF.J: estoque de matéria-prima do fornecedor no instante J

EF.K: estoque de matéria-prima do fornecedor no instante K (J + DT)

EX.JK: fluxo de expedição de produto acabado para o cliente

FF.JK: fluxo de fabricação do fornecedor

LD: tempo de espera ("lead-time")

MG.JK: fluxo de produto para a montagem final no cliente

MP.J: estoque de matéria-prima no fabricante no instante J

MP.K: estoque de matéria-prima no fabricante no instante K (J + DT)

MPu: matéria-prima necessária para produzir uma unidade de produto acabado.

PA.J: estoque de produto acabado no fabricante no instante J

PA.K: estoque de produto acabado no fabricante no instante K (J + DT)

PC: pedido de compra de matéria-prima

PCl: Pedido do cliente

PG: programação de produção

PP: Ponto de pedido

PR.JK: fluxo de produção do fabricante

RC.JK: fluxo de recebimento da matéria-prima

RM.JK: fluxo de requisição de matéria-prima pela produção

O fluxo de recebimento (RC.JK) varia conforme a função tabela Política de Compras, que dimensiona os pedidos conforme a Previsão. O fluxo de saída requisição de materiais (RM.JK) depende da função tabela

Programa de Produção, baseada no Pedido do Cliente, que define sua real necessidade.

Por sua vez, o estoque de produto acabado (PA.J) é função do fluxo de entrada produção (PR.JK) e do fluxo de saída expedição (EX.JK). A produção (PR.JK) varia conforme a função tabela Programação de Produção e do nível do estoque de produto acabado (PA.J), enquanto o fluxo expedição (EX.JK) procura atender o Pedido do Cliente, que será medido através no Nível de Serviço como a relação entre o material expedido e o material pedido pelo cliente.

Para fazer a ligação entre as duas linhas (matéria-prima e produto acabado) utiliza-se um fator Matéria-Prima por Unidade de Produto, retirado da tabela 5.1, para a conversão entre as duas grandezas.

5.5 Rodando o Modelo

Para rodar o modelo proposto utilizou-se planilha eletrônica, aplicando-se as fórmulas descritas neste trabalho.

5.5.1 Cenário Atual

5.5.1.1 Matéria-prima MP13

O primeiro cenário considerado é o caso da matéria-prima MP13, utilizada no produto final P2. Conforme as tabelas 5.1 e 5.2, esta matéria-prima apresenta um fator multiplicativo 1 (uma unidade de matéria prima para cada unidade de produto acabado), tempo de espera (“lead-time”) de 30 dias e estoque de segurança de 500 unidades.

Com este tempo de espera (“lead-time”), as compras são efetuadas com um mês de antecedência, totalmente baseadas na previsão de demanda do cliente, havendo, então, um desvio entre a compra e a programação. Neste caso, a Previsão e a Programação do produto P2 são funções tabela do modelo (Anexo A), havendo, também, projetos desenvolvidos em paralelo (Anexo B).



Figura 5.4 – Previsão versus programação do produto final P2 para matéria-prima MP13

Conforme visto na figura 5.4, há diferenças entre a previsão e a programação. O consumo médio da previsão é de 899,79 unidades, com um desvio-padrão de 82,35 unidades. O coeficiente de variação de Pearson⁹ para a previsão é de 9,15. Portanto a previsão apresenta baixa dispersão.

Em contrapartida, a programação apresenta valores mais elevados: média de 910,78 unidades, desvio-padrão de 130,05 unidades. O coeficiente de variação de Pearson é de 14,27.

A correlação entre a previsão e a programação é $r = 0,7096$.

Ao rodar-se o modelo para um período de 60 semanas, conforme anexo E, tem-se o seguinte gráfico (figura 5.5):

⁹ O coeficiente de variação de Pearson (CV) é uma medida relativa de dispersão. É a relação entre o desvio-padrão e a média ($CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100$). A regra empírica para a interpretação deste coeficiente é: para

$CV < 15\%$ tem-se baixa dispersão; $15\% < CV < 30\%$, média dispersão; $CV \geq 30\%$, elevada dispersão. (Martins, 2001).

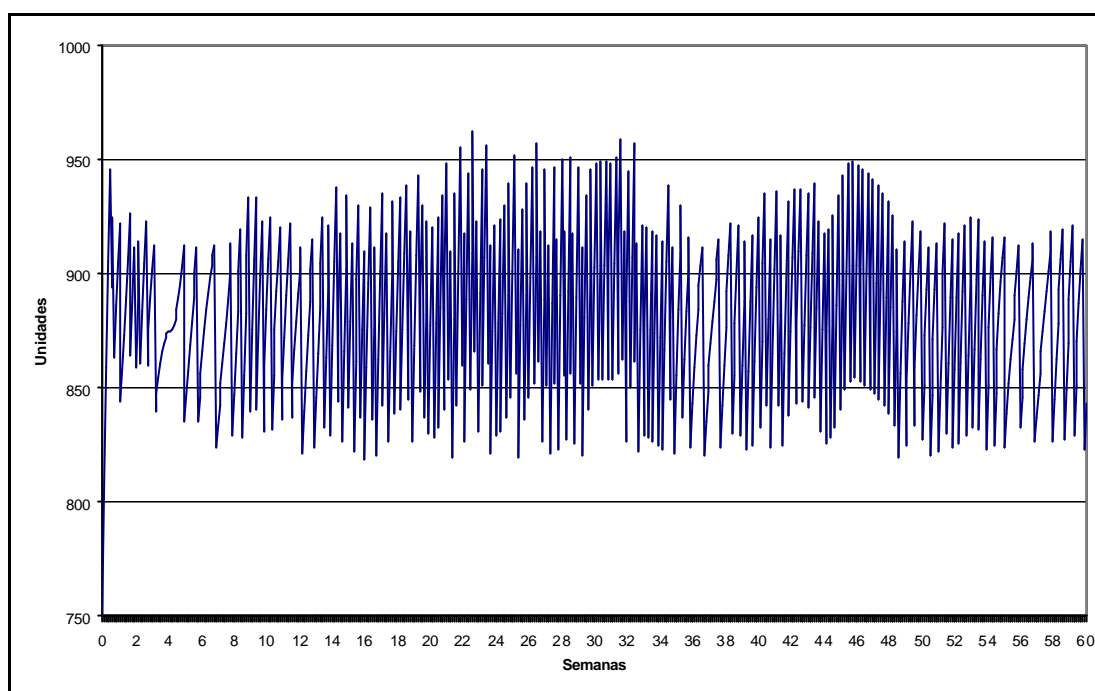


Figura 5.5 – Estoque de matéria-prima MP13

Os níveis de estoque da matéria-prima MP13 (figura 5.5) oscilam conforme um perfil dente de serra com reabastecimento gradual, sofrendo picos e vales devido a alterações da programação em relação à demanda prevista. Nota-se, também, um aumento de frequência entrada/saída de material a partir da 12ª semana devido ao início de um novo projeto que utiliza a mesma matéria prima.

O estoque médio de matéria-prima MP13 é de 881,44 unidades, com desvio-padrão de 36,45. O coeficiente de variação de Pearson é de 4,14, apresentando, portanto, baixíssima dispersão.

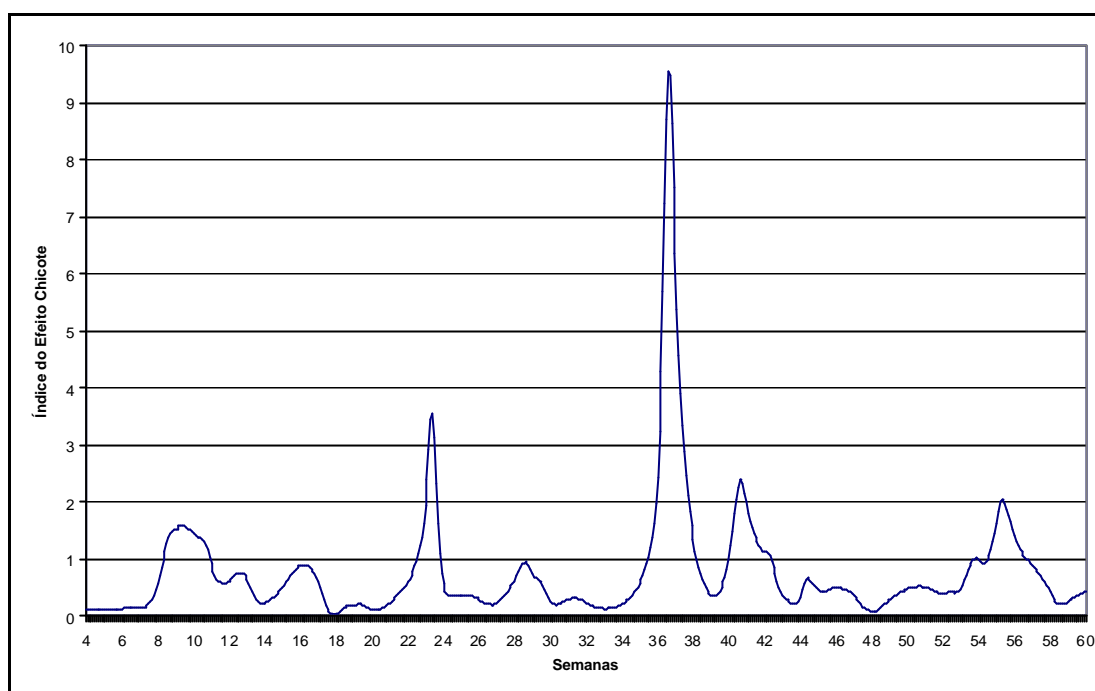


Figura 5.6 – Efeito chicote para matéria-prima para a matéria-prima MP13

Como este cenário mostra uma grande oscilação entre a previsão de demanda e a demanda real, representada pelo pedido do cliente, não há um comportamento padronizado do estoque de matéria-prima ao longo do mês devido à compra realizada com base na previsão e ao longo tempo de espera (“lead-time”). O efeito chicote (figura 5.6), calculado com base nas variâncias de quatro semanas, oscila de maneira acentuada, estando, na maior parte do tempo, abaixo de 1, indicando uma percepção da variação da demanda pelo fornecedor menor do que a real e, em outros momentos atingindo picos ao redor de 10, mostrando que a variância do lado do fornecedor é maior que do lado do cliente, indicando uma percepção da variação de demanda maior que a real, existindo, assim um descompasso entre os extremos da cadeia de suprimentos.

O índice de satisfação do cliente, calculado conforme definido no capítulo 3, permaneceu em 100% devido ao estoque de produto acabado que absorveu as flutuações entre previsão e programação.

A confiabilidade da cadeia nestes parâmetros é de 0,7801 ou 78,01%, considerando o intervalo de uma semana ($t = 1$), por conta das entregas do

fornecedor de matéria-prima defasadas da programação do cliente. A confiabilidade do fabricante é de 1 (100%), pois compensa estas defasagens com altos níveis de estoque.

Ao se fazer a análise de correlação entre a variação de estoque do fornecedor de matéria-prima e a variação do estoque de matéria-prima do fabricante encontramos o valor de $-0,68634$, sugerindo um relacionamento negativo entre as duas variações, mas, conforme tabela 5.3, ao se realizar o teste F, encontra-se $F = 525,588$, superior ao $F_{0,05} = 5,5487 \cdot 10^{-84}$, rejeitando-se a hipótese de que haja relação entre as duas variações de estoque.

	<i>gl</i>	SQ	MQ	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	749977,2	749977,2	525,588	5,5487E-84
Resíduo	599	854731	1426,93		
Total	600	1604708			

Tabela 5.3 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante.

O giro de estoque nesta simulação é de 43,53 vezes/ano.

5.5.1.2 Matéria-prima MP1

Dentro do mesmo cenário tem-se a matéria-prima MP1, utilizada também no produto final P2. Conforme as tabelas 5.1 e 5.2, esta matéria-prima apresenta um fator multiplicativo 0,05 (cinco centésimos de unidade de matéria prima para cada unidade de produto acabado), tempo de espera (“lead-time”) de 12 dias e estoque de segurança de 30 unidades.

Com este tempo de espera (“lead-time”), as compras são efetuadas com duas semanas de antecedência, totalmente baseadas na previsão de demanda do cliente, da mesma forma que a matéria-prima MP13, havendo, então, um desvio entre a compra e a programação. Neste caso, a Previsão e a Programação de P2 são funções tabela do modelo, assim como os projetos paralelos (Anexos C e D).

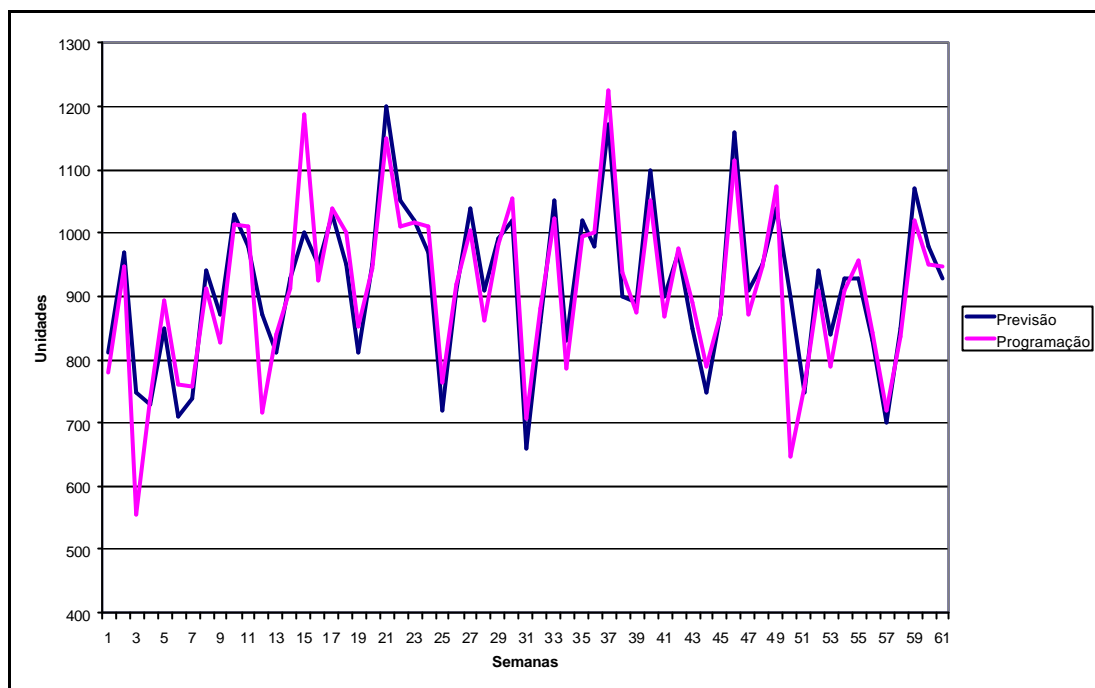


Figura 5.7 – Previsão versus programação de P2 para matéria-prima MP1

Novamente, há diferenças entre a previsão e a programação, conforme a figura 5.7. O consumo médio da previsão é de 918,36 unidades de produto acabado P2, com um desvio-padrão de 118,80 unidades. O coeficiente de variação de Pearson para a previsão é de 12,94. Portanto a previsão ainda apresenta baixa dispersão.

Neste caso, diferentemente do anterior, a programação apresenta valores próximos a da previsão: média de 910,78 unidades de produto acabado P2, desvio-padrão de 130,05 unidades. O coeficiente de variação de Pearson é de 14,27.

A correlação entre a previsão e a programação é $r = 0,8866$, maior que a correlação encontrada para a matéria-prima MP13, havendo, assim, menor discrepância entre a previsão e programação.

Ao rodar-se o modelo para um período de 60 semanas, conforme anexo F, tem-se o seguinte gráfico (figura 5.8):

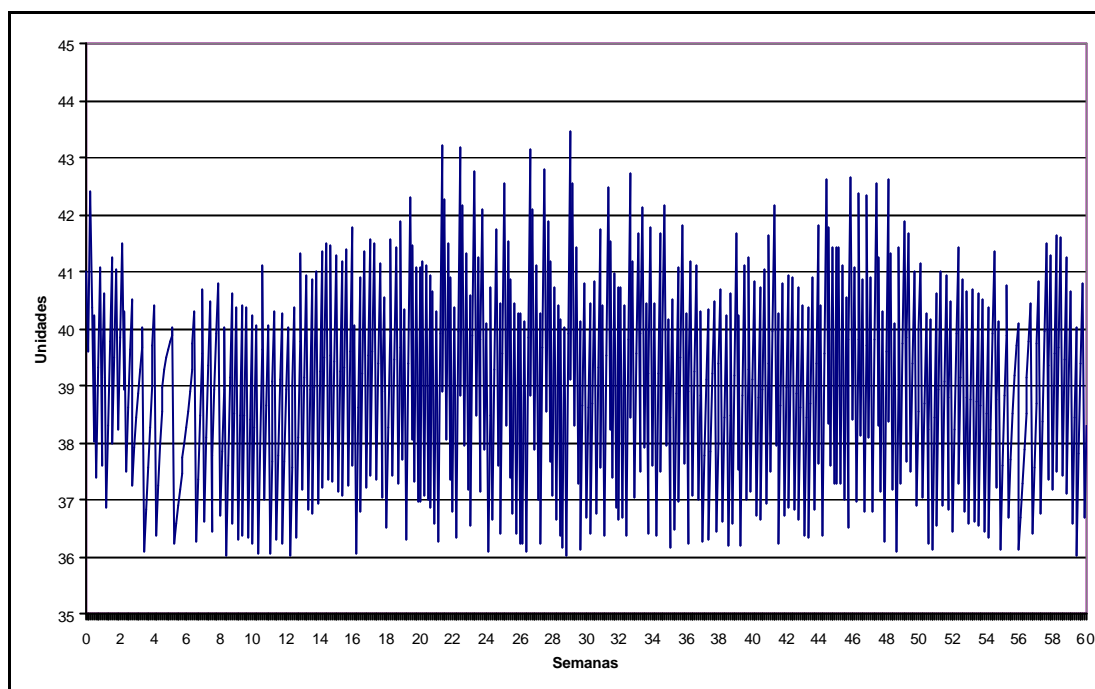


Figura 5.8 – Estoque de matéria-prima MP1

Os níveis de estoque da matéria-prima MP1 oscilam conforme um perfil dente de serra com reabastecimento gradual, sofrendo picos e vales devido a alterações da programação em relação à demanda prevista, similar ao comportamento do estoque de matéria-prima MP13. Da mesma forma, nota-se o aumento de frequência entrada/saída de material a partir da 12ª semana devido ao início de um novo projeto que utiliza a mesma matéria prima.

O estoque médio de matéria-prima MP1 é de 39 unidades, com desvio-padrão de 1,82. O coeficiente de variação de Pearson é de 4,68, apresentando também baixíssima dispersão.

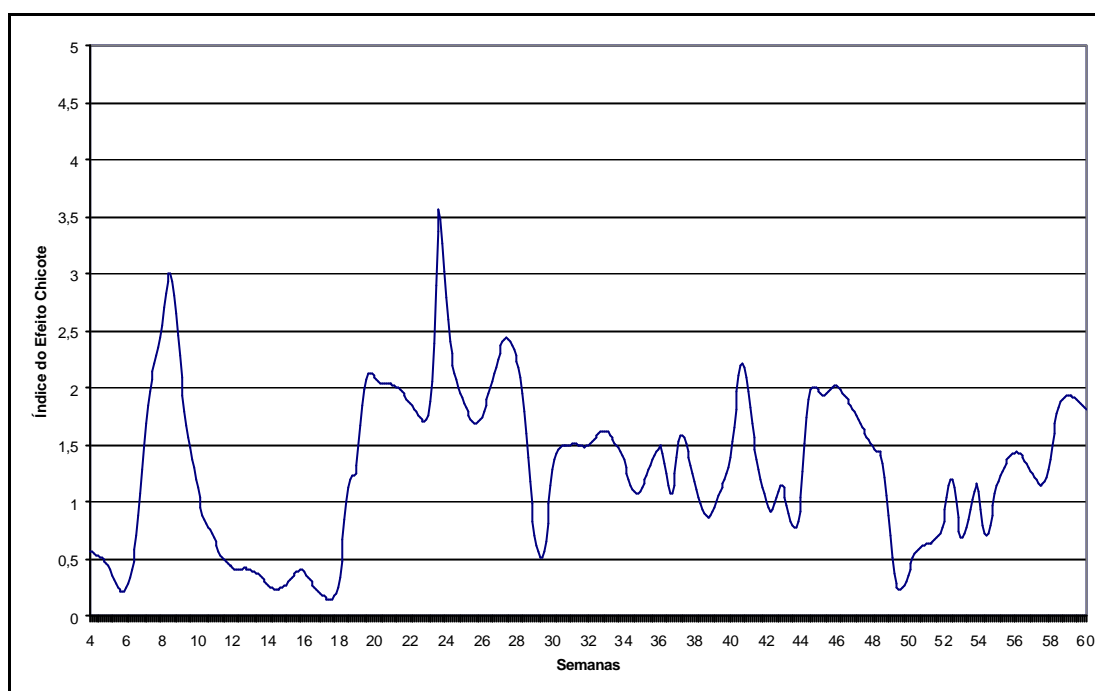


Figura 5.9 – Efeito chicote para matéria-prima MP1.

Como este cenário mostra uma oscilação menor entre a previsão de demanda e a demanda real, representada pelo pedido do cliente. O índice do efeito chicote (figura 5.9), calculado com base nas variâncias de quatro semanas, oscila de apresentando vales e picos, mas dentro de uma faixa mais estreita do que o índice da matéria-prima MP13 (de aproximadamente 0,15 a 3,57). Neste caso, o índice está, na maior parte do tempo, acima de 1, indicando uma percepção da variação da demanda pelo fornecedor maior do que a real e. Permanece, assim, um descompasso entre os extremos da cadeia de suprimentos, apesar de apresentar resultados menores.

O índice de satisfação do cliente, calculado conforme definido no capítulo 3, permaneceu em 100% devido ao estoque de produto acabado que absorveu as flutuações entre previsão e programação.

A confiabilidade da cadeia nestes parâmetros é de 0,7130 ou 71,30%, considerando o intervalo de uma semana ($t = 1$), por conta das entregas do fornecedor de matéria-prima defasadas da programação do cliente. A confiabilidade do fabricante é de 1 (100%), pois compensa estas defasagens com altos níveis de estoque.

Ao se fazer a análise de correlação entre a variação de estoque do fornecedor de matéria-prima e a variação do estoque de matéria-prima do fabricante encontramos o valor de $-0,56168$, sugerindo um relacionamento negativo entre as duas variações, mas, conforme tabela 5.4, ao se realizar o teste F, encontra-se $F = 275,6106$, superior ao $F_{0,05} = 3,48 \cdot 10^{-51}$, rejeitando-se a hipótese de que haja relação entre as duas variações de estoque.

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3123,862	3123,862	275,6106	3,48E-51
Resíduo	598	6777,931	11,33433		
Total	599	9901,793			

Tabela 5.4 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP1 e do fabricante.

O giro de estoque nesta simulação é de 43,56 vezes/ano.

5.5.2 Segundo Cenário

Ao se simular uma melhoria no tempo de espera do fornecedor de matéria-prima MP13, permitindo ao fabricante fazer pedidos baseados no consumo real e não na previsão (anexo G), passa-se a ter a correlação de $-0,23482$, menor que a anterior, e, conforme a tabela 5.5, encontra-se $F = 36,10277$, superior a $F_{0,05} = 3,25 \cdot 10^{-9}$, novamente rejeitando-se a hipótese de que haja relação entre as duas variações de estoque.

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	2,22E+08	2,22E+08	36,10277	3,25E-09
Resíduo	599	3,69E+09	6160703		
Total	600	3,91E+09			

Tabela 5.5 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante, após melhoria no tempo de espera do fornecedor.

Com esta alteração há uma redução dos níveis de estoque, e, após uma oscilação inicial, tem-se uma estabilização em um patamar próximo ao ponto de pedido (figura 5.10).

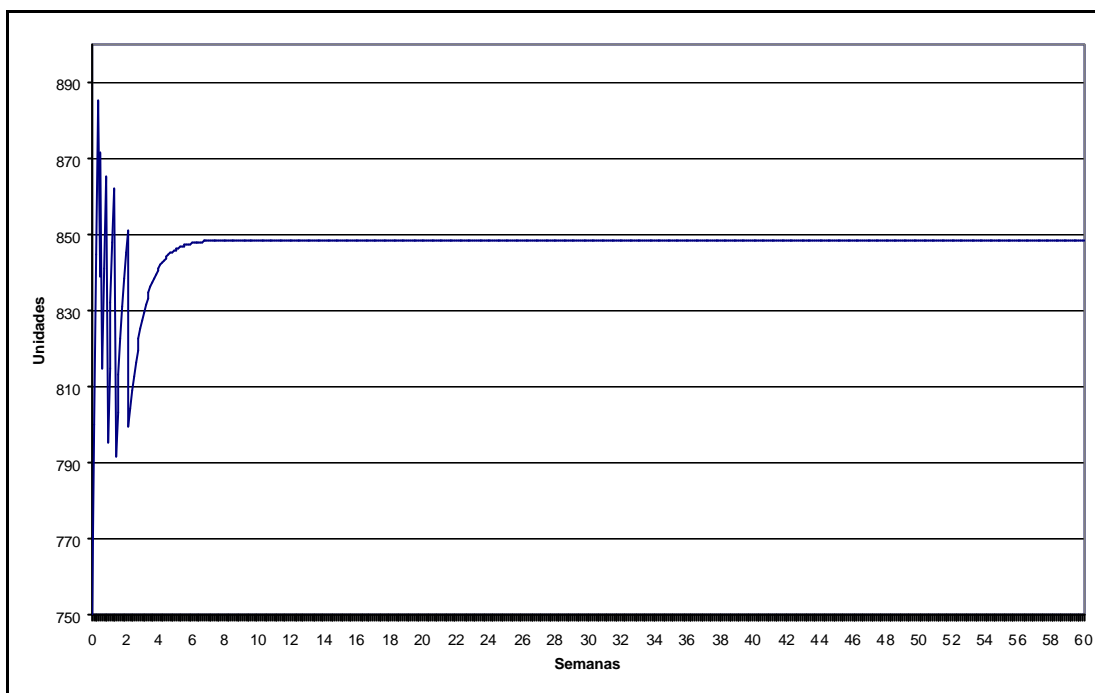


Figura 5.10 – Estoque da matéria-prima MP13 após melhora do tempo de espera

O índice do efeito chicote (figura 5.11) estabiliza-se em 1, indicando o equilíbrio ao longo da cadeia, ou seja, a percepção de demanda passa a ser a mesma para ambos os extremos da cadeia.

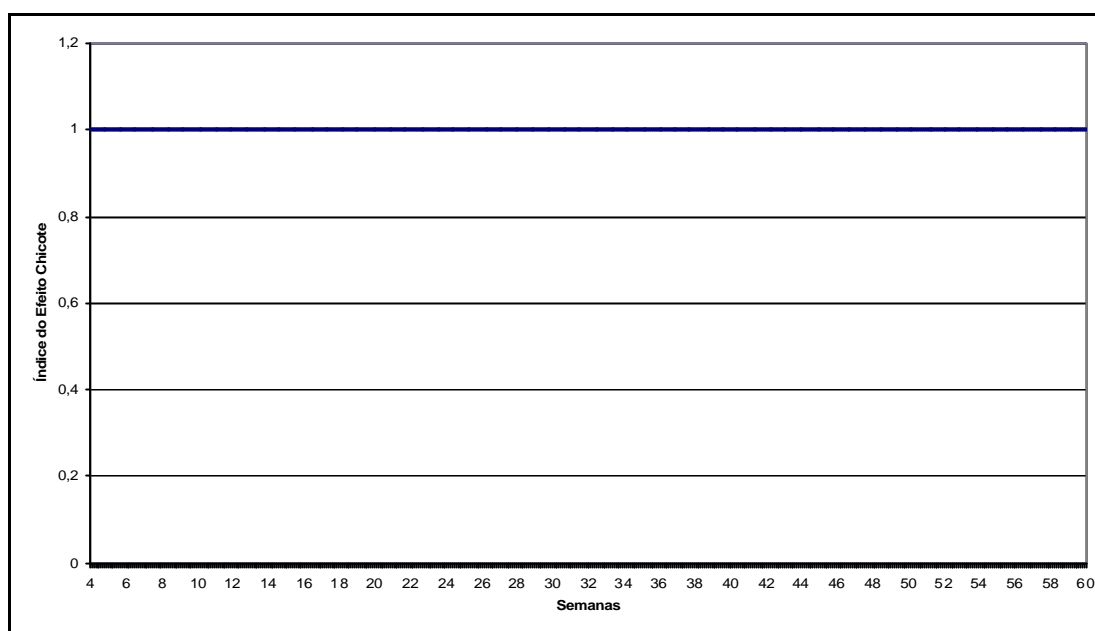


Figura 5.11 – Índice do efeito chicote para a matéria-prima MP13 após melhora do tempo de espera

A confiabilidade da cadeia, após esta alteração, passa para 0,9917 ou 99,17%, também para um intervalo de tempo de uma semana ($t=1$).

O giro de estoque permanece estável em 43,55 vezes/ano.

5.5.3 Terceiro Cenário

Ao se simular uma diminuição dos níveis de estoque de matéria-prima MP13 devido a diminuição do tempo de espera, através da redução do ponto de pedido (anexo H), a correlação de -0,23482, igual a anterior, e, conforme a tabela 5.6, permanecem os valores encontrados de $F = 36,10277$, superior a $F_{0,05} = 3,25 \cdot 10^{-9}$, novamente rejeitando-se a hipótese de que há relação entre as duas variações de estoque.

	<i>gl</i>	SQ	MQ	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	2,22E+08	2,22E+08	36,10277	3,25E-09
Resíduo	599	3,69E+09	6160703		
Total	600	3,91E+09			

Tabela 5.6 – Teste F para relação entre as variações de estoques do fornecedor de matéria-prima MP13 e do fabricante, após diminuição nos níveis de estoque de matéria-prima do fabricante.

Com esta alteração há uma nova redução dos níveis de estoque, e, após uma oscilação inicial, tem-se uma estabilização em um patamar próximo ao novo ponto de pedido (figura 5.12).

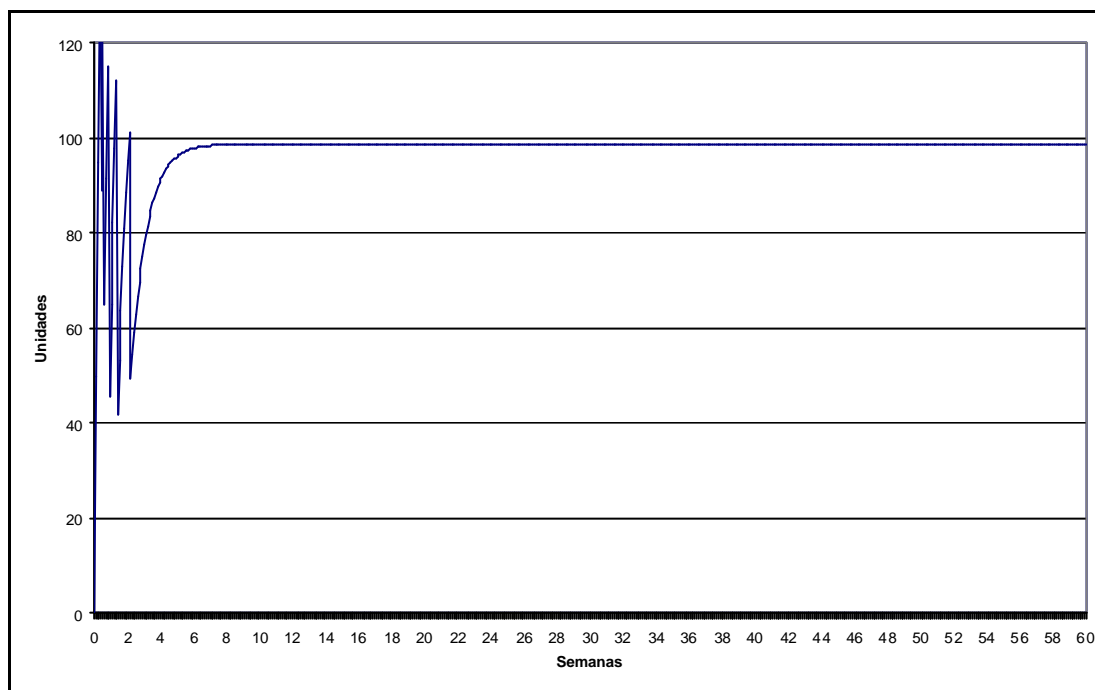


Figura 5.12 – Estoque da matéria-prima MP13 após diminuição dos níveis de estoque do fabricante.

O índice do efeito chicote (figura 5.13) continua estabilizado em 1, indicando o equilíbrio ao longo da cadeia, ou seja, a percepção de demanda passa a ser a mesma para ambos os extremos da cadeia.

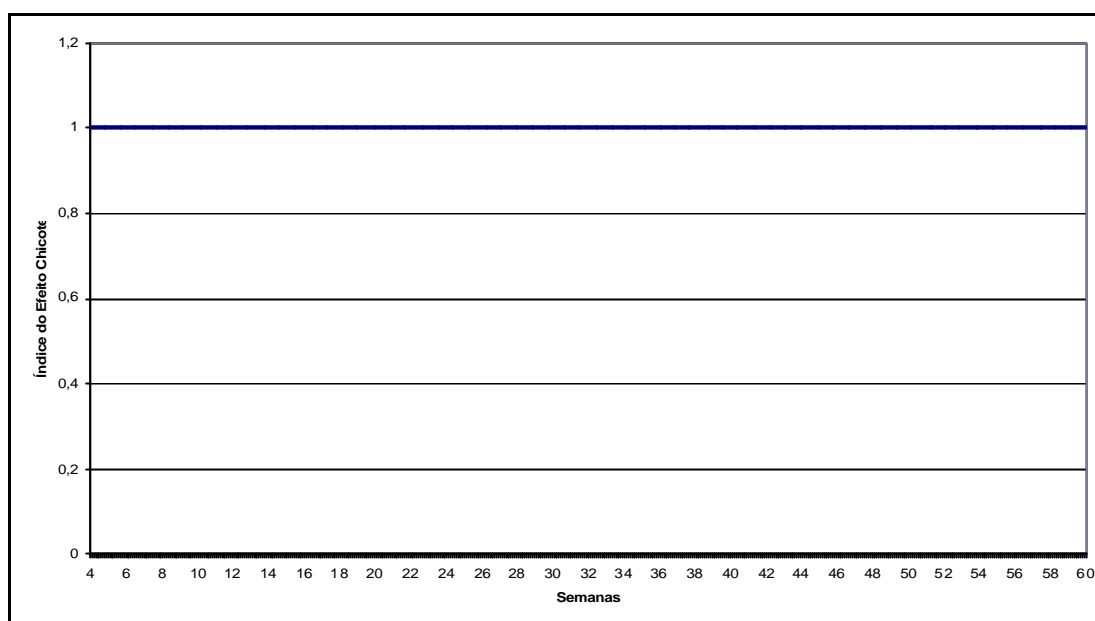


Figura 5.13 – Índice do efeito chicote para a matéria-prima MP13 após diminuição do ponto de pedido do estoque de matéria-prima do fabricante.

A confiabilidade da cadeia, após esta alteração, permanece em 0,9917 ou 99,17%, também para um intervalo de tempo de uma semana ($t=1$).

Neste caso, o giro de estoque fica em 52,27 vezes/ano.

5.6 Verificando as hipóteses

A primeira hipótese, conforme descrita no capítulo 4, é que o desempenho da cadeia de suprimentos está positivamente associado ao desempenho do fornecedor de matéria-prima. Através da simulação vista, verifica-se que a partir da diminuição do tempo de espera por parte do fornecedor de matéria-prima tem-se a diminuição dos estoques e suas flutuações, permitindo reduções de custos e aumento de flexibilidade ao longo da cadeia (fabricante e cliente). Isto fica evidenciado pela mudança nos índices de efeito chicote, que passa de um comportamento de forte oscilação para estabilizar-se no valor de 1 (demanda percebida pelo cliente passa a ser a mesma percebida pelo fornecedor de matéria-prima).

A segunda hipótese diz que o desempenho da cadeia de suprimentos está positivamente associado ao desempenho do fabricante. A mudança de 95,60% para 100% na confiabilidade da cadeia deve-se principalmente ao aumento do desempenho do fabricante que, devido a diminuição do tempo de espera, consegue responder aos pedidos colocados pelo cliente sem flutuações e incertezas.

A demonstração que o desempenho do fabricante varia positivamente com o desempenho do fornecedor de matéria-prima em ambos os cenários, está de acordo com a terceira hipótese.

Conclusão

Conforme definido no capítulo 1, o objetivo proposto por este trabalho é a validação dos conceitos levantados na bibliografia especializada dos modelos baseados em dinâmica de sistemas que podem representar as cadeias de suprimentos de multi-estágio.

Justificou-se, ainda, que as companhias devem focalizar em duas dimensões de desempenho para assegurar a integração da cadeia de suprimentos – multifuncional e multi-companhia. Cadeias de suprimentos se estendem sobre muitas funções em uma organização, por isso é crítico que medidas de desempenho não sejam estreitamente definidas. Medidas unidimensionais como utilização de capacidade, giro de estoque ou custos de materiais conduzirão a uma figura distorcida do desempenho de uma firma. Um desempenho acentuado em uma posição na cadeia não é suficiente para uma cadeia de suprimentos ter êxito se o restante da cadeia de suprimentos não está no mesmo nível. A cadeia de suprimentos é tão forte quanto seu elo mais fraco.

Através do estudo do comportamento de estoques utilizando-se a dinâmica de sistemas, pode-se verificar a interação entre as diversas variáveis que o afetam. É possível simular e analisar qualitativamente através da montagem de um modelo e da formulação das variáveis.

Retornando às proposições colocadas no capítulo 4, pode-se dizer:

1. Esta técnica pode ser utilizada para dar suporte ao sistema de gestão e implementação da estratégia de suprimentos da empresa;
2. As informações podem ser utilizadas em todos os níveis para correção e implementação de melhorias, alinhando a medição de desempenho às estratégias comerciais para fornecer uma maneira de alcançar o melhor desempenho da cadeia de suprimentos através de negociações com os demais elos da cadeia.

Mas, a empresa em questão possui um sistema de gestão adequado (EDI, ERP), trabalha dentro da filosofia JIT, não havendo formação de estoques de produtos acabados, mas tendo grandes conseqüências em seus estoques de matérias-primas devido a flutuações. O impacto da comunicação ao longo da cadeia é expresso pelo índice do efeito chicote, cuja variação demonstra a divergência entre os comportamentos dos estoques. Neste estudo, fica clara a importância da diminuição do tempo de espera (“lead-time”) para a melhoria da comunicação, indicada pela diminuição do índice do efeito chicote, resultando em uma melhor gestão de estoques pela rapidez de percepção das flutuações de demanda.

Modelos tradicionais de gestão de estoques, como lote econômico de compras e suas variações, não absorvem mudanças bruscas no comportamento de mercado, podendo, assim, gerar distorções quando utilizados como ferramentas de planejamento e programação. Através da simulação com dinâmica de sistemas, pode-se perceber o aumento da confiabilidade da cadeia de suprimentos, com conseqüente redução dos níveis de estoque (máximo e de segurança), redução dos custos e aumento de flexibilidade e rapidez de resposta dos elos da cadeia.

A técnica de dinâmica de sistemas mostra-se, assim, adequada para o entendimento do comportamento dos diversos elos da cadeia, a interação entre eles e os impactos de variáveis endógenas e exógenas. Permite, também, simular cenários e políticas para que se possam viabilizar melhorias na cadeia de suprimentos, facilitando as negociações entre fornecedores e compradores devido a visualizações dos benefícios mútuos.

A simbologia utilizada por Forrester (1961) permite a visualização de como as diversas variáveis, tanto endógenas quanto exógenas, interagem. Já a simbologia de Wild (1977) é mais adequada para representar sistemas de processos não considerando variáveis exógenas.

Em relação às críticas de Neely (1999), expostas no item 2.4, o modelo de cadeia de suprimentos baseado em dinâmica de sistemas:

- permite visão de longo prazo: utilizou-se um horizonte de 60 (sessenta) semanas, podendo-se, ainda, ampliá-lo;
- possui foco estratégico, permitindo testar estratégias e políticas e verificar suas conseqüências: verificou-se a situação atual, além de dois possíveis cenários;
- encoraja a otimização de toda a cadeia: buscou-se a confiabilidade de toda a cadeia e não apenas de um de seus elos;
- encoraja a melhoria contínua;
- fornece informações sobre as necessidades do cliente: através do índice do efeito chicote pode-se avaliar o fluxo de informação da cadeia e seu efeito na melhoria global.

As metas estratégicas focadas neste trabalho foram:

- Diminuir prazos e
- Minimizar estoques.

A qualidade foi considerada plenamente atendida e como sendo uma característica interna de cada componente, não afetando a simulação.

O modelo cobriu os desafios para medidas da cadeia de suprimentos mostrados pela tabela 2.4 (Hoek, 1998):

- O controle está baseado na rede;
- A integração se dá através das interfaces entre os componentes da cadeia de suprimentos;
- A unidade competitiva passa a ser a cadeia de suprimentos;
- A base de autoridade apresenta uma estrutura mista entre tradicional (a posição de clientes grandes e poderosos que ditam a demanda de um lado e de fornecedores grandes, donos de parcelas significativas de mercado do outro, ditando as condições de fornecimento) e cadeia de suprimentos (contribuição de cada elo para a competitividade global);

- A organização é parcial e temporal, podendo ser alterada conforme mudanças e/ou surgimento de novos projetos.

Conforme citado no capítulo 2, nem todas as interfaces da cadeia de suprimentos merecem a mesma parcela de integração e coordenação próximas. Com o fornecedor pode-se negociar melhores condições de entrega, mas não há uma integração com sua política de estoques. Com o cliente, o objetivo é conseguir programações o mais antecipadas possíveis.

O modelo situa-se no escopo da indústria, conforme classificação de Porter (1989), havendo a necessidade de inter-relações entre as cadeias de valor dos componentes da cadeia de suprimentos.

O fator diferenciador da empresa é a habilidade para atender as necessidades dos compradores em qualquer parte em que ele se encontre. O papel dos canais nesta diferenciação se dá pela sua seleção para alcançar consistência nas instalações e capacidades e no estabelecimento de padrões e políticas para o modo como os canais devem operar.

Há a procura pela singularidade através do elo com o fornecedor, buscando menores tempos de espera das matérias-primas, permitindo menores níveis de estoque no fabricante, tanto de matérias-primas quanto de produtos acabados, maior rapidez de resposta às necessidades dos clientes, menor tempo de desenvolvimento de projetos e flexibilidade nas alterações do produto.

O desempenho da cadeia é afetado pelos dois pontos extremos da cadeia: tempo de espera do fornecedor e o sistema de previsão de demanda do cliente, gerando as incertezas do sistema.

O modelo considera fundamentalmente as atividades primárias descritas por Porter (logística externa).

Estas medidas não financeiras permitem avaliar o desempenho da cadeia em vista do comportamento das diversas variáveis. Para isto, é fundamental definir os fatores críticos de sucesso e as medidas de desempenho ligadas a eles que sejam objetivas e facilmente quantificáveis.

Dentre as forças identificadas por Waggoner et al. (1999) as que têm impacto no modelo proposto são:

- Influências internas, representadas pelos interesses em criar alianças e as relações de poder entre os elos;
- Influências externas, com a tecnologia de informação fazendo a ligação entre os elos;
- Resultados de processos com o gerenciamento da política de processos e
- Resultados de transformações com o risco de ganho ou perda na mudança.

Assim, as medidas de desempenho estão ligadas ao tempo e sua redução.

A administração é pró-ativa, antecipando ações e cenários, procurando o aumento de desempenho. A informação é “feedforward”, com o sentido de construir uma estratégia em um horizonte de longo prazo para a cadeia completa.

A cadeia de suprimentos estudada enquadra-se na classificação de Hausmann (2000) em produção por pedido, sendo assim apropriado utilizar como medidas o tempo de resposta e a percentagem de pedidos atendidos dentro do prazo.

As perdas compensatórias (“trade-offs”) deste modelo aparecem com a decisão entre diminuir os níveis de estoque e aumentar o risco de não atender uma demanda inesperada (confiabilidade). Conforme a figura 6.1, houve um ganho com a diminuição de estoque, sem prejuízo para o nível de serviço ao cliente.

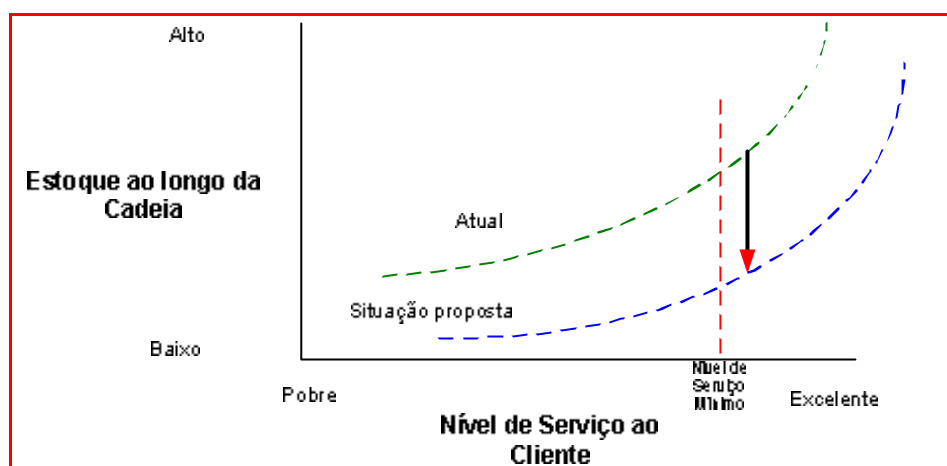


Figura 6.1 – Visão global e o ganho no modelo (adaptado de Hausmann, 2000).

Os suprimentos de tempo de matéria-prima e de produtos acabados são medidas importantes neste modelo, uma vez que se procura trabalhar em um ambiente “just-in-time” no qual devem ser os menores possíveis. Sendo uma produção por pedido, utiliza-se o tempo de ciclo em um nó (elo).

Ao se diminuir o tempo de resposta do fornecedor melhora-se a condição de espera, mas diminui-se a percentagem de utilização.

Utilizou-se, ainda, como medida qualitativa a satisfação do cliente transacional como medida de desempenho. O modelo pode, também, verificar a flexibilidade de resposta da cadeia frente às flutuações de demanda que ocorrem ao longo do tempo. A integração dos fluxos de informação e de material são fortes entre o fabricante e o cliente, mas não entre o fabricante e o fornecedor. O gerenciamento do risco é medido, neste trabalho, pela confiabilidade entre os elos.

Como medidas quantitativas, houve a priorização da minimização dos níveis de estoque, neste caso, focada no estágio do fabricante, uma vez que não há controle sobre os estoques do fornecedor. O desempenho do fornecedor foi medido através da taxa de atendimento, como sendo a relação entre a quantidade de pedidos atendidos e a quantidade de pedidos colocados. O outro ponto foi a minimização do tempo de espera (“lead time”) na tentativa de otimizar a cadeia.

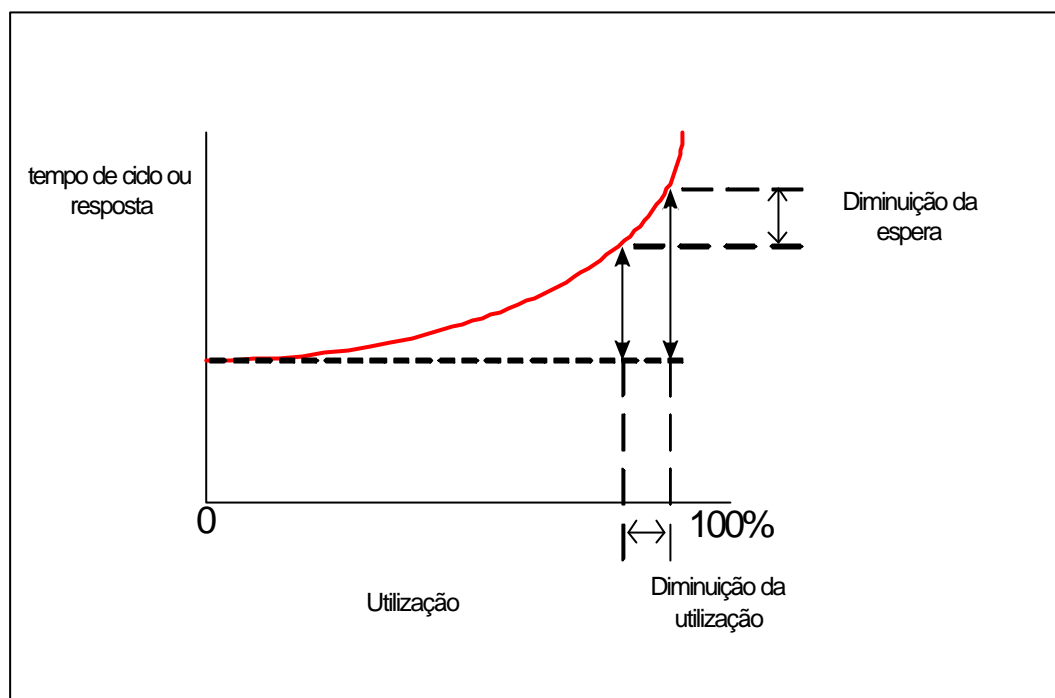


Figura 6.2 – Diminuição dos tempos de espera e de utilização (adaptado de Hausmann, 2000).

A política tem por finalidade atingir os seguintes pontos de singularidade:

- Qualidade de insumos adquiridos para uma atividade;
- Especialização na atividade oferecida.

Conforme o diagrama da figura 6.3 a estratégia é de criação de mercado, sendo a contribuição da organização a integração de seus elos, efetuada através dos sistemas EDI e ERP.

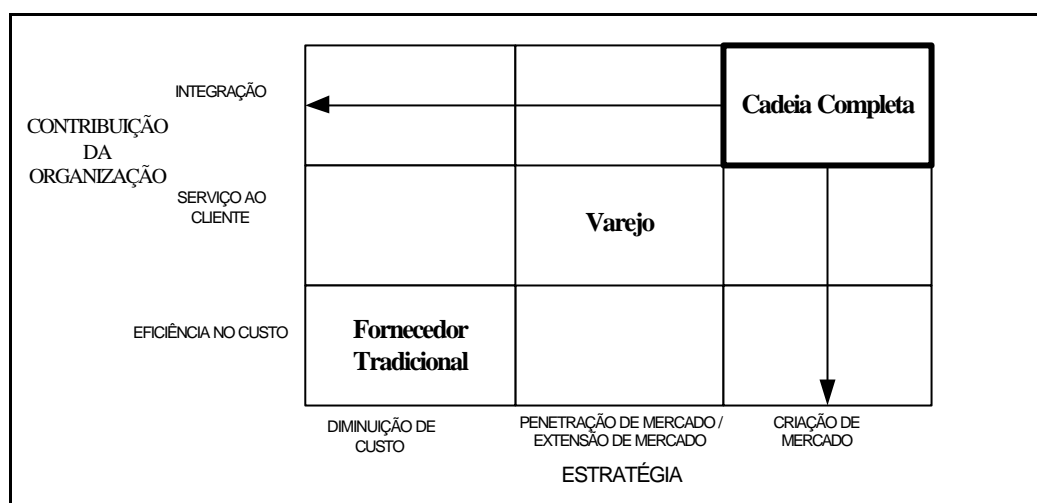


Figura 6.3 – Estrutura preliminar para um sistema de medida de cadeia de suprimentos (adaptado de Hoek, 1998)

Conforme a classificação de Beamon (1998) este modelo de simulação tem como variáveis de decisão níveis de estoque, tamanho de pedido e número de estágios, sendo as medidas de desempenho sensibilidade. A sensibilidade é medida pela probabilidade de falta.

As questões levantadas no capítulo 3 são agora respondidas:

- As medidas de desempenho existentes são apropriadas para a cadeia de suprimentos? Não há medidas de desempenho existentes, assim este trabalho propõe a implantação de uma das medidas aqui utilizadas de forma a permitir uma visão global do desempenho da cadeia.
- Quais são as medidas de desempenho apropriadas para a cadeia de suprimentos? O sistema de medidas proposto para análise de desempenho da cadeia é composto por: índice do efeito chicote, satisfação do cliente e giro de estoque.

Conforme a pesquisa de Carillo (2001), descrita no capítulo 2, o índice de acuracidade no atendimento de pedidos é de 80,1%. Nas simulações deste trabalho, os índices de confiabilidade evoluíram de 78,01% para 99,17%, ou seja, de uma situação muito próxima à descrita por Carillo

para uma situação de melhoria. Nesta mesma pesquisa, há o índice de acuracidade da previsão de 59,6%. Ao comparar este índice com a correlação entre previsão e programação (70,96%) vê-se que a empresa está em uma situação melhor do que a pesquisa de Carillo.

A pesquisa de Carillo mostra, ainda, o giro de estoque no patamar de 19,2 giros por ano. Na simulação deste trabalho evolui-se de 43,53 para 52,27 giros por ano. Estes valores acima do valor encontrado na pesquisa citada deve-se ao fato desta cadeia procurar a implementação da filosofia “Just-in-time” em suas operações.

Lotes de compras não foram definidos formalmente, apesar de existirem no sistema. A distorção de demanda é agravada pelo tempo de espera oriunda do fornecedor. O fabricante tenta utilizar a previsão fornecida pelo cliente para gerenciar seus estoques de matéria-prima.

O modelo se enquadra nos fatores e causas definidos por Lee (1997), apresentando como causa do efeito chicote o sinal de demanda por apresentar falta de visibilidade da demanda final, a existência de previsões múltiplas, prazo de entrega do fornecedor muito longo. Outra causa são os pedidos aleatórios e a dificuldade de haver compromisso de entregas regulares.

Seguem-se os passos de Clark (1988):

- Identificar o problema;
- Isolar os fatos;
- Identificar as causas;
- Formular as políticas;
- Construir o modelo matemático;
- Gerar o comportamento do sistema;
- Comparar os resultados com o sistema atual;
- Revisar o modelo até ser aceitável;
- Alterar o sistema real nas direções que o experimento modelo indica: indicar ao objeto deste estudo as alterações a serem feitas e quais os resultados aguardados.

As premissas destes passos:

- O julgamento intuitivo não é confiável;
- Mostrar a interação das variáveis, produzindo resultados globais inesperados e perturbadores do sistema;
- As informações para o modelo estão disponíveis;
- Representar a estrutura principal do sistema;
- O sistema causa os próprios problemas que às vezes são atribuídos a causas externas;
- Políticas e mudanças devem ser viáveis;

O modelo foi eficaz ao mostrar as mudanças ao longo do tempo.

A simulação efetuada através do modelo pode ser usada para:

- Planejar, controlar e melhorar o desempenho;
- Prevenir e solucionar problemas;
- Induzir a atitude nas pessoas;
- Servir de base para a tomada de decisão;
- Legitimar a retórica da alta administração e dos gerentes.

As informações devem ser utilizadas:

- Em todos os níveis hierárquicos de tomada de decisão — estratégico, tático e operacional;
- Nos processos e nas atividades; e
- Em reuniões formais ou informais.

6.1 Encaminhamentos futuros

Como trabalho futuro propõe-se:

1. a extensão da aplicação do modelo aos demais elos da cadeia, de maneira que se possa fazer uma negociação e planejamento global, sem que haja problemas localizados de administração de estoques;
2. ampliar o modelo, acrescentando outras variáveis não contempladas neste trabalho, tanto endógenas como exógenas;
3. aplicar este estudo em cadeias de suprimentos de natureza diferente da estudada neste trabalho;
4. acrescentar um estudo de “benchmark” para que se possam avaliar as perdas compensatórias;
5. estudar a possibilidade de utilizar outros conhecimentos aliados à Dinâmica de Sistemas, como Teoria do Caos e Teoria das Restrições, de maneira a ampliar sua capacidade de simulação.

ANEXOS

ANEXO A
TABELA DE PREVISÃO E PROGRAMAÇÃO DO PRODUTO P2 PARA A
MATÉRIA-PRIMA MP13 (UNIDADES DE PRODUTO ACABADO POR
SEMANA)

Semana	Previsão	Programação
0	780	780
1	820	948
2	710	555
3	750	739
4	800	893
5	790	760
6	780	757
7	840	913
8	920	826
9	1062	1014
10	950	1012
11	820	718
12	810	841
13	850	913
14	1025	1187
15	1010	924
16	1010	1040
17	1000	1000
18	900	851
19	930	944
20	938	1148
21	1017	1009
22	1016	1017
23	980	1010
24	850	765
25	930	918
26	898	1004
27	984	862
28	1010	982
29	970	1056
30	880	706

Semana	Previsão	Programação
31	870	880
32	960	1023
33	920	786
34	997	995
35	954	1000
36	910	1226
37	840	937
38	880	874
39	950	1050
40	976	867
41	960	976
42	872	891
43	800	790
44	870	872
45	960	1115
46	948	870
47	959	948
48	960	1075
49	801	647
50	780	759
51	833	908
52	915	791
53	951	910
54	898	958
55	808	843
56	766	719
57	799	838
58	879	1020
59	935	950
60	906	948

ANEXO B
TABELA DE PROJETO PARA A MATÉRIA-PRIMA MP13 (UNIDADES DE
PRODUTO ACABADO POR SEMANA)

Semana	Projeto
0	0
4	0
8	0
12	100
16	100
20	250
24	350
28	350
32	360
36	0
40	120
44	320
48	230
52	150
56	60
60	20

ANEXO C

TABELA DE PREVISÃO E PROGRAMAÇÃO DO PRODUTO P2 PARA A MATÉRIA-PRIMA MP1 (UNIDADES DE PRODUTO ACABADO POR SEMANA)

Semana	Previsão	Programação
0	810	780
1	970	948
2	750	555
3	730	739
4	850	893
5	710	760
6	740	757
7	940	913
8	870	826
9	1030	1014
10	980	1012
11	870	718
12	810	841
13	930	913
14	1000	1187
15	950	924
16	1030	1040
17	950	1000
18	810	851
19	950	944
20	1200	1148
21	1050	1009
22	1020	1017
23	970	1010
24	720	765
25	910	918
26	1040	1004
27	910	862
28	990	982
29	1020	1056
30	660	706

Semana	Previsão	Programação
31	860	880
32	1050	1023
33	830	786
34	1020	995
35	980	1000
36	1170	1226
37	900	937
38	890	874
39	1100	1050
40	900	867
41	970	976
42	850	891
43	750	790
44	870	872
45	1160	1115
46	910	870
47	950	948
48	1040	1075
49	900	647
50	750	759
51	940	908
52	840	791
53	930	910
54	930	958
55	830	843
56	700	719
57	850	838
58	1070	1020
59	980	950
60	930	948

ANEXO D
TABELA DE PROJETO PARA A MATÉRIA-PRIMA MP1 (UNIDADES DE
PRODUTO ACABADO POR SEMANA)

Semana	Projeto
0	0
4	0
8	0
12	100
16	100
20	250
24	350
28	350
32	360
36	0
40	120
44	320
48	230
52	150
56	60
60	20

ANEXO E
CENÁRIO ATUAL – MATÉRIA-PRIMA MP13
PLANILHA FORNECEDOR

	A	B	C	D
1				
2	DT =	0,1	ESTOQUE INICIAL =	1000
3	Fabricação	1000		
4				
5				
6				
7	DATA (Semanas)	FABRICAÇÃO DO FORNECEDOR	ESTOQUE	PEDIDO DO FABRICANTE
8	0	=SE(C8<\$B\$3;\$B\$3;0)	=D2	=PROCV(A8;tab1;2;1)+PROCV(A8;tab1;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab1;1;1))
9	=A8+\$B\$2	=SE(C9<\$B\$3;\$B\$3;0)	=C8+\$B\$2*(B8-Fabricante!B7)	=PROCV(A9;tab1;2;1)+PROCV(A9;tab1;3;1)*(A9-PROCV(A9;tab1;1;1))

PLANILHA FABRICANTE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DT =	0,1					Matéria-prima necessária por unidade de produto acabado		1		
2	Ponto de Pedido =	900									
3	Estoque de matéria prima inicial	750									
4	Estoque de produto Acabado inicial	500									
5											
6	DATA (Semanas)	RECEBIMENTO	ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA	REQUISIÇÃO DE MATERIAIS	PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO	PRODUÇÃO	PEDIDO DO CLIENTE	PROJETOS	SOLICITAÇÃO TOTAL	ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO	EXPEDIÇÃO
7	0	=SE(C7<=\$B\$2;For necedor!D8;0)	=B3	=E7*\$I\$1	=SE((I7-J7)<0;0;I7-J7)	=E7	=PROCV(A7;tab2;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab2;1;1))	=PROCV(A7;tab3;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab3;1;1))	=G7+H7	=B4	=SE((J7+F7)<I7;(J7+F7);I7)
8	=A7+\$B\$1	=SE(C8<=\$B\$2;For necedor!D9;0)	=C7+\$B\$1*(B7-E7)	=SE((E8*\$I\$1)<C8;E8*\$I\$1;C8)	=SE((I8-J8)<0;0;I8-J8)	=E8	=PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))	=PROCV(A8;tab3;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab3;1;1))	=G8+H8	=J7+\$B\$1*(F7-K7)	=SE((J8+F8)<I8;(J8+F8);I8)

PLANILHA CLIENTE

	A	B	C
1	DT =	0,1	
2	Estoque inicial	500	
3			
4			
5			
6	DATA (Semanas)	ESTOQUE DO CLIENTE	MONTAGEM
7	0	=C2	=Fabricante!K7
8	=A7+\$B\$1	=B7+\$B\$1*(Fabricante!K7-Cliente!C7)	=Fabricante!K8

ANEXO F
CENÁRIO ATUAL – MATÉRIA-PRIMA MP1
PLANILHA FORNECEDOR

	A	B	C	D
1				
2	DT =	0,1	ESTOQUE INICIAL =	100
3	Fabricação	100		
4				
5				
6				
7	DATA (Semanas)	FABRICAÇÃO DO FORNECEDOR	ESTOQUE	PEDIDO DO FABRICANTE
8	0	=SE(C8<\$B\$3;\$B\$3;0)	=D2	=PROCV(A8;tab1;2;1)+PROCV(A8;tab1;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab1;1;1))
9	=A8+\$B\$2	=SE(C9<\$B\$3;\$B\$3;0)	=C8+\$B\$2*(B8-Fabricante!B7)	=PROCV(A9;tab1;2;1)+PROCV(A9;tab1;3;1)*(A9-PROCV(A9;tab1;1;1))

PLANILHA FABRICANTE

1	DT =	0,1					Matéria-prima necessária por unidade de produto acabado		0,05		
2	Ponto de Pedido =	40									
3	Estoque de matéria prima inicial	41									
4	Estoque de produto Acabado inicial	500									
5											
6	DATA (Semanas)	RECEBIMENTO	ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA	REQUISIÇÃO DE MATERIAIS	PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO	PRODUÇÃO	PEDIDO DO CLIENTE	PROJETOS	SOLICITAÇÃO TOTAL	ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO	EXPEDIÇÃO
7	0	=SE(C7<\$B\$2;For necedor!D8;0)	=B3	=E7*\$I\$1	=SE((I7-J7)<0;0;I7-J7)	=E7	=PROCV(A7;tab2;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab2;1;1))	=PROCV(A7;tab3;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab3;1;1))	=G7+H7	=B4	=SE((J7+F7)<I7;(J7+F7);I7)
8	=A7+\$B\$1	=SE(C8<\$B\$2;For necedor!D9;0)	=C7+\$B\$1*(B7-E7)	=SE((E8*\$I\$1)<C8;E8*\$I\$1;C8)	=SE((I8-J8)<0;0;I8-J8)	=E8	=PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))	=PROCV(A8;tab3;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab3;1;1))	=G8+H8	=J7+\$B\$1*(F7-K7)	=SE((J8+F8)<I8;(J8+F8);I8)

PLANILHA CLIENTE

	A	B	C
1	DT =	0,1	
2	Estoque inicial	500	
3			
4			
5			
6	DATA (Semanas)	ESTOQUE DO CLIENTE	MONTAGEM
7	0	=C2	=Fabricante!K7
8	=A7+\$B\$1	=B7+\$B\$1*(Fabricante!K7-Cliente!C7)	=Fabricante!K8

ANEXO G

SEGUNDO CENÁRIO – DIMINUIÇÃO DO TEMPO DE ESPERA PARA A MATÉRIA-PRIMA MP13 PLANILHA FORNECEDOR

	A	B	C	D
1				
2	DT =	0,1	ESTOQUE INICIAL =	1000
3	Fabricação	1000		
4				
5				
6				
7	DATA (Semanas)	FABRICAÇÃO DO FORNECEDOR	ESTOQUE	PEDIDO DO FABRICANTE
8	0	=SE(C8<\$B\$3;\$B\$3;0)	=D2	=(PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab2;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))+Fabricante!H7)
9	=A8+\$B\$2	=SE(C9<\$B\$3;\$B\$3;0)	=C8+\$B\$2*(B8-Fabricante!B7)	=(PROCV(A9;tab2;2;1)+PROCV(A9;tab2;3;1)*(A9-PROCV(A9;tab2;1;1))+Fabricante!H8)

PLANILHA FABRICANTE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DT =	0,1									
2	Ponto de Pedido =	900									
3	Estoque de Matéria-prima inicial =	750									
4	Estoque de Produto Acabado	500									
5	DATA (Semanas)	RECEBIMENTO	ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA	REQUISICÃO DE MATERIAIS	PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO	PRODUÇÃO	PEDIDO DO CLIENTE	PROJETOS	SOLICITAÇÃO TOTAL	ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO	EXPEDIÇÃO
6	0	=SE(C7<C\$2;Fomecedor!D8;0)	=D3	=E7*\$P\$1	=SE((I7-J7)<0;0;I7-J7)	=E7	=PROCV(A7;tab2;2;1)+PROCV(A7;tab2;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab2;1;1))	=PROCV(A7;tab3;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab3;1;1))	=G7+H7	=E4	=SE((J7+F7)<I7;(J7+F7);I7)
7	=A7+\$B\$1	=SE(C8<C\$2;Fomecedor!D9;0)	=C7+\$B\$1*(B7-E7)	=SE((E8*\$P\$1)<C8;E8*\$P\$1;C8)	=SE((I8-J8)<0;0;I8-J8)	=E8	=PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab2;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))	=PROCV(A8;tab3;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab3;1;1))	=G8+H8	=J7+\$B\$1*(F7-K7)	=SE((J8+F8)<I8;(J8+F8);I8)

ANEXO H
TERCEIRO CENÁRIO – DIMINUIÇÃO DO PONTO DE PEDIDO DA
MATÉRIA-PRIMA MP13
PLANILHA FORNECEDOR

	A	B	C	D
1				
2	DT =	0,1	ESTOQUE INICIAL =	1000
3	Fabricação	1000		
4				
5				
6				
7	DATA (Semanas)	FABRICAÇÃO DO FORNECEDOR	ESTOQUE	PEDIDO DO FABRICANTE
8	0	=SE(C8<\$B\$3;\$B\$3;0)	=D2	=(PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab2;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))+Fabricante!H7)
9	=A8+\$B\$2	=SE(C9<\$B\$3;\$B\$3;0)	=C8+\$B\$2*(B8-Fabricante!B7)	=(PROCV(A9;tab2;2;1)+PROCV(A9;tab2;3;1)*(A9-PROCV(A9;tab2;1;1))+Fabricante!H8)

PLANILHA FABRICANTE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DT =	0,1									
2	Ponto de Pedido =	100									
3	Estoque de Matéria-prima inicial =	0									
4	Estoque de Produto Acabado	500									
5	DATA (Semanas)	RECEBIMENTO	ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA	REQUISICÃO DE MATERIAIS	PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO	PRODUÇÃO	PEDIDO DO CLIENTE	PROJETOS	SOLICITAÇÃO TOTAL	ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO	EXPEDIÇÃO
6	0	=SE(C7<C\$2;Fomecedor!D8;0)	=D3	=E7*\$P\$1	=SE((I7-J7)<0;0;I7-J7)	=E7	=PROCV(A7;tab2;2;1)+PROCV(A7;tab2;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab2;1;1))	=PROCV(A7;tab3;2;1)+PROCV(A7;tab3;3;1)*(A7-PROCV(A7;tab3;1;1))	=G7+H7	=E4	=SE((J7+F7)<I7;(J7+F7);I7)
7	=A7+\$B\$1	=SE(C8<C\$2;Fomecedor!D9;0)	=C7+\$B\$1*(B7-E7)	=SE((E8*\$P\$1)<C8;E8*\$P\$1;C8)	=SE((I8-J8)<0;0;I8-J8)	=E8	=PROCV(A8;tab2;2;1)+PROCV(A8;tab2;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab2;1;1))	=PROCV(A8;tab3;2;1)+PROCV(A8;tab3;3;1)*(A8-PROCV(A8;tab3;1;1))	=G8+H8	=J7+\$B\$1*(F7-K7)	=SE((J8+F8)<I8;(J8+F8);I8)

BIBLIOGRAFIA

1. ANGERHOFER, BERNHARD J., ANGELIDES, MARIOS C. – **System Dynamics Modeling in Supply Chain Management: Research Review** – www.informs-cs.org/wsc00papers/049.pdf - 2000 Winter Simulation Conference
2. BALLOU, RONALD H. – **Business Logistics Management** – Fourth Edition – Prentice Hall – 1998 – Upper Saddle River – New Jersey – USA
3. BEAMON, BENITA M. – **Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods** – Int. J. Production Economics 55 – 1998 – pg 281-294
4. BOULDING, KENNETH E. – **General Systems Theory – The Skeleton of Science** – Management Science, number 2 – 1956 – pg197-208.
5. CARILLO JR, EDSON – **Desempenho da Logística Brasileira** – Versão 2001 – Revista LOG & MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAGEM – n. 130 – Agosto 2001 – pg 97-98
6. CLARK, ROLF – **System Dynamics and Modeling** – Institute for Operations Research and the Management Sciences – 1988 - USA
7. DEVORE, JAY L. – **Probability and Statistics for Engineering and the Sciences** – 4th Edition – Duxbury Press – 1995 – USA
8. DONG, YAN; CARTER, CRAIG R.; DRESNER, MARTIN E. – **JIT purchasing and performance: an exploratory analysis of buyer and supplier perspectives** – Journal of Operations Management 19 – 2001 – pg. 471-483
9. FORRESTER, JAY W. – **Industrial Dynamics** – The M.I.T. Press – Cambridge – Massachusetts – USA – 1961
10. FRANCISCHINI, PAULINO G.; GURGEL, FLORIANO DO AMARAL – **Administração de Materiais e do Patrimônio** – 1^a edição – Editora Thomson Pioneira - 2002
11. FREIRES, FRANCISCO GAUDÊNCIO MENDONÇA – **Proposta de um Modelo de Gestão dos Custos da Cadeia de Suprimentos** – Dissertação apresentada à Universidade federal de Santa Catarina – 2000 – Florianópolis

12. GASNIER, DANIEL GEORGES – **A Dinâmica dos Estoques** – IMAM – São Paulo - 2002
13. HAUSMAN, WARREN H. – **Supply Chain Performance Metrics** – Stanford University - www.stanford.edu/group/scforum/Welcome/Metrics121400R11.pdf - 2000
14. HOEK, REMKO I. VAN – **Measuring the unmeasurable – measuring and improving performance in the supply chain** – Supply Chain Management Vol. 3 N.4 – 1998 – pg 187-192
15. HOEK, REMKO I. VAN – Reconfiguring the Supply Chain to Implement Postponed Manufacturing – **The International Journal of Logistics Management – Volume 9, number 1** – 1998b – pg 95-110
16. JAYARAM, JAYANTH, VICKERY, SHAWNEE K., DROGE, CORNELIA – **The Effects of Information System Infrastructure and Process Improvements on Supply-chain Time Performance** – International Journal of Physical Distribution & Logistics Management – vol. 30, nº 3/4, pg 314-330 – MCB University Press
17. KEEBLER, JAMES S. (EDITOR); ET AL – **Keeping Score: Measuring the Business Value of Logistics in the Supply Chain** - Hardcover - 2000
18. KOTLER, PHILIP – **Administração de Marketing** – 4ª edição – Editora Atlas – 1994 – São Paulo.
19. LANGFORD, JOHN W. – **Logistics: principles and applications** – McGraw Hill Logistics Series – 1995 - USA
20. LEE, HAU L.; BILLINGTON, COREY – **The Evolution of Supply Chain Management and Practice at Hewlett-Packard** – Interfaces 25:5 – September-October 1995 – pg 42-63 – Institute for Operations Research and the Management Sciences
21. LEE, HAU L.; PADMANABHAN, V. ; WHANG, SEUNGJIN – **Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect** – Management Science – vol. 43, nº 4 – Abril 1997 – pg 546-558 – Institute for Operations Research and the Management Sciences

22. MARTINS, GILBERTO DE ANDRADE – **Estatística Geral e Aplicada** – Editora Atlas – 2001 – São Paulo
23. MARTINS, ROBERTO ANTONIO - **Sistemas de Medição de Desempenho: Um Modelo Para Estruturação de Uso** – Tese de Doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – 1998
24. MERLI, GIORGIO – **Comakership – A Nova Estratégia para os Suprimentos** – Qualitymark Ed. – 1994 – Rio de Janeiro.
25. MEYER, PAUL L. – **Probabilidade: Aplicações à Estatística** – 2ª edição – Livros Técnicos e Científicos Editora – 1983 – Rio de Janeiro
26. MISTEREK, SUSAN D. A.; DOOLEY, KEVIN J.; ANDERSON, JOHN C. – **Productivity as a Performance Measure** – International Journal of Operations & Production Management, vol. 12, nº 1 – 1992 – pg 29-45 – MCB University Press.
27. MOREIRA, DANIEL AUGUSTO – **Medida da Produtividade na Empresa Moderna** – Livraria Pioneira Editora – 1991 – São Paulo
28. NEELY, ANDY – **The Performance Measurement Revolution: Why Now and What Next?** – International Journal of Operations & Production Management – Vol. 19, nº 2, 1999 – pp 205-228 – MCB University Press
29. PAWAR, KULWANT S.; DRIVA, HELEN – **Performance Measurement for Product Design and Development in a Manufacturing Environment** – International Journal of Production Economics – 60-61 – 1999 – pg 61-68
30. PEREA, EDGAR; GROSSMAN, IGNACIO; YDSTIE, ERIK; TAHMASSEBI, TURAJ – **Dynamic Modeling and Classical Control Theory for Supply Chain Management** – Computers and Chemical Engineering – 24 – 2000 – pp 1143-1149
31. PORTER, MICHAEL E. – **Vantagem Competitiva** – Editora Campus – 1989 – Rio de Janeiro
32. RAO, A. K.; BABU, SUBASHI - **Industrial Dynamics to Systems Thinking** – psisunalm.edu.co/cursos/dinamicarao/286p.pdf

33. SEVERINO, ANTÔNIO JOAQUIM – **Metodologia do Trabalho Científico** – 2ª Edição – Cortez & Moraes Ltda – 1976 – São Paulo
34. SHANK, JOHN K., GOVINDARAJAN, VIJAY – **A Revolução dos Custos** – 2ª Edição – Editora Campus – 1997 – Rio de Janeiro.
35. SHAPIRO, JEREMY – **Modeling the Supply Chain** – 1st edition – Duxbury – 2001 – Pacific Grove – USA
36. SIMCHI-LEVI, DAVID; KAMINSKY, PHILIP; SIMCHI-LEVI, EDITH – **Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão** – 1ª edição – Editora Bookman – 2003 – Porto Alegre
37. SLACK, NIGEL ET AL. – **Administração da Produção** – 1ª edição – Editora Atlas – 1997 – São Paulo
38. SPEKMAN, ROBERT E.; KAMAUFF JR., JOHN W.; MYHR, NIKLAS – An Empirical Investigation into Supply Chain Management: a Perspective on Partnerships – **Supply Chain Management – Volume 3, number 2** – 1998 – pp 53-67 – MCB University Press
39. STERMAN, JOHN D. – **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World** – 1st edition – McGraw Hill – 2000 – USA
40. WAGGONER, DANIEL B.; NEELY, ANDY D.; KENNERLEY, MIKE P. – **The Forces that Shape Organisational Performance Measurement Systems: An Interdisciplinary review** – International Journal of Production Economics –60-61 – 1999 – pp. 53-60.
41. WILD, RAY – **Concepts for Operations Management** – Wiley-Interscience – 1977 – USA.
42. YIN, ROBERT K. – **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos** – 2ª edição – Editora Bookman – 2001 – Porto Alegre.