

OSMAR CÉSAR JÚNIOR

**UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE CADEIAS DE
SUPRIMENTO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

CURITIBA

2005

OSMAR CÉSAR JÚNIOR

**UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE CADEIAS DE
SUPRIMENTO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Guilherme E. Vieira

CURITIBA

2005

Aos meus pais, Osmar e Marlene.
A minha esposa Denia.
Aos meus filhos Pedro e André.

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Ernani Vieira, pela ajuda, apoio e principalmente por ter entendido as dificuldades pelas quais estávamos passando.

Aos sogros Itel e América e para minha cunhada Valéria pelo incentivo e pela ajuda com nosso filho.

A PUC-PR, pelo auxílio financeiro através de bolsa parcial de estudos.

Aos professores do PPGEPS, pela amizade e orientações durante o desenvolvimento da pesquisa.

A todos os funcionários da PUC-PR, pois sabemos que cada um deles não importando a função que desempenham são peças importantes para o processo.

Aos colegas da PUC-PR, pelo companheirismo e troca de experiências durante todo o período de estudos.

Acima de tudo a Deus, essa força maior que sempre me acompanha, me inspirando através de bons pensamentos, ou me aproximando das pessoas acima mencionadas.

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	i
SUMÁRIO.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE ABREVIACÕES.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Definição do Tema	5
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Metodologia Adotada	5
1.4 Estrutura do Trabalho	7
CAPÍTULO 2.....	8
REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Cadeias de Suprimento	8
2.1.1 Definições de cadeia de suprimentos.....	8
2.1.2 Indicadores de desempenho em Cadeias de Suprimento.....	10
2.1.3 Coordenação em cadeias de suprimentos	13
2.1.4 Cadeia de suprimentos e as novas tecnologias	14
2.2 Efeito Chicote na Cadeia de Suprimentos	16
2.2.1 Definição	16
2.2.2 Causas do efeito chicote	19
2.2.3 Consequências negativas para a cadeia de suprimentos	21
2.2.4 Medidas para minimizar o efeito chicote.....	22
2.3 Gestão Colaborativa	25
2.3.1 CPFR	27
2.3.1.1 Definição de CPFR.....	27
2.3.1.2 Etapas do CPFR.....	29
2.3.1.3 Principais barreiras para implementação do CPFR	32
2.3.1.4 Benefícios conseguidos com a implementação do CPFR	32
2.3.1.5 CPFR no Brasil.....	36
2.4 Simulação de Cadeias de Suprimento	37
2.4.1 Definições de simulação	37
2.4.2 Simulação de cadeias de suprimentos	38
2.4.3 Vantagens e desvantagens da simulação	39
2.4.4 Etapas de um projeto de simulação	41
CAPÍTULO 3.....	44
O MODELO ELEMENTAR DE SIMULAÇÃO DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	44
3.1 Definição do Problema	44
3.2 Planejamento do Projeto.....	44
3.3 Definição do Sistema.....	45

3.4	Formulação do Modelo Conceitual	48
3.4.1	Primeiro nível hierárquico	50
3.4.2	Fornecedores	51
3.4.3	Fabricante	53
3.4.4	Fabricantes (pedidos dos componentes)	55
3.4.5	Fabricantes (fabricação do produto)	55
3.4.6	Varejistas	56
3.4.7	Mercado consumidor	58
3.5	Preparação dos Dados de Entrada	59
3.6	Modelagem	59
3.6.1	Fornecedores	60
3.6.2	Fabricantes	62
3.6.3	Varejistas	66
3.6.4	Mercado Consumidor	68
3.7	Verificação e Representatividade	69
3.8	Experimentação, Análise e Interpretação	69
3.9	Confecção do Documento Final	70
CAPÍTULO 4		71
USO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO NA ANÁLISE DA GESTÃO		
COLABORATIVA		71
4.1	Definição do Problema	71
4.2	Planejamento do Projeto	71
4.3	Definição do Sistema	71
4.4	Formulação do Modelo Conceitual	72
4.4.1	Cenários 2a e 2b: colaboração	72
4.4.2	Cenários 2c e 2d: colaboração	76
4.5	Preparação dos Dados de Entrada	78
4.6	Modelagem	79
4.6.1	Cenários 2a e 2b	79
4.6.2	Cenários 2c e 2d	80
4.7	Verificação e Representatividade	81
4.8	Experimentação, Análise e Interpretação	82
4.8.1	Tempo de ciclo	82
4.8.2	Variação dos níveis de produção no fornecedor	84
4.8.2	Variação do estoque total médio	86
4.9	Confecção do Documento Final	88
CAPÍTULO 5		89
CONCLUSÕES		89
5.1	Principais Simplificações Feitas	90
5.2	Índices de Desempenho	90
5.3	Efeito Chicote	91
5.4	Colaboração entre os Elos da Cadeia	92
5.5	Simulação de Cadeia de Suprimentos	92
5.6	Conclusões Finais	93
5.7	Propostas para Trabalhos Futuros	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		95

Lista de Figuras

Figura 2.1: Sistema de medição da cadeia de suprimentos	12
Figura 2.2: Sentido do fluxos de informações.....	17
Figura 2.3: Ilustração do efeito chicote numa rede de suprimentos fictícia.....	18
Figura 2.4. Modelo CPFR [GCI02]	30
Figura 3.1: Estrutura da cadeia de suprimentos.....	49
Figura 3.2. Primeiro nível hierárquico.....	51
Figura 3.3. Modelo conceitual do fornecedor.....	52
Figura 3.4. Modelo conceitual do fabricante.....	54
Figura 3.5. Pedidos dos componentes.	55
Figura 3.6. Fabricação do produto.....	56
Figura 3.7. Modelo conceitual do varejista.	57
Figura 3.8. Modelo conceitual do mercado consumidor.	58
Figura 3.9. O primeiro nível hierárquico do modelo de simulação da CS	60
Figura 3.10. Verificação de estoque no fornecedor.....	60
Figura 3.11. Diminuição de componentes do estoque.....	61
Figura 3.12. Cálculo da necessidade de componentes.....	61
Figura 3.13. Verificação de estoque no fabricante.....	62
Figura 3.14. Cálculo da necessidade de produtos.....	63
Figura 3.15. Envio de pedidos e fabricação dos produtos.....	63
Figura 3.16. Pedido dos componentes do produto.....	64
Figura 3.17. Produto a ser manufaturado.	64
Figura 3.18. Envio de sinal da chegada de componentes.....	65
Figura 3.19. Envio de produtos para varejistas.....	65
Figura 3.20. Verificação de estoque no varejista.....	66
Figura 3.21. Cálculo da necessidade de produtos.....	66
Figura 3.22. Envio de produtos para consumidores.....	67
Figura 3.23. Modelo do Consumidor.....	68
Figura 3.24. Modelo do Consumidor.....	68
Figura 3.25. Pedido para o varejista 1.....	69
Figura 4.1. Explicação do cenário 2a e 2b.....	73
Figura 4.2. Modelo conceitual dos cenários 2a e 2b.....	74
Figura 4.3. Explicação dos cenários 2c e 2d.....	76
Figura 4.4. Modelo conceitual dos cenários 2c e 2d	77
Figura 4.5. Cenários 2a e 2b.....	80
Figura 4.6. Cenários 2c e 2d.....	81
Figura 4.7. Comparação entre tempo de ciclo.....	84
Figura 4.8. Comparação entre variações do nível de produção no fornecedor.....	86
Figura 4.9. Comparação entre variações do estoque total médio na CS.....	87

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Objetivos dos tipos de medidas de performance	12
Tabela 2.2: Flutuação dos níveis de produção.....	17
Tabela 2.3: Benefícios típicos do CPFR.....	34
Tabela 2.4: Dados requeridos para modelo de CS	43
Tabela 3.1. Flutuação dos níveis de produção.....	45
Tabela 3.2. Índices de desempenho.	47
Tabela 3.3. Variáveis da estrutura de simulação de cadeias de suprimentos	50
Tabela 3.4 Resultados obtidos na simulação do cenário 1.	70
Tabela 4.1 Quadro comparativo dos cenários 1, 2a, 2b, 2c e 2d.	81
Tabela 4.2 Resultados obtidos na simulação.	82
Tabela 4.3. Tempo de ciclo para os diferentes cenários.....	82
Tabela 4.4. Variação dos níveis de produção no fornecedor para os diferentes cenários	84
Tabela 4.5. Variações do estoque total médio para os diferentes cenários	86
Tabela 4.6. Resumo geral dos resultados obtidos.....	88

Lista de Abreviaturas

B2B	Negócios entre empresas pela internet
B2C	Negócios entre empresas e consumidores pela internet
CPFR	Planejamento, previsão e reposição colaborativos
CS	Cadeia de suprimentos
e-business	Negócios pela internet
e-commerce	Comércio pela internet
ECR	Resposta eficiente ao consumidor
e-procurement	Compras pela internet
FIFO	Primeiro que entra – primeiro que sai
GCI	Iniciativa de comércio global
IL	Nível de estoque
PA	Posto de Atendimento
SAC	Serviço de Atendimento ao consumidor
SS	Estoque de segurança
VICS	Padronização para comércio entre indústrias
VMI	Gerenciamento dos estoques para vendas

Resumo

A implantação de técnicas gerenciais precisa ser bem analisada, uma vez que além dos altos investimentos necessários, exige uma mudança comportamental das empresas e funcionários envolvidos. Uma ferramenta que auxilia gerentes na gestão e na análise da viabilidade de novas estratégias é a simulação computacional. Um projeto de simulação permite, entre várias possibilidades, que sejam feitas análises de desempenho de sistemas ou processos, obtendo informações importantes para *design* ou melhorias. Em especial, no que se refere à gestão de cadeias de suprimentos, simulação pode trazer grandes benefícios quando usada na pré-análise de implantação de técnicas gerenciais, como, por exemplo, gestão colaborativa, manufatura enxuta ou produção *just in time*. Para análise de desempenho de cadeias de suprimentos, pode-se dizer que um modelo de simulação que leve em conta as principais variáveis e características envolvidas neste tipo de sistema, seria útil, portanto, aos tomadores de decisão responsáveis pela implantação de técnicas gerenciais. O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação de cadeias de suprimentos formadas por quatro estágios (mercado consumidor, varejistas, fabricantes e fornecedores). Este modelo leva em conta as principais variáveis e características de cadeias produtivas, como por exemplo, demanda aleatória, lead times de produção e de entrega, restrições e necessidades de materiais, estoques de segurança, níveis ótimos de produção, inter-relações entre diferentes corporações, etc. Este modelo pode auxiliar diversos estudos para análise de desempenho de cadeias produtivas. Em particular, neste trabalho, foi utilizado para estimar benefícios que podem ser obtidos pela gestão colaborativa de cadeias de suprimentos antes da sua implantação de fato. O planejamento, previsão e reposição colaborativos (CPFR), por exemplo, é uma estratégia de gestão colaborativa que pode ser analisado antes de sua implantação através do modelo de simulação desenvolvido. Para representar a gestão colaborativa foram utilizados quatro cenários distintos de cadeias produtivas e entre os indicadores de desempenho existentes, utilizou-se tempo de ciclo, variações do nível de produção no fornecedor e variações do estoque total na cadeia.

Palavras-Chave: Cadeia de suprimentos, Simulação computacional, Efeito chicote, Colaboração, CPFR.

Abstract

The introduction of management techniques must be well analyzed, once that besides the high investments necessary, it demands a change in the behavior of the companies and employees involved in it. A tool that helps managers in the administration and in the analysis of the possibility of the implantation of new strategies is the computational simulation. A project of simulation allows, among lots of possibilities, which the analysis of systems performance or procedures are made, obtaining important information to design and improvements. Specifically, when regarding to the management of the supply chains, simulation can bring great benefits when used in the previous analysis of the implantation of the management techniques, such as, collaborative management, dry manufacture or production just in time. The analysis of the performance of the supply chains, we can say that one simulation model that takes into account the main variables and involved characteristics of this kind of system, would be very useful, thus, to the decision makers responsible for the implantation of the management techniques. The general purpose of the work is the development of a basic model of supply chains simulation based on four stages (consumer market, retailers, manufacturers and suppliers). This model takes into account the main variables and characteristics of the productive chains, such as, variable demand, lead times of production and delivery, restriction and needs of materials, safety reserve, great levels of production, inside relation among different corporations, etc. This model can help various studies in the analysis of the performance of the productive chains. Especially, in this work, it was used to estimate the benefits that can be obtained by the collaborative administration of the supply chains before its real implantation. The Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), for example, is a strategy of the collaborative administration that can be analyzed before its implantation through the simulation model developed. It was used four distinct sets of productive chains to represent the collaborative administration, and among the performance indicators existent, it was used the time of cycle, variations of the production level in the supplier and variations of the total inventory in the chain.

Key words: Supply Chains, Computational Simulation, Bullwhip effect, Collaboration, CPFR.

Capítulo 1

Introdução

Nas duas últimas décadas ocorreram mudanças nos sistemas produtivos. A globalização da economia, acirrando a concorrência, e a inovação tecnológica, propondo novas formas de fabricação e comunicação, forçaram as empresas a repensar sua estrutura de produção. O próprio capitalismo vem se moldando ao longo do tempo, sofrendo transformações conjunturais e definindo novos paradigmas produtivos. Onde antes havia o confronto entre capital e trabalho, hoje desponta a administração participativa dada pela importância de todos da corporação e de todas as corporações de uma cadeia produtiva. Onde antes havia a pressão por altas barreiras alfandegárias, limitando a concorrência e, conseqüentemente, administrando os preços em função das margens de lucro desejadas, hoje há a necessidade de se atingir o maior número de mercados, tanto na busca dos insumos como na colocação de seus produtos. Atualmente se dilui custo fixo com aumento da produção e venda, rompe-se a fronteira física entre os países, busca-se o consumidor onde ele estiver forçando-se, conseqüentemente, maior concorrência entre as empresas e gerando um menor preço de mercado para produtos ou serviços. As empresas devem, portanto, adaptar suas estruturas de custos ou estarão fadadas ao insucesso [TUB00].

De acordo com [MAR02], até meados da década de 60 os conceitos de produção em massa e as técnicas dele decorrentes predominaram nas fábricas. Após esse período, surgiram novas técnicas produtivas que vieram a caracterizar a denominada produção enxuta, a qual introduziu, entre outros, os seguintes conceitos:

- *Just-in-time* (no momento em que se necessita);

- Engenharia simultânea;
- Tecnologia de grupo;
- Consórcio modular;
- Células de produção;
- Desdobramento da função qualidade;
- Sistemas flexíveis de manufatura;
- Manufatura integrada por computador dentre outros.

A busca da satisfação do consumidor tem levado as empresas a se atualizarem com novas técnicas de produção cada vez mais eficazes, eficientes e de alta produtividade. Hoje, as empresas de bens e serviços devem possuir um sistema produtivo flexível, com rapidez no projeto e na implantação de novos produtos, com baixos *lead times* e estoques mínimos. As formas como se planeja, programa e controla tais sistemas tem função primordial nesse contexto.

Todas essas mudanças levam as empresas a terceirizar parte dos seus serviços, ou seja, as empresas devem focar no seu produto ou naquilo que ela sabe fazer de melhor, deixando os outros processos a cargo de empresas especializadas. Segundo [MAR03], a terceirização consiste na estratégia de comprar de terceiros o máximo possível dos itens que compõem o produto final ou os serviços de que necessita. De um modo geral, não se terceiriza os processos fundamentais, por questões tecnológicas, qualidade do produto e responsabilidade final sobre ele.

Ainda segundo [MAR03], algumas vantagens da terceirização seriam: redução de custos, maior flexibilidade e eficiência, incorporação de novas tecnologias e foco no negócio principal da empresa. Já as desvantagens, para o mesmo autor, seriam o menor controle tecnológico e o fato de a empresa deixar de auferir o lucro do fornecedor. A terceirização trouxe para os gerentes a necessidade de se trabalhar não mais com a idéia de uma única unidade produtiva, surgindo assim toda uma cadeia de suprimentos e a conseqüente necessidade de seu gerenciamento.

Uma definição interessante de cadeia de suprimento é dada por [PUN01], que a descreve como uma rede de negócios de fornecedores, indústrias, distribuidores, centro de distribuição e consumidores finais, todos interconectados e preocupados com a conversão de matéria-prima em produtos que satisfaçam os consumidores.

A gestão de uma cadeia envolve três tipos de fluxos: fluxo de materiais, de informação e financeiro. Fluxo de materiais refere-se ao fluxo de materiais do fornecedor para os centros de distribuição, o que envolve a conversão de matéria-prima em produto final e finalmente, sua entrega para o consumidor. Fluxo de informações refere-se aos dados que são armazenados e lidos a cada momento que ocorre uma mudança no *status* do sistema. Fluxo financeiro, por fim, refere-se ao capital que flui pela cadeia produtiva [PUN01].

Dando continuidade à evolução dos setores produtivos e ao crescente nível competitivo, pode-se dizer que hoje não existe uma concorrência entre empresas, simplesmente, mas sim uma concorrência entre cadeias de suprimentos. Isto novamente leva a concluir que o bom gerenciamento da cadeia irá definir quem fica e quem sai do mercado [MAR02].

Um problema comum para quem lida com gerenciamento de cadeias de suprimentos é o chamado efeito chicote (efeito Forrester ou ainda, *bullwhip effect*). Segundo [LEE97], este efeito ocorre quando há falta de coordenação entre os elementos da cadeia de fornecimento no momento em que ocorre uma variação na quantidade demandada pelo cliente final, com as reações dos fornecedores tendendo a ser amplificadas a cada passagem por um estágio da cadeia. Todos reagem aumentando ou diminuindo as encomendas acima do que é realmente necessário, procurando se proteger. Para cadeias longas, os resultados podem ser extremamente negativos, pois as distorções, no sentido cliente para fornecedor, vão se acumulando, amplificando-se de forma não-linear. Este efeito é causado pela falta de uma gestão adequada e coesa da rede de suprimentos como um todo. Cada elo, num arranjo tradicional, olha apenas para a demanda gerada pelo seu cliente imediato e busca maximizar o seu desempenho financeiro, mesmo que para isso prejudique tremendamente o desempenho de outros elos, o que prejudicará o desempenho da rede aos olhos do único elo que injeta dinheiro e sustenta a rede: o consumidor final.

De acordo com [CHO02], a falta de coordenação, sentida principalmente através do efeito chicote, é causada por dois motivos: os diferentes estágios da cadeia de suprimentos têm objetivos conflitantes e as informações que se movem entre os diferentes estágios sofrem atraso e distorções.

A gestão colaborativa visa reduzir as consequências negativas do efeito chicote ou da falta de coordenação em cadeias de suprimentos. Pode-se dizer que o objetivo central da gestão colaborativa é o de obter, através de um planejamento compartilhado, uma maior

precisão nas previsões de vendas e nos planos de reabastecimento para todos da cadeia (não somente um ou dois). Em decorrência, torna-se possível a diminuição dos estoques ao longo da cadeia de suprimentos e a obtenção de melhores níveis de serviço o que, por sua vez, tende a resultar em um aumento nas vendas e na diminuição de custos [SKJ03].

Dentre as diversas técnicas utilizadas em gestão colaborativa, surgiu nesses últimos anos o planejamento, previsão e reposição colaborativos (*Collaborative planning, forecasting and replenishment* - CPFR), que pode ser definido como sendo um conjunto de normas e procedimentos amparado pelo órgão criado para padronização do comércio entre indústrias (*Voluntary Interindustry Commerce Standards* - VICS), com o objetivo de aumentar a eficiência das cadeias de suprimentos, através do estabelecimento de padrões que facilitam o fluxo físico e de informações. A premissa básica é que através do CPFR se consegue um aumento de eficiência através da criação de uma co-participação do gerenciamento do processo, ou seja, todos da cadeia podem dar a sua contribuição para a melhoria do processo, através de dados que lhes permitem fazer um melhor planejamento e previsão de demanda [ARO01].

A implantação de técnicas de gestão colaborativa precisa ser bem analisada, uma vez que além dos altos investimentos necessários, deve haver uma mudança comportamental das empresas e funcionários envolvidos. Uma ferramenta que pode auxiliar os gerentes na gestão e também na análise da viabilidade de novas estratégias é a simulação computacional. Segundo [COL01], um projeto de simulação permite, entre outras possibilidades, que se façam análises de um sistema ainda não existente, obtendo-se informações importantes para o objetivo do estudo realizado. Isto se faz através da construção de um modelo lógico-matemático, que representa de uma forma satisfatória o sistema real. Em especial, no que se refere à gestão de cadeias de suprimentos, a simulação pode trazer grandes benefícios quando usada na pré-análise de implantação de novas técnicas gerenciais.

De acordo com [BAL98], os estoques ao longo da cadeia são raramente independentes entre si e a gestão dos estoques ao longo de toda cadeia torna-se mais importante do que a gestão de um ponto de estoque independente. Entretanto, problemas dessa natureza tornam-se muito complexos para serem tratados por modelos matemáticos analíticos, daí dizer que o planejamento de estoques através de vários níveis da cadeia de distribuição é usualmente feita com a ajuda de simulação por computador.

Pode-se dizer que o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação da cadeia

de suprimentos que leva em conta as principais variáveis e características envolvidas neste tipo de sistema seria interessante para aqueles que necessitassem utilizar deste método para análise de cadeias de suprimentos.

1.1 Definição do Tema

Devido à alta complexidade existente nos processos que regem a gestão e operação de cadeias produtivas, tem-se como hipótese o fato de que simulação computacional pode servir como uma ferramenta de auxílio para análise de desempenho desse tipo de sistemas.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação discreta de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios que leve em conta importantes variáveis e características de cadeias produtivas, como, por exemplo, demanda aleatória, lead times de produção e de entrega, restrições e necessidades de materiais, estoques de segurança, níveis ótimos de produção e inter-relações entre diferentes corporações.

Este objetivo pode ser dividido em alguns objetivos específicos, tais como:

- Aprofundar os conhecimentos em cadeias de suprimentos;
- Estudar algumas causas e consequências negativas do efeito chicote em cadeias produtivas;
- Estudar as consequências da utilização da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos usando simulação computacional.

1.3 Metodologia Adotada

Seguindo os métodos tradicionais de pesquisa, pode-se classificar a presente pesquisa da seguinte forma:

- Do ponto de vista da sua natureza, pode-se dizer que esta é uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais [GIL02], [SAN99].

- Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, pode-se dizer que esta é uma pesquisa quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las [SIL01], [NAK99].

- Saindo dos métodos tradicionais de pesquisa e tomando como base o trabalho feito por [BER02], essa pesquisa pode ser definida como uma pesquisa quantitativa axiomática, por se tratar de uma pesquisa que envolve simulação computacional. Além disso, esse tipo de pesquisa passa por duas fases principais: inicialmente, faz-se uma descrição detalhada das características operacionais do sistema em estudo, o denominado modelo conceitual. A segunda etapa trata da utilização de um modelo específico para resolução do problema, ou seja, neste caso a utilização de um *software* de simulação para a modelagem e análise do sistema em estudo. Estas duas fases principais podem ser ampliadas, ou seja, mais detalhadas, para projetos de simulação.

A metodologia utilizada neste estudo é baseada nas metodologias que envolvem o uso de simulação computacional, que, de acordo com [PRA99], [PED95] e [KEL02], pode ser descrita em nove etapas:

- 1. Definição do problema:** definição clara dos objetivos do estudo, isso é, determinar o porquê do estudo e o que é esperado como resultado;
- 2. Planejamento do projeto:** definição dos recursos a serem utilizados;
- 3. Definição do sistema:** determinação dos limites e restrições na definição do sistema ou processos;
- 4. Formulação do modelo conceitual:** desenvolvimento de um modelo preliminar para definição dos componentes, variáveis descritivas, interações e lógicas do sistema;
- 5. Preparação dos dados de entrada:** identificação e coleta dos dados necessários para a modelagem;
- 6. Modelagem:** formulação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada;
- 7. Verificação e representatividade:** confirmação do funcionamento do modelo conforme o que o modelador previu e se os dados de saídas são plausíveis;
- 8. Experimentação, análise e interpretação:** execução da simulação para gerar os dados necessários produzindo inferências a partir dos dados produzidos pela simulação.
- 9. Confecção do documento final:** uma vez que os resultados apresentados foram aceitos, deve-se produzir a versão definitiva da documentação do trabalho.

1.4 Estrutura do Trabalho

Para que se possa atingir os objetivos propostos, esta dissertação foi estruturada da seguinte forma:

Capítulo 2: Referencial teórico, que aborda o atual estado da arte dos assuntos diretamente relacionados à dissertação: cadeias de suprimentos, efeito chicote na cadeia de suprimentos, gestão colaborativa e simulação computacional de cadeia de suprimentos.

Capítulo 3: Modelo elementar de simulação de uma cadeia de suprimentos, que trata das etapas seguidas para o desenvolvimento de um modelo de simulação elementar de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios.

Capítulo 4: Uso do modelo de simulação proposto na análise da gestão colaborativa, que trata das etapas seguidas para a aplicação prática do modelo de simulação descrito no capítulo 3 para análise dos efeitos da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos.

Capítulo 5: Conclusões, item final onde serão apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Este Capítulo aborda os assuntos diretamente relacionados à presente dissertação, a saber: Cadeias de Suprimentos, Efeito Chicote na Cadeia de Suprimentos, Gestão colaborativa e Simulação Computacional de Cadeia de Suprimentos.

2.1 Cadeias de Suprimento

Esta seção aborda as definições de cadeia de suprimentos, os indicadores de desempenho, coordenação em cadeias de suprimentos e as novas tecnologias para seu gerenciamento.

2.1.1 Definições de cadeia de suprimentos

Existem várias definições de cadeia de suprimentos, a que será seguida neste trabalho é a definição feita por [PUN01], onde define Cadeia de Suprimentos como sendo:

Uma rede de negócios de fornecedores, indústria, distribuidores, centro de distribuição e consumidores finais que estão interconectados e preocupados com a conversão de matéria-prima em produtos que podem ser fornecidos para os consumidores.

Considera três tipos de fluxos: fluxo de materiais, de informação e financeiro.

- Fluxo de materiais: refere-se ao fluxo de materiais do fornecedor para os centros de distribuição; envolve a conversão de matéria-prima em produto final e finalmente a sua entrega para o consumidor.

- Fluxo de informações: refere-se aos dados que são armazenados e lidos a cada momento em que ocorre uma mudança no status do sistema.

- Fluxo financeiro: refere-se ao dinheiro que flui pela cadeia de suprimentos.

Além destas outras definições de cadeia de suprimentos também importantes são vistas a seguir:

De acordo com [CHA01] cadeia de suprimentos é um processo de integração entre fornecedores, indústria, centros de distribuição e varejistas, onde produtos são produzidos e entregues na quantidade certa, na hora certa, a baixo custo e com a satisfação dos consumidores.

Segundo [KAL02], consiste em diversas empresas que funcionam de forma tão eficaz e eficiente quanto uma única empresa, com total visibilidade de informação e responsabilidade. É, em sua essência, a coordenação dos fluxos de material, informação e finanças entre todas as empresas que participam de uma transação de negócios.

Para [FRA02], cadeia de suprimentos refere-se à integração dos processos que formam um determinado negócio, desde os fornecedores originais até o usuário final, proporcionando produtos, serviços e informações que agregam valor para o cliente.

Segundo [HAR03], é o alinhamento das habilidades a montante e a jusante dos parceiros da cadeia de suprimento para entregar valor superior ao cliente final com o mínimo custo para a cadeia de suprimento como um todo.

É o controle de materiais, informações e finanças dentro do processo que vai do fornecedor ao consumidor, passando pelo fabricante, atacadistas e varejistas. Envolvem a coordenação e a integração desse fluxo em várias empresas [GOM04].

O gerenciamento da cadeia de suprimentos trabalha com a idéia de integração eficiente de fornecedores, indústria, depósitos e varejistas que, conseqüentemente, engloba as atividades das empresas em vários níveis, desde o nível estratégico, passando pelo nível tático até o nível operacional. Pode-se classificar os níveis como segue [SIM02]:

- Nível estratégico: trabalha com decisões que têm efeito abrangente e permanente para a empresa. Inclui decisões de localização e capacidade dos locais de armazenagem e plantas de indústrias, e o fluxo de materiais através da rede;

- Nível tático: trabalha com decisões de um período menor, tipo semanas, meses ou anos. Inclui decisões de produção, política de estoque e estratégias de transporte, bem como a frequência com que os consumidores são visitados;
- Nível operacional: são as decisões do dia-a-dia, tais como programação da produção, rotas e transportes.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos nada mais é do que administrar o sistema de logística integrada da empresa, ou seja, o uso de tecnologias avançadas, entre elas o gerenciamento de informações e a pesquisa operacional, para planejar e controlar uma complexa rede de fatores, visando produzir e distribuir produtos e serviços para satisfazer o cliente [MAR03].

Dentro das definições de cadeia de suprimentos, o sistema de informação assume grande importância. É possível defini-lo como a função que permitirá o sucesso da ação logística dentro de uma organização para que ela possa operar com eficiência. São as informações necessárias de custo, procedimentos e desempenho essenciais para correto planejamento e controle logístico [POZ02].

2.1.2 Indicadores de desempenho em Cadeias de Suprimento

Segundo [BEA99], quando um procedimento, um modelo, um estudo de caso ou uma pesquisa é realizado, geralmente são apresentadas medidas de performance do sistema para análise. Devido à grande quantidade de indicadores de desempenho, torna-se muito difícil selecionar o que melhor irá representar os objetivos do estudo em questão.

O gerenciamento de cadeias de suprimentos tem ganhado grande importância tanto por parte das indústrias como dos pesquisadores, nestes últimos anos. Até agora, embora tenham sido realizadas muitas pesquisas e produzidos diversos artigos sobre o assunto, existe ainda uma lacuna relativamente à forma como são medidas as performances das cadeias e o que é requerido na prática [CHA03].

O objetivo principal da medição de desempenho é o de avaliar se as empresas estão no caminho correto para atingir as metas estrategicamente estabelecidas. Pode-se definir, também, alguns sub-objetivos [BON02]:

- Comunicar estratégias e demonstrar valores;

- Identificar problemas e oportunidades;
- Diagnosticar problemas;
- Entender processos;
- Definir responsabilidades;
- Melhorar o controle e o planejamento;
- Identificar momentos e locais de ações necessárias;
- Mudar comportamentos;
- Tornar possível a visualização de trabalhos;
- Envolver pessoas;
- Facilitar a delegação de responsabilidades.

Algumas características que devem ser levadas em consideração, quando se fala em indicadores de desempenho são, por exemplo, [BEA99]:

- Inclusão: permite a medição de todos os aspectos pertinentes;
- Universalidade: permite comparações sobre várias condições de operação;
- Mensurabilidade: todos os dados requeridos são mensuráveis;
- Consistência: medidas consistentes com os objetivos desejáveis.

Para [GOM04], os indicadores de desempenho são padrões expressos, não necessariamente por uma função matemática. Esses padrões permitem quantificar, medir e avaliar, em termos quantitativos e/ou qualitativos, a eficiência e/ou eficácia de um processo gerador de um produto e/ou serviço.

No caso de sistemas de medições para cadeia de suprimentos deve-se dar ênfase a três grupos de medidas de performance, a saber [BEA99]:

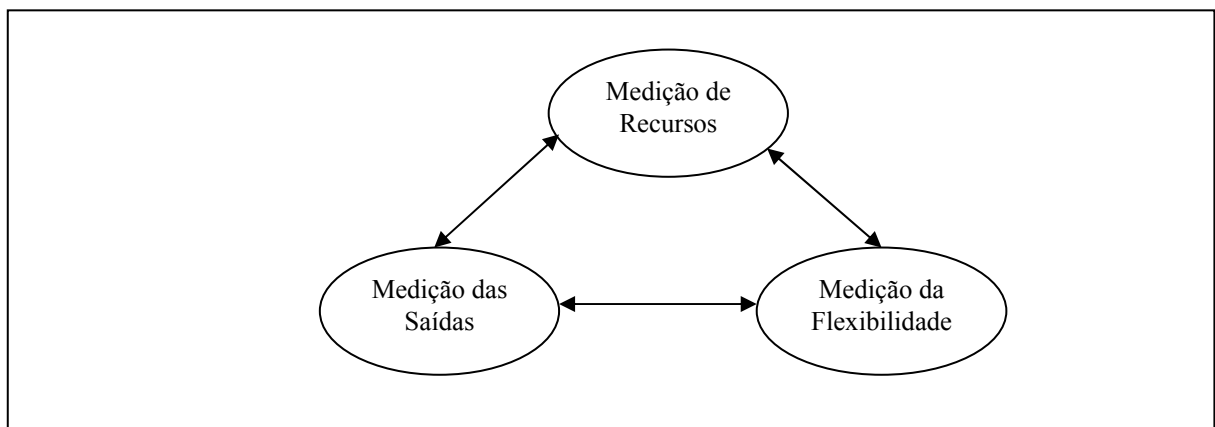
- Medição dos recursos;
- Medição das saídas;
- Medição da flexibilidade.

Tabela 2.1: Objetivos dos tipos de medidas de performance

Tipo de Medição	Objetivo	Finalidade
Recursos	Alto nível de eficiência	Gerenciamento eficiente dos recursos é crítico para os lucros.
Saídas	Alto nível de serviço ao consumidor	Sem saídas aceitáveis, os consumidores mudam-se para outras cadeias.
Flexibilidade	Habilidade para responder a mudanças do ambiente	Em um certo ambiente as cadeias de suprimentos devem ser capazes de responder a mudanças.

Fonte: [BEA99]

Cada um desses três grupos de medidas apresenta características importantes, onde a medição de cada um deles afeta diretamente o outro, como mostrado na Figura 2.1.



Fonte: [BEA99]

Figura 2.1: Sistema de medição da cadeia de suprimentos

Portanto, sistemas de medição de desempenho da cadeia de suprimentos devem conter pelo menos um índice de desempenho de cada um dos três grupos acima mostrados. A seguir são descritas as medidas de desempenho vinculadas a cada um desses grupos, segundo [BEA99].

No grupo medições dos recursos, têm-se:

- Custo total de recursos usados;
- Custo de distribuição, incluindo transporte;

- Custo de manufatura, incluindo mão-de-obra, manutenção e retrabalho;
- Custo de armazenamento;
- Custo de retorno de investimento.

No grupo medições das saídas, têm-se:

- Vendas;
- Lucro;
- Proporção de ordens preenchidas imediatamente;
- Entregas no prazo;
- Falta de estoque;
- Tempo de resposta para o consumidor;
- Tempo de Produção (lead time);
- Número de produtos feitos com defeito;
- Reclamação dos clientes.

No grupo medições da flexibilidade, têm-se:

- Redução do número de ordens retornadas;
- Redução do número de vendas perdidas;
- Redução do número de ordens atrasadas;
- Aumento na satisfação do cliente;
- Capacidade de resposta rápida em variação de demanda;
- Capacidade de resposta rápida no caso de quebras de máquinas;
- Capacidade de resposta rápida no caso de baixa performance de fornecedores;
- Capacidade de resposta rápida no caso de baixa performance dos distribuidores;
- Capacidade de resposta rápida no atendimento a novos produtos, novos mercados ou novos competidores.

2.1.3 Coordenação em cadeias de suprimentos

Segundo [GOM04] o gerenciamento da cadeia de suprimentos preocupa-se com os fluxos externos a empresa, ou seja, o controle de materiais, informações e finanças dentro do processo que vai do fornecedor ao consumidor, passando pelo fabricante, atacadistas e varejistas. O gerenciamento da cadeia de suprimentos envolve a coordenação e a integração

desse fluxo em várias empresas.

De acordo com [FRA02], o gerenciamento da cadeia de suprimentos deve ser exercido com atenção nos itens integração e coordenação. Integração engloba o fluxo integrado de informações, materiais e recursos entre os componentes da cadeia, com o objetivo de eliminar perdas. Já coordenação diz respeito a necessidade de coordenação interna e externa.

Para [CHO02], as maiores dificuldades em coordenar essas cadeias surgem quando os diferentes estágios da cadeia têm objetivos conflitantes, ou seja, cada estágio da cadeia é gerenciado de forma individual sendo comum a tomada de decisões visando somente o próprio benefício, o que resulta em prejuízos para a cadeia como um todo, e devido a atraso ou distorção de informações ao longo da cadeia de suprimentos.

Para a melhoria da coordenação de cadeias de suprimentos, [CHO02] propõe algumas ações que devem ser tomadas:

- Alinhar objetivos entre os integrantes da cadeia de suprimentos;
- Melhorar o nível de informação entre os componentes da cadeia de suprimentos;
- Melhorar a performance operacional nos diversos estágios da cadeia;
- Planejar estratégias de preços para estabilizar ordens;
- Construir parcerias estratégicas entre os integrantes da cadeia.

2.1.4 Cadeia de suprimentos e as novas tecnologias

A tecnologia da Internet tem forçado as organizações a redefinirem seus modelos de negócios, bem como a melhorar a performance de seu sistema, popularmente chamado de *e-business*. O foco tem sido o de melhorar os sistemas, principalmente no que diz respeito à cadeia de suprimentos, incluindo-se termos tais como [GIO01]:

- **B2B (*business to business*)**, um termo cunhado para representar as transações que ocorrem na internet entre empresas [HIL02];
- **B2C (*business to consumer*)**, que designa as transações comerciais entre empresas e seus clientes consumidores pela internet [HIL02];
- ***e-commerce***, que refere-se ao comércio eletrônico pela Internet, pelo qual as empresas, os consumidores, e outras entidades realizam negócios pela internet;
- ***e-business***, é o processo geral de negócios desenvolvidos pela Internet;
- ***e-procurement***, é o processo de compras empresariais organizado pela Internet.

De acordo com [LIA02] há algumas tendências nos negócios atuais:

- O cliente necessita de serviços mais rápidos e integrados;
- Vendas, serviços e personalização não são mais fases separadas;
- Há uma ênfase maior em serviços. À medida que a produção de alta qualidade se torna comum, necessita-se de maior flexibilidade;
- As marcas estão evoluindo como a competência central de uma empresa de “fabricação”, ou seja, pode-se ter empresas líderes na indústria sem quaisquer processos de fabricação internos;
- “Trabalho” não é mais uma entrada homogênea do processo de fabricação, ou seja, deve-se tratar as pessoas como um ativo importante e diferenciado;
- A dispersão das instalações de fabricação e distribuição tornou-se mundial, ou seja, a cadeia de suprimentos deve ser gerenciada de forma global.

O problema básico do modelo de varejo é a ausência de integração do processo entre os parceiros da cadeia de suprimentos. Os dados são inconsistentes ou ultrapassados em todo o sistema, com informações e integração inadequadas. Trata-se o planejamento não como um sistema ponta-a-ponta, e informações não são compartilhadas entre os parceiros. Ao trabalhar com a idéia de colaboração, ou seja, de troca de informações entre parceiros na cadeia de suprimentos, [LIA02] introduz o termo *extranet* de cadeia de suprimentos, cuja meta é fornecer acesso a informações de maneira a permitir que os materiais fluam mais suave e eficientemente no ecossistema dos negócios de uma organização.

Segundo [BOW01], deve-se identificar a estrutura correta para sua cadeia de suprimentos, ou seja, o principal desafio das organizações passa a ser o de encontrar o nível correto de colaboração entre os parceiros.

Já [KAL02] referem que essas plataformas de novas tecnologias para aplicações de gerenciamento da cadeia de suprimentos têm aprimorado a capacidade das organizações de integrar os processos por meio de compartilhamento e planejamento de informações colaborativas. Estas inovações incluem a proliferação de *sites*, a introdução de dispositivos de pontos de venda para adquirir dados, o surgimento de ferramentas de manipulação de dados para otimização de dados de grande escala e o crescimento de capacidades de disseminação de dados. A informação está substituindo o estoque.

A falta de integração entre o planejamento da cadeia de suprimentos e a execução

manifesta-se dos seguintes modos [KAL02]:

- Nível de atendimento ruim, devido à falta de estoque;
- Nenhuma visão da demanda futura e seu impacto na produção, devido à falta de confiança da função produção no plano de vendas;
- Muitas comutações de produção, devido à falta de acordo entre serviço de cliente, distribuição, fabricação e sobre quais produtos são necessários, quando são necessários e onde;
- Muito desequilíbrio de estoque, devido ao fato de ter-se estoque no lugar errado, no momento errado.

2.2 Efeito Chicote na Cadeia de Suprimentos

O objetivo deste item é descrever o conceito do efeito chicote, quais as suas consequências e como reduzir seus efeitos negativos para a cadeia de suprimentos. O termo efeito chicote ou efeito Forrester se deve a Jay Forrester, que iniciou o estudo de variações de demanda e suas amplificações ao longo da cadeia, em 1958.

2.2.1 Definição

O efeito chicote ou *bullwhip effect* ocorre quando há falta de comunicação entre os elementos da cadeia de fornecimento no momento em que ocorre uma variação na quantidade demandada pelo cliente final, com as reações dos fornecedores tendendo a serem amplificadas a cada passagem na cadeia. Todos reagem aumentando ou diminuindo as encomendas acima do que é realmente necessário, procurando se proteger. Para cadeias longas, os resultados podem ser extremamente negativos, pois as distorções, no sentido cliente para fornecedor, vão se acumulando. Pode-se verificar que as consequências para as programações de produção são devastadoras [FOR58], [LEE97].

A figura 2.2 mostra o sentido do fluxo de informações da Tabela 2.2. Esta Tabela descrita por [SLA99] mostra a flutuação dos níveis de produção ao longo dos diferentes componentes da cadeia de suprimentos. A coluna “Demanda” mostra a quantidade de itens pedidos pelo consumidor e suas variações. Na coluna “Montadora”, existe a divisão em mais

duas colunas (produção e estoque). A coluna “Estoque” mostra a quantidade de itens em estoque da montadora quando da chegada do pedido e após a produção. Já a coluna “Produção” apresenta a quantidade de itens que devem ser produzidos ou, se for o caso, o pedido para o próximo componente da cadeia de suprimentos. O mesmo raciocínio vale para os outros componentes da cadeia de suprimentos, ou seja, as colunas “Fornecedor 1, 2 e 3”.

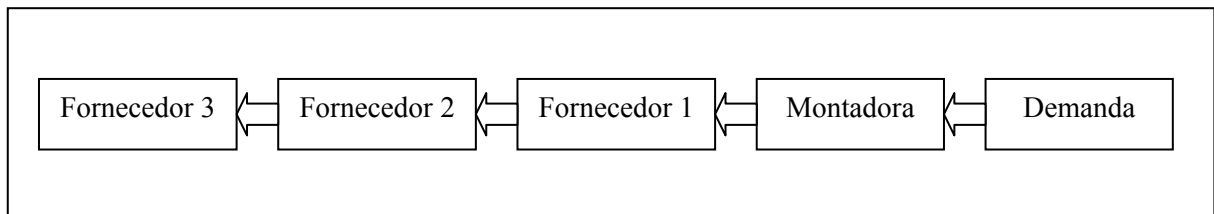


Figura 2.2: Sentido do fluxos de informações.

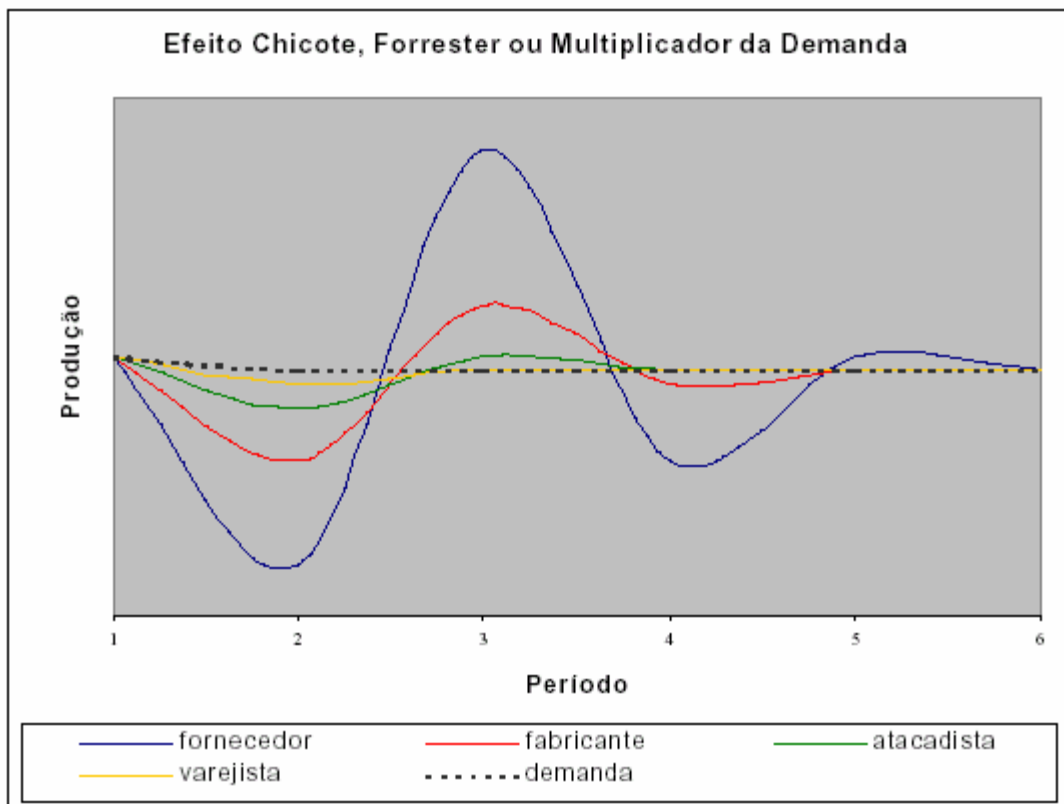
Tabela 2.2: Flutuação dos níveis de produção

Período	Fornecedor 3		Fornecedor 2		Fornecedor 1		Montadora		Demanda
	Prod	Estoq	Prod	Estoq	Prod	Estoq	Prod	Estoq	
1	100	100 100	100	100 100	100	100 100	100	100 100	100
2	20	100 60	60	100 80	80	100 90	90	100 95	95
3	180	60 120	120	80 100	100	90 95	95	95 95	95
4	60	120 90	90	100 95	95	95 95	95	95 95	95
5	100	90 95	95	95 95	95	95 95	95	95 95	95
6	95	95 95	95	95 95	95	95 95	95	95 95	95

Fonte: [SLA99]

Uma redução na demanda de 5%, ou seja, passando do valor de 100 itens para 95, faz com que a variação na coluna “Produção” para cada um dos componentes da cadeia de suprimento seja maior, quanto maior a distância em relação ao consumidor. Utilizando-se como exemplo a linha 2, observa-se que a demanda passou do valor de 100, no período anterior, para 95 neste período. Isso fez com que, na coluna “Montadora” o pedido passasse a 90; já para o “Fornecedor 1”, o valor é 80, para o “Fornecedor 2” o valor é 60 e, finalmente, para o “Fornecedor 3” o valor é 20.

Nota-se que, nesse caso, não se leva em consideração nenhum período de defasagem entre a ocorrência da demanda e sua transmissão para seu fornecedor e o estoque de segurança corresponde a um período de estoque [SLA99]. Além disso, a maneira pela qual os diferentes agentes da rede de suprimentos definem seus lotes de produção pode causar distorções que fazem com que os volumes de produção variem nos fornecedores a montante como pode ser visto na figura 2.3.



Fonte: [LEE97].

Figura 2.3: Ilustração do efeito chicote numa rede de suprimentos fictícia.

Um dos motivos que causam o efeito chicote é a miopia dos vários elos da cadeia. Cada estágio da cadeia de suprimentos “vê” apenas a demanda de seu cliente imediato. Esta demanda, por sua vez, é distorcida pelas políticas de estoque de todos os elos a jusante, que foram definidas de forma independente e não necessariamente adequada para um melhor desempenho da rede como um todo. Além disso, ainda há um efeito que adiciona mais oscilação às demandas a montante, que é a inércia dos fluxos de informação e de materiais, fluindo de um elo a outro. Resumindo, este efeito é causado pela falta de uma gestão

adequada e coesa da rede de suprimentos como um todo. Cada elo, num arranjo tradicional, olha apenas para sua demanda e busca maximizar o seu desempenho financeiro, mesmo que para isso prejudique tremendamente o desempenho de outros elos, o que, por sua vez, prejudicará o desempenho da rede aos olhos do único elo que injeta dinheiro e sustenta a rede: o consumidor final. Nota-se que os outros elos são “repassadores” de recursos: recebe dinheiro pelos produtos que vendem, paga seus custos operacionais, remunera o investimento feito no elo em si e “repassa” o restante do dinheiro que recebeu para seus fornecedores, na forma de pagamento pelos serviços e bens que adquire.

2.2.2 Causas do efeito chicote

O efeito chicote, ou Forrester, não é causado somente por erros e distorções. De fato, a principal causa é um desejo racional e perfeitamente compreensível, de cada um dos diferentes elos da cadeia de suprimentos, de gerenciar suas taxas de produção e níveis de estoque, de maneira independente [SLA99].

Para resolver esse problema é necessário inicialmente entender o que ocasiona o efeito chicote para somente assim poder buscar soluções. Pesquisas de [LEE97] indicaram as quatro maiores causas desse fenômeno:

- **Processamento das variações de demanda** – quando um varejista, por exemplo, tem um aumento nas suas vendas, ele ajusta suas previsões e aumenta o volume de pedidos para restabelecer seus níveis de estoque. O detalhe é que esse aumento no volume das compras do varejista é maior do que o aumento na demanda e pela diminuição dos níveis de estoque do varejista. Dessa forma, o aumento no volume das compas do varejista é maior do que o aumento em suas vendas. Essa ampliação é refletida nos dados de demanda que o atacadista utilizará em seu planejamento. O mesmo fenômeno ocorre na relação entre o atacadista e o fabricante, amplificando ainda mais a variação da demanda deste último.
- **Racionamento (compras de prevenção à falta)** – numa circunstância em que haja expectativa de falta de produtos, os agentes da cadeia tendem a fazer compras superiores as suas reais necessidades. Esse comportamento acentua ainda mais o efeito chicote, amplificando o grau de variação das vendas ao longo da cadeia de

distribuição.

- **Formação de lotes de compra e de produção** – a utilização de lotes de compras e produção também contribui para formação do efeito chicote.
- **Variações de preço** – as políticas tradicionais de descontos entre as empresas da cadeia de distribuição (com abatimentos para grandes lotes de compras) induzem á formação de estoques quando o preço está baixo. Entretanto, o fluxo entre essas empresas é apenas antecipado e nos períodos seguintes esse fluxo diminui até que os estoques sejam consumidos. Dessa forma, a variação de preço aumenta as vendas em um período e diminui em outros, ou seja, aumenta a variação no fluxo de materiais ao longo da cadeia.

Segundo [SIM00b], os fatores que mais contribuem para o surgimento e intensificação do efeito chicote, são:

- **Tempo de reabastecimento** – parâmetros como o ‘estoque de segurança’ e o ‘ponto de reposição’ dos estoques são calculados com base no tempo de reabastecimento. Dessa forma, para um mesmo patamar de erros de previsão, com tempos de reabastecimento maiores, a variabilidade no tamanho dos pedidos aumenta.
- **Formação de lotes** – quando um varejista utiliza um lote de reposição o atacadista receberá ordens maiores, seguidas de períodos sem ordens, enquanto o consumo é relativamente constante.
- **Flutuações de preço** – as variações de preço levam à formação de estoques quando os preços estão baixos. Isso ocorre, sobretudo para as indústrias que fazem promoções esporádicas com descontos de preço.
- **Pedidos distorcidos** - quando existe (ou pode existir) falta de produtos as empresas envolvidas na distribuição tendem a antecipar seus pedidos para evitar problemas em seu nível de serviço.

Para [MCC01], a amplificação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos pode ser vista, inicialmente, sob três dimensões. A primeira dimensão seria o aspecto de reposição, que afeta o fluxo de materiais e informações. Uma segunda dimensão seria a geográfica, desde que as atividades aconteçam em diferentes locais. A terceira seria a temporal, uma vez que as atividades aconteçam em tempos diferentes.

2.2.3 Consequências negativas para a cadeia de suprimentos

As consequências negativas do efeito chicote incluem [KES01] e [KHA01]:

- Aumento de estoque ao longo da cadeia de suprimentos;
- Serviço ruim ao consumidor;
- Diminuição da lucratividade;
- A rentabilidade do capital investido fica abaixo do esperado;
- Variações nas programações da produção;
- Altos custos de transportes;
- Baixa qualidade dos produtos.

Para que se inicie qualquer estudo com o objetivo de resolver este problema inicialmente se deve medi-lo. Segundo [FRA00], existe uma grande dificuldade para medir este efeito, que tem trazido alguns problemas, os quais não têm recebido a devida atenção, tais como, acúmulo de dados, dados incompletos e dados de demanda vistos isoladamente, o que torna o processo difícil de ser medido.

O custo envolvido devido às consequências negativas do efeito chicote oferece mais algumas razões para o desenvolvimento de estudos de mecanismos para redução deste efeito [CAR02].

Segundo [MAR02] e [DIA93], os custos em manter estoques podem ser classificados em três grandes categorias descritas abaixo e que servem para demonstrar a amplitude que dos custos que o efeito chicote causa nas empresas:

- Custos diretamente proporcionais;
- Custos inversamente proporcionais;
- Custos independentes;

Custos diretamente proporcionais ocorrem quando os custos crescem com o aumento da quantidade média estocada. Por exemplo, quanto maior o estoque, maior o custo de capital investido, ou seja, quanto maior a quantidade de itens armazenados, maior a área necessária e maior o custo de aluguel.

Custos inversamente proporcionais são os custos ou fatores de custos que diminuem com o aumento do estoque médio, isto é, quanto mais elevados os estoques médios, menores serão tais custos. São os denominados custos de obtenção, no caso de itens comprados, e custos de preparação, no caso de itens fabricados internamente.

Custos independentes são aqueles que independem do estoque médio mantido pela empresa, como, por exemplo, o custo do aluguel de um galpão.

Chega-se ao custo total através da soma dos três custos acima descritos mais o custo do produto [BAL01]:

Custo total = Custos diretamente proporcionais + inversamente proporcionais + custos independentes + custo do produto.

2.2.4 Medidas para minimizar o efeito chicote

Para se minimizar o efeito chicote é necessário entender a relação entre cliente e fornecedor dentro da cadeia de suprimentos, que pode gerar variações. Foi sugerido por [FOR58] três frentes de ação para reduzir o efeito de ação para reduzir o efeito que chamou de amplificação:

- **Agilizar o tratamento dos pedidos:** a redução nos tempos envolvidos na execução das atividades tem pequeno impacto sobre a amplitude das variações, entretanto [FOR58] questiona o número de empresas envolvidas na distribuição dos produtos e propões que as cadeias sejam mais curtas para reduzir o efeito chicote.
- **Melhorar a qualidade dos dados:** ressalta-se a importância de que todas as empresas envolvidas na cadeia tenham acesso às informações de vendas no varejo.
- **Ajuste dos estoques:** as variações dos estoques podem ser ajustadas não apenas em um período, mas numa sequência de períodos futuros.

Segundo [LEE97], para resolver esse problema deve-se atacar as principais causas do efeito chicote:

- **Processamento das variações na demanda** – a distorção da demanda surge devido à falta de visibilidade que os fornecedores e fabricantes têm do real consumo de seus produtos. Uma forma de reduzir esse aspecto é compartilhando as informações de consumo com as empresas que atuam na cadeia de distribuição. Mesmo assim, as diferentes metodologias de previsão que são utilizadas entre as empresas vão manter o efeito chicote. Práticas como VMI, ECR e CPFR atuam no sentido da redução do efeito chicote. A eliminação de etapas na cadeia de distribuição e a redução dos tempos de reabastecimento também podem ser usadas na redução do efeito chicote.
- **Racionamento (compras de prevenção à falta)** – em situações em que há falta de produtos a tendência é que as empresas peçam quantidades maiores do que sua real necessidade. Nesse caso, a alocação da quantidade disponível para entrega pode ser feita de acordo com a participação histórica de mercado de cada cliente, e não segundo seus pedidos feitos no período de falta.
- **Formação de lotes de compra e de produção** – as causas para a utilização dos lotes são os custos fixos de pedido, produção e transporte e a utilização de ‘períodos de revisão dos estoques’ sem que o fabricante tenha informações sobre o consumo de seu produto. Dessa forma, o combate ao efeito chicote se dá através da redução dos custos fixos de pedido como, por exemplo, a utilização dos sistemas automáticos de reposição sem a necessidade da emissão de pedidos por papel.
- **Variações de preço** – as distorções no fluxo de materiais causadas pelas estratégias de variações no preço devem ser evitadas com a utilização de outras políticas comerciais como, por exemplo, a política de preço baixo todo dia. Uma alternativa é a desvinculação contratual entre a compra e a entrega dos produtos. Assim uma grande compra para obtenção de descontos pode ser dividida em várias entregas em períodos futuros.

Da mesma maneira [SIM00b] sugerem as seguintes ações para diminuir o efeito chicote:

- **Redução da incerteza** – a redução da incerteza pode ser feita por meio da centralização da informação de demanda e do fornecimento e cada estágio da cadeia e dos dados completos sobre o real consumo dos produtos.
- **Redução da variabilidade** – o efeito chicote pode ser com a redução da variabilidade em cada etapa da cadeia, evitando-se, por exemplo, práticas como os descontos esporádicos.
- **Redução do tempo de ressuprimento** – o tempo de ressuprimento amplifica a incerteza existente no processo de previsão. Logo, quanto menor esse tempo, menor será a amplificação.
- **Formação de parcerias estratégicas** – as parcerias podem reduzir o efeito chicote através da mudança na forma pela qual as informações são compartilhadas e as decisões de reposição são tomadas.

Este trabalho está focado na primeira prática descrita por [LEE97] para reduzir o efeito chicote, ou seja, o processamento das variações de demanda, e também na primeira prática descrita por [SIM00b], que o autor chamou de redução da incerteza. Segundo [SIM00a] e [CHE00], consegue-se alcançar este objetivo através de uma maior visibilidade, ou seja, com a integração da cadeia de suprimentos, definida como sendo uma das principais estratégias usadas para reduzir o efeito chicote. Visibilidade ou integração refere-se a prover cada estágio da cadeia de suprimentos com informações completas sobre a demanda de consumo e níveis de estoque.

Este trabalho está focado na primeira prática descrita por [LEE97] para reduzir o efeito chicote, ou seja, o processamento das variações de demanda, e também na primeira prática descrita por [SIM00b], que o autor chamou de redução da incerteza. Segundo [SIM00a] e [CHE00], consegue-se alcançar este objetivo através de uma maior visibilidade, ou seja, com a integração da cadeia de suprimentos, definida como sendo uma das principais estratégias usadas para reduzir o efeito chicote. Visibilidade ou integração refere-se a prover

cada estágio da cadeia de suprimentos com informações completas sobre a demanda de consumo e níveis de estoque.

Para entender porque integração reduz o efeito chicote, observa-se que, se as informações sobre a demanda são trocadas, cada etapa da cadeia de suprimentos pode usar os dados atuais da demanda de consumo para criar uma previsão mais precisa do que se utilizasse ordem vinda do estágio seqüente da cadeia. Estas ordens têm, tipicamente, uma maior variabilidade do que a demanda real de consumo. Da mesma maneira, visibilidade permite que parceiros da cadeia de suprimentos coordenem melhor a produção e distribuição diminuindo não somente custos, mas também reduzindo *lead times*. Esta redução de *lead times* resulta em redução no nível de estoque através da cadeia de suprimentos, bem como, em uma redução no efeito chicote [SIM00a].

Segundo [AND02b], criador do conceito de CPFR, uma das principais causas do excesso de estoques nas empresas é o efeito chicote e por sua experiência em aplicações da técnica do mundo inteiro, permite dizer que o CPFR é uma das principais formas de reduzir o efeito chicote na cadeia de suprimentos e reduzir o excesso de estoques.

2.3 Gestão Colaborativa

O que impulsiona a colaboração na cadeia de suprimentos é a convicção de que trabalhar juntos para atender a demanda do cliente supera os relacionamentos frios e distantes. Melhorias significativas podem ser alcançadas por meio da colaboração e da integração internas nas empresas, porém resultados melhores podem ser alcançados na colaboração entre empresas.

A colaboração na cadeia de suprimentos é um enorme desafio no aspecto de negócios, mais até que no aspecto tecnologia. Hoje, a Internet provê acessibilidade e padronização que permitem transmitir e integrar dados entre os parceiros da cadeia de suprimentos. Pode-se dizer que o grande desafio em colaboração é implementar mudanças culturais e organizacionais [SIM00a].

Algumas das primeiras iniciativas de integração da cadeia de suprimentos ocorreram há pouco mais de 10 anos atrás quando movimentos como VMI e o ECR foram criados [RIB04].

Segundo [HAR03] o VMI ou estoque gerenciado pelo fornecedor é uma abordagem de

estoques e de efetivação de pedidos em que o fornecedor é o responsável pelo gerenciamento e reabastecimento do estoque. O fornecedor assume a responsabilidade pelo monitoramento das vendas e do estoque e utiliza essas informações para iniciar pedidos de reabastecimento. O fornecedor rastreia a venda de produtos e os níveis de estoque de seus clientes, enviando mercadorias apenas quando os estoques estiverem baixos. A decisão de fornecimento é tomada pelo fornecedor e não pelo cliente.

De acordo com [RIB04], o ponto fraco do VMI consistia na falta de visibilidade da cadeia como um todo: informações dos pontos de venda, bem como o estoque nas lojas era negligenciado e apenas as variações do estoque no Centro de Distribuição principal ou nos Centros de Distribuição avançados eram considerados no processo de reposição. Estas deficiências levaram as empresas a buscarem técnicas de integração alternativas.

Uma destas alternativas veio através do ECR, que segundo [ECR04] é um movimento global, no qual empresas industriais e comércio, juntamente com os demais integrantes da cadeia de abastecimento (operadores logísticos, bancos, fabricantes de equipamentos e veículos, empresas de informática, etc.) trabalham em conjunto na busca de padrões comuns e processos eficientes que permitam minimizar os custos e otimizar a produtividade em suas relações.

Ele possui como meta atender às demandas e às exigências do cliente final por meio de uma colaboração eficaz entre todos os membros da cadeia de suprimentos para aumentar a eficácia dos esforços de promoções, fluxo de estoque e administração da cadeia de suprimentos [HAR03].

A onda seguinte segundo ao ECR foi o CPFR, pode-se dizer que o CPFR nasceu da iniciativa de se cobrir os espaços deixados por outras práticas anteriormente utilizadas, tais como VMI e ECR [DOM01]. Com o CPFR, alguns fatores geradores de problemas são minimizados, tais como [BAR01]:

- A influência de promoções no cálculo da previsão de vendas (e sua influência na política de gerenciamento de estoques);
- A influência das mudanças no padrão de demanda no cálculo da previsão de vendas (e sua influência na política de gerenciamento de estoques);
- A prática comum de se manter altos níveis de estoques para garantir que se tenha produto disponível nas prateleiras;
- A falta de coordenação entre lojas, o processo de compras e o planejamento da

logística dos varejistas;

- A falta de sincronismo geral entre os departamentos de manufatura (vendas/comercial, distribuição e planejamento da produção);
- O desenvolvimento de múltiplas previsões dentro da mesma empresa (vendas, finanças, compras e logística).

2.3.1 CPFR

Segundo [SIM00a], pode-se classificar colaboração na cadeia de suprimentos em três níveis, conforme descritos a seguir:

- **Troca de informações** – este é o nível básico de colaboração em que cada parceiro da cadeia de suprimentos troca informações sobre demanda, nível de estoque e atividades promocionais;
- **Coordenação dos planejamentos** – neste nível, reconhece-se que troca de informações não é tudo, sendo importante um acordo para estratégias de previsão e reposição que permitam um alto nível de coordenação na cadeia de suprimentos;
- **Criação de comunidades de cadeia de suprimentos** – este é o mais alto nível de colaboração nas organizações; consolidam verdadeiras comunidades, cujos membros trocam informações sobre metas e objetivos entre si.

Neste estudo, será dada maior ênfase ao segundo caso, coordenação de planejamentos onde se enquadra o CPFR.

2.3.1.1 Definição de CPFR

Pode-se definir CPFR como uma estratégia de negócios entre parceiros da cadeia de produção para colaboração através de troca de informações sobre previsão de demanda a partir do ponto de venda, onde [SEI02]:

- **“Estratégia de negócios”**: porque isto é uma estratégia, onde são feitas medidas de performance a partir de padrões esperados;
- **“Entre parceiros da cadeia de produção”**: as medidas de performance são

acordadas entre todos os envolvidos, nada é feito independentemente;

- **“Para colaboração”**: o coração do CPFR é a troca de informações críticas em tempo real entre todos parceiros de maneira a poder ver e ter acesso e ser co-responsável pelas decisões tomadas;
- **“Troca de informações”**: as medidas de desempenho que forem aplicadas devem ter a mesma base para todos os envolvidos na cadeia;
- **“Previsão de demanda”**: baseia-se em históricos de demanda e promoções de vendas; o esforço está em colaborar de modo a antecipar-se e então medir os efeitos na demanda atual;
- **“Ponto de venda”**: O processo se inicia no ponto de venda, ou seja, no consumidor.

Pode-se dizer que o CPFR é um conjunto de normas e procedimentos amparado pelo VICS, um comitê fundado em 1986 e formado por representantes de diversas empresas, com o objetivo de aumentar a eficiência das Cadeias de Suprimentos através do estabelecimento de padrões que facilitem o fluxo físico e de informações [ARO01]. O VICS publicou pela primeira vez o guia VICS CPFR em 1998. Em novembro de 2000, sobre a supervisão do GCI, um grupo de trabalho, utilizando suas experiências de implantação do CPFR formulou um documento que teve sua última atualização em junho de 2002. A premissa básica é que através do CPFR se consegue um aumento de eficiência através da participação de todos os envolvidos no processo, ou seja, todos da cadeia podem dar a sua contribuição para a melhoria do processo, através de dados que lhe permitem fazer uma melhor previsão de demanda. As informações do ponto de venda são consideradas nas previsões de demanda, no planejamento da produção e entregas. Este canal disponibiliza um fluxo de informações na Internet sobre estimativas, promoções, aberturas de loja e outros parâmetros de planejamento. Essas informações são compartilhadas por todos os participantes da cadeia de suprimentos em tempo real, melhorando a eficiência na utilização do capital de giro das empresas envolvidas.

Atualmente muitos autores reconhecem a necessidade da colaboração. Tom Peters, autor de “Em busca da Excelência” [PET88], acredita que a sobrevivência das empresas nos dias atuais depende da colaboração entre parceiros de negócios. Michael Hammer, autor de “Reengenharia” [HAM01], refere que hoje é comum construir “paredes” entre os departamentos das empresas, e principalmente paredes maiores ainda entre as empresas e seus

clientes, o que representa, segundo ele, um custo muito alto para a organização.

Atualmente uma mudança na demanda de determinado produto é sentida pelo centro de distribuição do produto, repassando a informação para a indústria que, por sua vez, repassa para seus fornecedores. Todo o processo depende da emissão de ordens de produção encadeando todo o processo.

Através do CPFR são disponibilizadas informações para todos da cadeia, de maneira a poderem se antecipar a qualquer mudança na demanda prevista, e também que, de posse dessas informações, todos possam colaborar buscando soluções para a melhoria do processo.

Através deste conjunto de normas e procedimentos são criados processos de negócios no qual fabricantes e varejistas/distribuidores concordem em estabelecer objetivos comuns, desenvolver planos operacionais e de vendas, compartilhar estes planos via transmissão eletrônicas, trabalhando em conjunto na geração e atualização de previsões de venda e reabastecimento [WHI00]. Segundo [STA99], existe uma relação direta entre a implementação do CPFR e o sistema de informações utilizado.

O objetivo central do CPFR é o de obter, através de um planejamento compartilhado, uma maior precisão nas previsões de vendas e nos planos de reabastecimento. Em decorrência, torna-se possível a diminuição dos estoques ao longo da cadeia de suprimentos e a obtenção de altos níveis de serviço o que, por sua vez, tende a resultar em um aumento nas vendas. Portanto, percebe-se aqui uma total mudança estratégica na natureza do relacionamento e das transações entre parceiros no negócio. Pode-se ver o CPFR como um modelo geral de coordenação dos processos entre os participantes da cadeia de suprimentos [SKJ03].

Hoje, numerosos varejistas, indústrias e fornecedores, através das mais variadas áreas de atuação, estão implantando modelos baseados no CPFR, devido aos bons resultados obtidos por algumas empresas que já o implantaram [CES03].

2.3.1.2 Etapas do CPFR

Pode-se dividir o processo do planejamento, previsão e reposição colaborativos em nove etapas, sendo que as etapas 1 e 2 estão na fase chamada Planejamento, as etapas 3 até 8 compreendem a fase de Previsão e a etapa 9, a fase de Reposição [GCI02]:

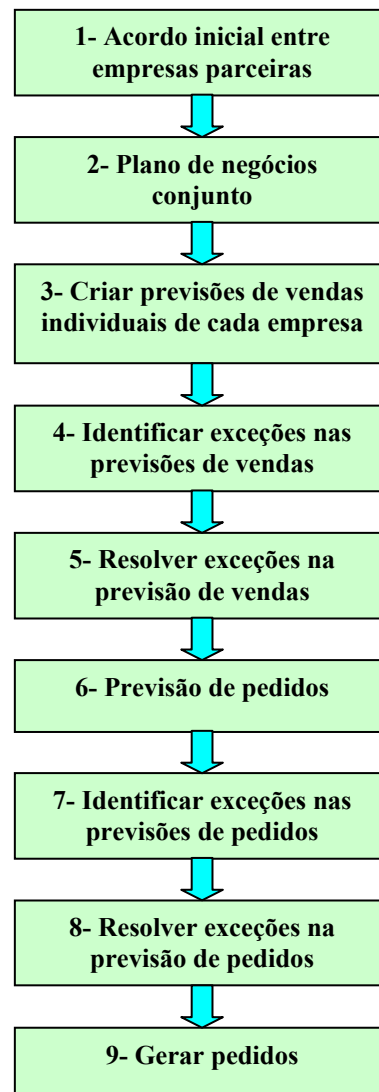


Figura 2.4. Modelo CPFR [GCI02]

O *Global Commerce Initiative* (2002) define essas etapas como sendo:

Etapa 1: Consiste na elaboração de um acordo no qual as empresas parceiras estabelecem as normas e regras para a relação de colaboração, as expectativas de cada parte e as ações e recursos necessários para o sucesso.

Etapa 2: Define-se um plano de negócios conjunto, descrevendo-se quais categorias de produtos serão inseridas no processo, objetivos traçados, estratégias e táticas a serem utilizadas. Neste ponto, definem-se os parâmetros do gerenciamento de cada categoria, tais como: pedidos mínimos ou múltiplos, *lead times*, intervalo entre pedidos, etc. Este plano de negócios é reavaliado periodicamente e serve de base para o planejamento e controle de

atividades do dia-a-dia.

Etapa 3: Desenvolvimento das previsões de vendas individuais de cada empresa. A diferença aqui está no fato de que ambas as empresas dispõem de todas as informações necessárias.

Etapa 4: Faz-se a identificação de exceções através da comparação entre as previsões realizadas pelo varejista e pelo fabricante/distribuidor. A comparação é realizada por sistemas ligados diretamente, nos quais cada empresa joga suas previsões para que, em função dos parâmetros definidos no plano de trabalho conjunto, as exceções sejam identificadas.

Etapa 5: As exceções identificadas são analisadas conjuntamente pelos times de planejadores das duas empresas, buscando as razões pelas quais estas exceções ocorreram.

Etapa 6: Elaboração de uma previsão das ordens de ressuprimento. Esta previsão de ordens leva em consideração não apenas a previsão de vendas, mas também outros fatores já pré-determinados, como políticas de estoque, frequência de pedidos e *lead times* de ressuprimento.

Etapa 7: Busca-se por exceções para a previsão de ordens. São relacionados as restrições existentes por parte do fabricante/distribuidor no que diz respeito à capacidade de atendimento das ordens previstas.

Etapa 8: As exceções identificadas são analisadas e negociadas conjuntamente. Esta etapa representa a grande vantagem do CPFR para o varejista, pois ao mesmo tempo em que consegue reduzir os níveis de estoque, obtém também um maior grau de segurança no ressuprimento. Esta também é uma etapa na qual o CPFR se difere dos programas de resposta rápida, uma vez que a cadeia está realizando seu planejamento em função da demanda real, e não só se preparando para responder rapidamente.

Etapa 9: Transformação de ordens previstas em pedidos firmes. O comprometimento entre as duas empresas através do CPFR faz com que a negociação de preço seja acordada

periodicamente, não fazendo mais parte das atividades do dia-a-dia da relação entre as empresas.

2.3.1.3 Principais barreiras para implementação do CPFR

Segundo [PET03] as principais barreiras são essencialmente no que se refere à ausência de liderança, relutância das organizações em alterar o tipo de produção “empurrada” para “puxada”, dificuldade em “derrubar paredes internas” entre departamentos e, principalmente, o fato de modificar consideravelmente a cultura da organização.

Além disso, tem-se outra situação que se deve ter em mente para implantar-se o CPFR [GCI02]:

- Selecionar parceiros e produtos com os quais se pretende implementar o CPFR [HOL02];
- Medir regularmente a performance;
- Comprometer-se em implementar CPFR em grande escala;
- Alinhar a filosofia da organização com a filosofia do CPFR;
- Gerenciar as mudanças organizacionais que deverão ser feitas.

A favor dessas mudanças vale citar alguns resultados alcançados em diversas partes do mundo onde se implantou o CPFR, como por exemplo, aumentos nas vendas, na lucratividade e no uso do capital humano, conforme detalhado a seguir.

2.3.1.4 Benefícios conseguidos com a implementação do CPFR

Segundo Joe Andraski, criador do conceito de CPFR, uma das principais causas do excesso de estoques nas empresas é o chamado efeito chicote e por sua experiência em aplicações da técnica do mundo inteiro, permite-lhe dizer que CPFR é uma das principais formas de reduzir o efeito chicote na cadeia de suprimentos e reduzir o excesso de estoques [AND02b].

Alguns benefícios da implementação de CPFR podem ser caracterizados por [AND01] como:

Eficiência:

- Redução de custo para sua implementação, visto que muitas companhias apresentam o mesmo padrão de trocas;
- Facilidade de atrair novos sócios, já que os custos empresariais e técnicos podem ser mais baixos;
- Procedimentos comuns para participação, que elimina inconsistências e identificação de produtos;
- Redução do tempo para acesso, desde que CPFR seja oferecido como um serviço standard na maioria dos provedores da Internet especializados neste tipo de serviço;
- Permitir a realização de negócios entre os sócios, sem a necessidade de desenvolvimento de softwares próprios.

Efetividade:

- Visibilidade para todas as companhias associadas que estão comerciando, que são os sócios de troca de um ponto de acesso;
- Maior potencial para excelência operacional por trocas que focalizam exclusivamente em comércio *business to business*;
- Padrões de trocas para calendários, identificação de produtos, localização de parceiros, fluxos de trabalho e formatos de dados que tornam a colaboração mais efetiva;
- Maior sincronismo e consistência de dados colecionados de múltiplos sócios;
- Integração com outras aplicações dos provedores do *business to business*. Por exemplo:
 - Capacidade para colaborar rapidamente em produtos novos por integração com o catálogo de produto de trocas comum;
 - Ligações para processos *on-line*, inclusive geração de ordem de compra e agregação de ordem de compra;
 - Facilidade de acesso para uma grande comunidade de sócios, habilitando relações colaboradoras para um grupo maior.

Alguns benefícios citados por uma pesquisa da *AMR Research* podem ser vistos na Tabela 2.3, abaixo [SUL02]:

Tabela 2.3: Benefícios típicos do CPFR

Benéficos para o varejista	Benéficos típicos
Melhora do nível de estoque nas lojas	2% até 8%
Diminuição do nível de estoque	10% até 40 %
Aumento das vendas	5% até 20%
Diminuição dos custos de logística	3% até 4%
Benéficos para o fabricante	Benéficos típicos
Diminuição do nível de estoque	10% até 40%
Aumento do tempo de ressuprimento	12% até 30%
Aumento das vendas	2% até 10%
Melhor serviço ao consumidor	5% até 10%

Os principais benefícios apontados pelas empresas envolvidas com o CPFR foram os seguintes, [ARO01], [SEI02] e [FLI03]:

- Redução do tempo de reação à demanda de consumo;

A redução sistemática das faltas e a otimização dos tempos de reposta torna mais flexível e segura a cadeia de suprimentos, o que resulta em aumento da disponibilidade dos produtos e a satisfação dos consumidores.

- Melhor previsão de vendas;

Através da colaboração na previsão, a mesma ganha em confiabilidade. Independente da sua posição na cadeia de suprimentos, os parceiros podem dar suas diferentes perspectivas, dados de consumo, experiências prévias e pesquisas de previsão. A combinação desses conhecimentos é a base para alta confiabilidade da previsão de vendas.

- Comunicação direta e permanente;

O estabelecimento de linhas diretas de comunicação aumenta o nível de trocas entre as etapas da cadeia de valor. Variações nas demandas (aumento ou diminuição da demanda devido a mudanças climáticas ou promoções de vendas, etc.) podem ser prontamente consideradas.

- Aumento das vendas;

A colaboração no planejamento, previsão e suprimentos reduzem dramaticamente situações de falta de estoque. Perdas potenciais no faturamento são previamente recuperadas. Todos os parceiros lucram.

- Redução de estoques;

Imprecisão na previsão de vendas é a principal razão para estoques excedentes na cadeia de suprimentos. Estoques excedentes eram mantidos como segurança para o caso de erro no planejamento de vendas; agora, com o CPFR, esses estoques de segurança podem ser reduzidos e a disponibilidade aumentada.

- Redução de custos;

A integração do planejamento de produção com os fornecedores de matéria-prima e indústria através da otimização das projeções de vendas abrem caminhos para a redução potenciais de custos. Tempo de *set-up*, jornadas duplas de trabalho e variações na produção são reduzidas. Um melhor uso da capacidade de produção significa melhor eficiência no processo de produção. Redução de estoques significa baixos custos de controle e administrativos.

- Melhora do gerenciamento da previsão de demanda;

O consumidor e suas necessidades são o foco do planejamento. As necessidades dos consumidores tornam a previsão mais correta, uma vez que todos utilizam os dados dos pontos de venda têm-se uma resposta simultânea em toda a cadeia de suprimentos.

- Melhor uso da capacidade de produção e recursos da cadeia de suprimentos;

Dados mais realistas de planejamento permitem o desenvolvimento de um plano em longo prazo para melhor uso dos recursos de produção e logística.

- Aumento da precisão da previsão de demanda;

A troca de dados de previsão entre os parceiros e o desenvolvimento de uma previsão conjunta para ajuste do planejamento da produção faz com que se obtenha um aumento da precisão da previsão de demanda.

- Aumento sustentável na relação de colaboração;

Uma comunicação aberta entre parceiros aumenta a confiança e o entendimento da situação de cada parceiro individualmente.

A Nestlé do Reino Unido afirma que as vantagens dos sistemas colaborativos são significativas e relaciona as mais importantes [HAR03]:

- Existe uma maior disponibilidade de produtos ao consumidor e, conseqüentemente, mais vendas;
- O atendimento total é aperfeiçoado, os custos totais são reduzidos (inclusive os de estoque, desperdícios e recursos) e as capacidades podem ser diminuídas por causa

das reduções e da incerteza alcançadas;

- Os processos que englobam duas ou mais empresas tornam-se muito mais integrados e, conseqüentemente, mais simples, padronizados, velozes e certos;
- As informações são comunicadas rapidamente, de uma maneira mais estruturada, e é transparente pela cadeia de suprimento a todos os usuários autorizados. Todos os usuários sabem onde encontrar informações atualizadas;
- Pode-se fazer uma auditoria para identificar quando as informações foram alteradas;
- Lembretes via e-mail podem atualizar os usuários em relação à variância e ao progresso, bem como confirmar autorizações;
- Os dados que estão no sistema podem ser utilizados para propósitos de monitoramento e de avaliação;
- O processo pode ser concluído em um período de tempo rápido a um custo mais baixo;
- Todos os parceiros comerciais tornam-se mais comprometidos com os planos e objetivos compartilhados. São feitas mudanças com mais cuidado, preocupando-se em torná-las imediatamente visíveis a todos.

Segundo [PIO03], um benefício do comércio colaborativo é que o mesmo permite uma administração de parcerias, pois define o papel das empresas dentro da rede de negócios, configura as regras dos negócios, atualiza e padroniza informações.

2.3.1.5 CPFR no Brasil

Segundo estudo realizado por [FER03], concluiu-se que as aplicações do CPFR, no Brasil, ainda são incipientes e que as iniciativas de colaboração têm seu foco no planejamento tático/operacional do sistema logístico, por servir como indutora de mudanças e incentivos, principalmente do mercado varejista, aos demais passos (de longo prazo) do CPFR, trazendo crescentes investimentos em inovação tecnológica. Nesse sentido, o CPFR tem sido implantado estrategicamente pelos parceiros como nova filosofia de colaboração. Por meio das informações obtidas na indústria e também no varejo, observa-se que a indústria apresenta uma iniciativa de colaboração e de inovação tecnológica mais intensa do que o varejista.

2.4 Simulação de Cadeias de Suprimento

Esta seção trata da simulação computacional de cadeias de suprimentos. Tem início com as definições de simulação e simulação de cadeias de suprimentos passando, a seguir, às suas vantagens e desvantagens e finaliza abordando as diferentes etapas de um projeto de simulação.

2.4.1 Definições de simulação

Especialistas em tecnologia de manufatura reconhecem a importância da simulação. A modelagem e simulação de sistemas têm sido identificadas como as duas grandes descobertas que irão acelerar a resolução dos grandes desafios que serão encontrados pela indústria de manufatura em 2020 [BAN02b].

Um estudo de simulação permite, entre outras possibilidades, que se façam análises de um sistema ainda não existente, obtendo-se informações importantes para o objetivo do estudo realizado. Isto se faz através da construção de um modelo lógico matemático, que representa de forma satisfatória o sistema real [COL01].

Segundo [RET97], a simulação oferece uma ferramenta analítica efetiva para as organizações que necessitam medir a performance do tempo de ciclo em um ambiente de cadeia de suprimentos. Devido à complexidade de muitas cadeias de suprimentos, pode-se dizer que um modelo de simulação é uma das poucas ferramentas que podem capturar a natureza dinâmica de um sistema de maneira realista.

O termo “*simulação*” tem sido usado para explicar um grande número de coisas.

Usualmente, refere-se à representação de grandes e complexas atividades. Por exemplo, engenheiros constroem simulações de sistemas físicos tais como as rotas de navios. Pilotos de avião são treinados em simuladores de voo, que reproduzem a resposta do avião para as várias ações que o piloto pode ter e permite o piloto aprender como controlá-lo. Sistemas físicos, tais como sistemas de manufatura, bem como sistemas mais abstratos, tais como redes de computadores, podem ser simuladas em um computador. Todas essas simulações usam um modelo para representar o comportamento do sistema que pode ou não existir e que, geralmente, são maiores, mais caros e mais complexos que o modelo original. O modelo pode ser físico, como no caso do simulador de voo, ou pode ser representado apenas

como um programa computacional, como no caso das simulações de sistema de manufatura e redes de computadores. Em todos os casos, a idéia é que a simulação é uma realização alternativa que se aproxima do sistema real e o propósito da simulação é o de analisar e entender o comportamento do sistema sob várias ações e decisões alternativas [LEM99].

Segundo [SHA75], a simulação não é uma teoria, mas uma metodologia de resolução de problemas; é um método de modelagem utilizado para implementar e analisar um procedimento real (físico) ou proposto em um computador (de forma virtual) ou em protótipos (ensaios), ou seja, simulação é o ato de imitar um procedimento real em menor tempo e com menor custo, permitindo um melhor estudo do que vai acontecer e de como consertar erros que gerariam grandes gastos.

Para [PED95], simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

De acordo com [SHA75], a simulação é quase sinônima de simulação computacional digital, na qual um modelo computacional é executado. Para ele, a simulação pode ser descrita como um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa.

2.4.2 Simulação de cadeias de suprimentos

Os modelos de simulação de cadeia de suprimentos são utilizados para se estudar diversos processos que podem englobar fábricas, centros de distribuição, sistemas de transportes, entre outros [MIL00]. Nesses modelos, plantas individuais são modeladas como sendo unidades de capacidade de produção restritas, ou seja, as mesmas são simplificadas, pois o objetivo é o de se verificar como elas atuam na cadeia de suprimentos como um todo.

A simulação de cadeia de suprimentos pode ser entendida como o processo de criar um modelo da cadeia de suprimentos e testá-lo até encontrar uma configuração aceitável, sendo um processo dinâmico [CHW02].

Simulação da cadeia de suprimentos é usada em tomada de decisões no caso de implementar uma nova cadeia de suprimentos ou para fazer mudanças em cadeias existentes. Essas mudanças podem ser classificadas em duas categorias: estrutural e operacional. Decisões estruturais afetam em longo prazo a cadeia de suprimentos; já as decisões

operacionais afetam em curto prazo a cadeia de suprimentos. Simulação pode ser utilizada como ferramenta para auxílio na tomada de decisões em ambos os casos [PUN01].

A maior dificuldade para criação de um modelo de simulação da cadeia de suprimentos é o nível de detalhamento de cada parte da cadeia que será modelada e que, por sua vez, depende dos objetivos que se deseja alcançar. Os aspectos que influenciam direta ou indiretamente as medidas de performance devem ser incluídos no modelo. O processo de seleção dos fatores a serem modelados e o nível de detalhes de cada um deles é definido como processo de abstração. O objetivo do processo de abstração é capturar a essência de um sistema real e utilizá-lo no modelo de simulação. Podemos dizer que este passo é a “arte” na ciência de simulação [JAI01].

Quando comparada com outros ramos de simulação tais como manufatura ou produção, a cadeia de suprimento é caracterizada por:

- Elas cobrem mais de uma empresa;
- Transporte e armazenamento são o processo principal;
- Manufatura, armazenamento e as ordens são ajustados para otimizar o processo de transporte.

Portanto, pode-se dizer que a simulação procura modelar um sistema ou processo, dando apoio a tomadas de decisão, a qual possibilita a redução de riscos e custos envolvidos em um processo, sendo ela uma ferramenta para a otimização de um processo. Também é importante modelar precisamente a interação entre os vários participantes, os planejamentos de ambos e a execução das atividades devem ser considerados. As atividades típicas incluem gerenciamento de estoques, de produção e entrega de produtos finais. A performance de cada participante da cadeia de suprimentos impacta sobre a performance de todos os outros participantes. Daí a importância em coordenar as ações dos diversos participantes da cadeia de suprimentos.

Cada vez mais, a simulação está sendo aceita e fazendo parte do dia a dia dos analistas, sendo vista como uma técnica para verificar e encaminhar soluções aos problemas encontrados nos mais diversos segmentos industriais.

2.4.3 Vantagens e desvantagens da simulação

A seguir são descritas algumas vantagens de se utilizar simulação em cadeias de

suprimentos segundo [MAR97], [PED95], [BAN02a] e [CHA01]:

- Ele ajuda entender todo o processo e características da cadeia de suprimentos através de gráficos/animação;
- Capacidade de capturar dados para análise: usuários podem modelar eventos inesperados em certas áreas e entender o impacto deles na cadeia de suprimentos;
- Pode diminuir drasticamente o risco inerente às mudanças de planejamento: usuários podem testar várias alternativas antes de fazer a mudança no planejamento.
- Investigar o impacto de mudanças devido a uma maior demanda por componentes na cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de algumas inovações dentro da cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de eliminar uma infraestrutura existente ou acrescentar uma nova dentro da cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de mudanças operacionais estratégicas na cadeia de suprimentos, tais como, processo, localização e uso de novas instalações;
- Investigar o impacto da fusão de duas cadeias de suprimentos ou o impacto da separação de alguns componentes da cadeia de suprimentos;
- Investigar as relações entre fornecedores e outros componentes da cadeia de suprimentos de maneira a racionalizar o número e tamanho dos lotes de pedidos, utilizando como base o total de custos, qualidade, flexibilidade e responsabilidades;
- Investigar o impacto de se fabricar partes dos produtos na própria empresa, e também o impacto de se criar novos fornecedores, ou seja, terceirizar alguns processos;
- Investigar as oportunidades de se diminuir as variedades de componentes dos produtos e padronizá-los por toda a cadeia de suprimentos.

Como todas as técnicas, a simulação também possui algumas desvantagens. Entre elas pode-se citar:

- Um bom modelo de simulação pode se tornar caro e levar vários meses para o seu desenvolvimento, especialmente quando os dados são de difícil obtenção;
- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação. Uma vez

que os modelos tentam capturar a variabilidade dos sistemas, é comum que existam dificuldades em determinar quando uma observação realizada durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo [PED95];

2.4.4 Etapas de um projeto de simulação

Tanto [PED95], como [PRA99] e [KEL02] definem algumas etapas que são comuns quando da montagem de um projeto de simulação. Embora com algumas pequenas diferenças, ambas servem como referência para auxiliar neste tipo de estudo.

Segundo [PED95] as etapas a seguir são comuns a projetos de simulação:

- 1. Definição do problema:** definição clara dos objetivos do estudo, isso é, determinar o por quê do estudo e o que é esperado como resultado;
- 2. Planejamento do projeto:** definição dos recursos a serem utilizados;
- 3. Definição do sistema:** determinação dos limites e restrições na definição do sistema ou processos;
- 4. Formulação do modelo conceitual:** desenvolvimento de um modelo preliminar para definição dos componentes, variáveis descritivas, interações e lógicas do sistema;
- 5. Projeto experimental preliminar:** seleção dos parâmetros e dos níveis a serem utilizados, além da escolha dos fatores a serem investigados, ou seja, quais dados devem ser considerados no modelo, em qual forma e extensão;
- 6. Preparação dos dados de entrada:** identificação e coleta dos dados necessários para a modelagem;
- 7. Modelagem:** formulação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada;
- 8. Verificação e representatividade:** confirmação do funcionamento do modelo conforme o que o modelador previu e se os dados de saídas são plausíveis;
- 9. Projeto final do experimento:** projeta-se o experimento a fim de que se produza a informação desejada e como cada rodada de simulação irá ser feita;
- 10. Experimentação:** execução da simulação para gerar os dados necessários e desenvolver a análise de sensibilidade;
- 11. Análise e interpretação:** produzem-se inferências a partir dos dados produzidos pela simulação.

De modo semelhante [PRA99] define as etapas para o desenvolvimento de um projeto de simulação como segue:

- 1. Identificação do problema;**
- 2. Observação do problema;**
- 3. Modelagem;**
- 4. Validação dos resultados;**
- 5. Apresentação dos resultados;**
- 6. Confeção do documento final.**

Já [KEL02] define as etapas para o desenvolvimento de um projeto de simulação como segue:

- 1. Entender o sistema;**
- 2. Ser claro com relação aos seus objetivos;**
- 3. Formular a representação do modelo;**
- 4. Traduzir para o *software* de simulação escolhido;**
- 5. Verificar se o modelo de simulação está de acordo como o modelo conceitual;**
- 6. Validar o modelo;**
- 7. planejar os experimentos;**
- 8. Rodar os experimentos;**
- 9. Análise dos resultados;**
- 10. Interpretar os resultados;**
- 11. Documentar o que foi feito.**

Outra abordagem dos procedimentos para simulação de cadeia de suprimentos sugerido por [CHA01] é mostrado a seguir:

- Entender todo o processo da cadeia de suprimentos a ser estudada;
- Modelar o cenário a ser estudado, focando-se na área onde há os problemas;
- Coletas de dados;
- Medidores de performance;
- Define a meta para cada medida de performance;
- Definir condição de término;
- Avaliação da política/estratégia da cadeia de suprimentos.

Este mesmo autor ainda define alguns dados que devem ser obtidos para a montagem do modelo da Cadeia de Suprimentos, conforme podem ser vistos na Tabela 2.4, a seguir:

Tabela 2.4: Dados requeridos para modelo de CS

Área	Dados requeridos
Processo de manufatura e tempo de informação	Dados do processo de manufatura Dados sobre calendário Dados das máquinas Lista de materiais
Informações sobre controle de estoque	Nível de estoque de segurança Nível de estoque de produtos acabados, componentes Localização de estoques
Aquisições e informações logísticas	<i>Lead-time</i> do fornecedor Tamanho do lote Capacidade do fornecedor Tempo de obtenção
Informações sobre demanda	Data de vencimentos Prioridades Dados de entrada e saída Demanda padrão
Informações estratégicas	Controle de ordens

Fonte: [CHA01]

Este Capítulo abordou os assuntos: Cadeias de Suprimentos, Efeito Chicote na Cadeia de Suprimentos, Gestão colaborativa e Simulação Computacional de Cadeia de Suprimentos. Temas que servem como base para o objetivo deste trabalho que é o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação discreta de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios. O próximo capítulo descreve as etapas utilizadas para a montagem deste modelo.

Capítulo 3

O modelo elementar de simulação de uma cadeia de suprimentos

Este capítulo descreve a aplicação da simulação (discreta) de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios. Este será o cenário usado posteriormente para análise da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos. A aplicação de simulação seguirá uma metodologia baseada nas metodologias propostas por [PRA99], [PED95] e [KEL02] compostas por nove etapas e já descrita no item metodologia adotada.

3.1 Definição do Problema

O objetivo deste trabalho é criar um modelo de simulação discreta de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios a ser usado posteriormente na análise de gestão colaborativa.

3.2 Planejamento do Projeto

Nesse projeto acadêmico os recursos envolvidos são apenas o programador/analista, um PC e *software* de simulação ARENA.

3.3 Definição do Sistema

Foi utilizado como base para este estudo o modelo utilizado por [SLA99], para exemplificar como o efeito chicote atua na cadeia de suprimentos. Portanto, este modelo utilizou o princípio de que todos os estágios na cadeia de suprimentos devem manter em estoque um período de demanda, imaginando que a demanda no período seguinte será a mesma do período atual. Na Tabela 3.1 a coluna denominada “Estoque” mostra, para cada nível de fornecimento, o estoque no início e no final do período. No início do “Período 3” a “Montadora” tem 95 unidades de estoque, a demanda no “Período 3” é 105 e a “Montadora” sabe que ela precisa produzir itens suficientes para terminar o período com 105 unidades em estoque. Para conseguir isso ela precisa produzir 115 unidades, o que, junto com as cinco unidades do estoque inicial, irá suprir a demanda e deixar o estoque final com 105 unidades.

Tabela 3.1. Flutuação dos níveis de produção.

Período	Fornecedor 3		Fornecedor 2		Fornecedor 1		Montadora		Demanda
	Prod	Estoq	Prod	Estoq	Prod	Estoq	Prod	Estoq	
1	100	100 100	100	100 100	100	100 100	100	100 100	100
2	20	100 60	60	100 80	80	100 90	90	100 95	95
3	340	60 200	200	80 140	140	90 115	115	95 105	105
4	0	200 200	0	140 30	55	115 85	85	105 95	95
5	320	200 260	260	30 145	145	85 115	115	95 105	105
6	0	260 260	0	145 35	55	115 85	85	105 95	95

Fonte: [SLA99].

A política de controle de estoque segue a seguinte linha: quando o nível de estoque dos produtos (e/ou componentes) de um varejista (e/ou fabricante) cair abaixo do respectivo tamanho do pedido, este lança um pedido ao estágio anterior (fabricante e/ou fornecedor,

respectivamente). Quanto ao mercado consumidor, cada varejista tem uma demanda, e cada uma delas deve ser considerada especificamente.

Um fornecedor recebe pedidos de um fabricante. Se o primeiro dispõe da quantidade necessária do componente em estoque, ele despacha imediatamente o pedido. Caso contrário, o mesmo deve ser processado para depois ser enviado. Se após a distribuição o nível de inventário do componente cai abaixo do tamanho do pedido, é lançada uma ordem de serviço para repor o estoque. O princípio é baseado na produção *just-in-time*.

O caso do fabricante com o varejista é semelhante ao do fornecedor com o fabricante, ou seja, quando um fabricante recebe um pedido de um varejista, se o primeiro dispor de suficiente quantidade do produto em estoque, o pedido é finalizado e despachado para o varejista. Caso contrário, o pedido fica em espera, até que haja produção do produto pedido. O produto é composto por componentes. Portanto, deve-se verificar a existência de estoque de componentes o suficiente para se ativar a ordem de produção correspondente. Caso não haja componentes suficientes, o fabricante deverá lançar pedidos de reposição ao(s) fornecedor(es). Nesses casos, os pedidos dos varejistas ficarão em espera até a chegada dos componentes enviados pelo (s) fornecedor(es). Assim que o fabricante recebe os componentes do(s) fornecedor(es), um sinal é emitido à produção para que seja dado início à fabricação do pedido do varejista.

Além disso, foram adotadas algumas simplificações, como as utilizadas por [SLA99]:

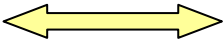
- Não leva em consideração nenhum período de defasagem entre a ocorrência da demanda e sua transmissão para seu fornecedor;
- Não considera lote mínimo de compras, ou seja, qualquer que seja o tamanho do pedido o mesmo é enviado, independente do custo;
- Não se considera lote mínimo de fabricação, ou seja, qualquer que seja o tamanho do lote, o mesmo é produzido independente do custo;
- O tempo de envio desses produtos são considerados, ou seja, o tempo gasto com transporte do fornecedor até o cliente;
- Considerou-se o mesmo *lead time* produtivo para todos os membros da cadeia de suprimentos, que foi diretamente proporcional à quantidade de produtos fabricados;
- Não estão sendo consideradas, neste modelo, as funções internas das fábricas, tais como, funções de operação, previsão e gerenciamento de demanda, atividades de

MRP, planejamento de capacidade e funções de chão de fábrica;

Com o objetivo de medir a performance dos modelos estudados, direcionados ao objetivo deste trabalho, utilizaram-se os seguintes índices de desempenho:

- **Tempo de ciclo entre varejista e fabricante** - Mede o tempo gasto em horas entre o pedido e o recebimento de um produto feito pelo varejista para o fabricante, está indicado na Tabela 3.2 pela seta amarela. Este índice de desempenho foi escolhido devido à necessidade de se verificar como a gestão colaborativa pode reduzir o tempo de atendimento ao consumidor, já que este é um índice que aumenta devido o efeito chicote;

Tabela 3.2. Índices de desempenho.



Período	Fornecedor		Fabricante		Varejista		Mercado consumidor
	Prod	Estoq	Prod	Estoq	Prod	Estoq	
1	100	100	100	100	100	100	100
2	60	100	80	100	90	100	95
3	200	80	140	90	115	95	105
4	0	140	55	115	85	105	95
5	260	30	145	85	115	95	105
6	0	145	55	115	85	105	95
		35		85		95	

- **Variações do nível de produção/pedidos no fornecedor** - Mede as variações do nível de produção no fornecedor. Esta representado na Tabela 3.2 pelos números na cor azul, ou seja, é calculado a variação média da produção do fornecedor, bem como seu desvio padrão. Este índice de desempenho foi escolhido devido à necessidade de se verificar como a gestão colaborativa pode reduzir a variação dos níveis de produção no fornecedor, utilizou-se o fornecedor por ser ele o que tem a

maior variação por estar mais longe do consumidor final;

- **Variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos** - Mede os estoques médios totais na cadeia de suprimentos, ou seja, a soma das médias dos seguintes estoques: produtos acabados nos varejistas, produtos acabados no fabricante, componentes nos fornecedores. Esta representado na Tabela 3.2 pelos números na cor vermelha, ou seja, pega a soma das médias dos estoques em cada um dos períodos e calcula a sua variação média de período a período. Este índice de desempenho foi escolhido devido à necessidade de se verificar como a gestão colaborativa pode reduzir a variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos, uma vez que o principal efeito negativo do efeito chicote é o aumento de estoques ao longo da cadeia de suprimentos. Portanto se a gestão colaborativa conseguir reduzir a variação do estoque total médio ao longo da cadeia de suprimentos, automaticamente teremos uma redução do estoque de segurança nos diversos componentes da cadeia de suprimentos.

3.4 Formulação do Modelo Conceitual

Este trabalho parte da estrutura básica já desenvolvida por outro trabalho [VIE04], no qual o protótipo desenvolvido considera um cenário onde uma cadeia é composta por quatro elementos: fornecedores, fabricante, varejistas e mercado consumidor.

A estrutura para modelagem e avaliação de desempenho dessa cadeia foi elaborada por níveis hierárquicos. O primeiro nível hierárquico é composto pelos quatro elementos e por sua integração, feita por meio de fluxos de informações e materiais, sendo que o fluxo de capital não está sendo considerado neste modelo. No segundo nível hierárquico tem-se a primeira descrição sobre os processos de cada um dos elementos da cadeia. Algumas dessas funções são detalhadas no terceiro e quarto níveis hierárquicos (Figura 3.1).

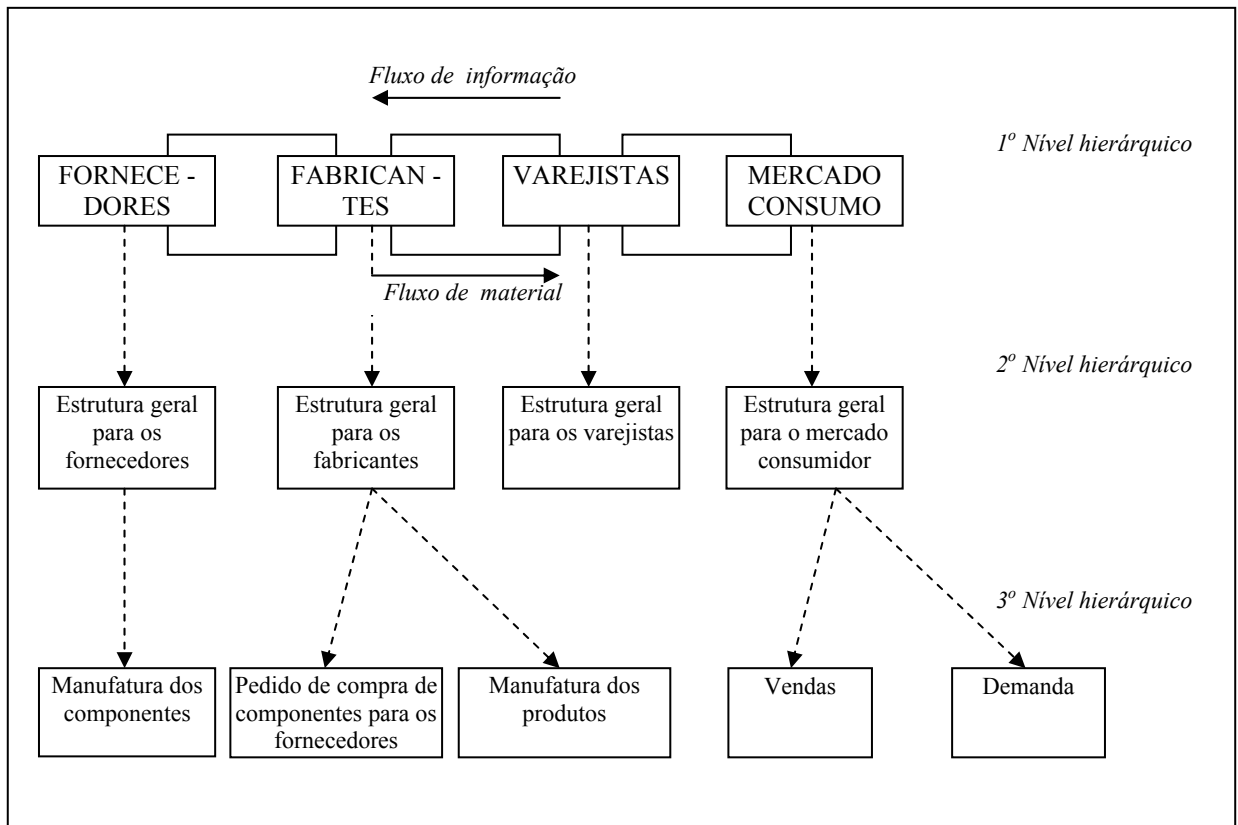


Figura 3.1: Estrutura da cadeia de suprimentos

A estrutura para modelagem e avaliação de desempenho dessa cadeia foi elaborada por níveis hierárquicos. O primeiro nível hierárquico é composto pelos quatro elementos e por sua integração, feita por meio de fluxos de informações e materiais, sendo que o fluxo de capital não está sendo considerado neste modelo. No segundo nível hierárquico tem-se a primeira descrição sobre os processos de cada um dos elementos da cadeia. Algumas dessas funções são detalhadas no terceiro e quarto níveis hierárquicos (Figura 3.1).

Neste ponto são definidas as variáveis que serão utilizadas no modelo, bem como a interação entre os diferentes componentes da cadeia de suprimentos.

Para modelagem da estrutura proposta pelo software de simulação ARENA, um conjunto de variáveis precisa ser definido, como as exemplificadas na Tabela 3.3 (todas essas variáveis são bidimensionais, com os seus respectivos tamanhos representados pelas variáveis entre colchetes). Nesta Tabela, as siglas utilizadas foram:

- SS: Estoque de segurança;
- IL: nível de estoque;

- comp: componente;
- prod: produto;
- qty: quantidade;
- sup: fornecedor;
- mft: fabricante;
- ret: varejista.

Tabela 3.3. Variáveis da estrutura de simulação de cadeias de suprimentos

<i>Gerais:</i>		
nc: número de componentes np: número de produtos ns: número de fornecedores nm: número de fabricantes nr: número de varejistas		
<i>Específicas:</i>		
<i>Para os fornecedores:</i>	<i>Para os fabricantes:</i>	<i>Para os varejistas:</i>
sup_IL_comp [ns, nc] sup_SS_comp [ns, nc] sup_dnm_comp [ns, nc] sup_prod_rate [ns, nc] sup_qty_needed_comp [ns, nc]	mft_IL_comp [nm, nc] mft_SS_comp [nm, nc] mft_IL_prod [nm, np] mft_SS_prod [nm, np] mft_qty_needed_comp [nm, nc] mft_qty_needed_prod [nm, np] mft_prod_rate [nm, np] mft_dnm_prod [nm, np]	ret_IL_prod [nr, np] ret_SS_prod [nr, np] ret_dnm_prod [nr, np] ret_qty_needed_prod [nr, np]

O modelo conceitual genérico para este tipo de cadeia de suprimentos é apresentado a seguir.

3.4.1 Primeiro nível hierárquico

O primeiro nível hierárquico é composto pelos quatro elementos, fornecedores, fabricantes, varejistas e consumidores e por sua integração, feita por meio de fluxos de informações (em azul) e de materiais (em vermelho), como pode ser visto na Figura 3.2.

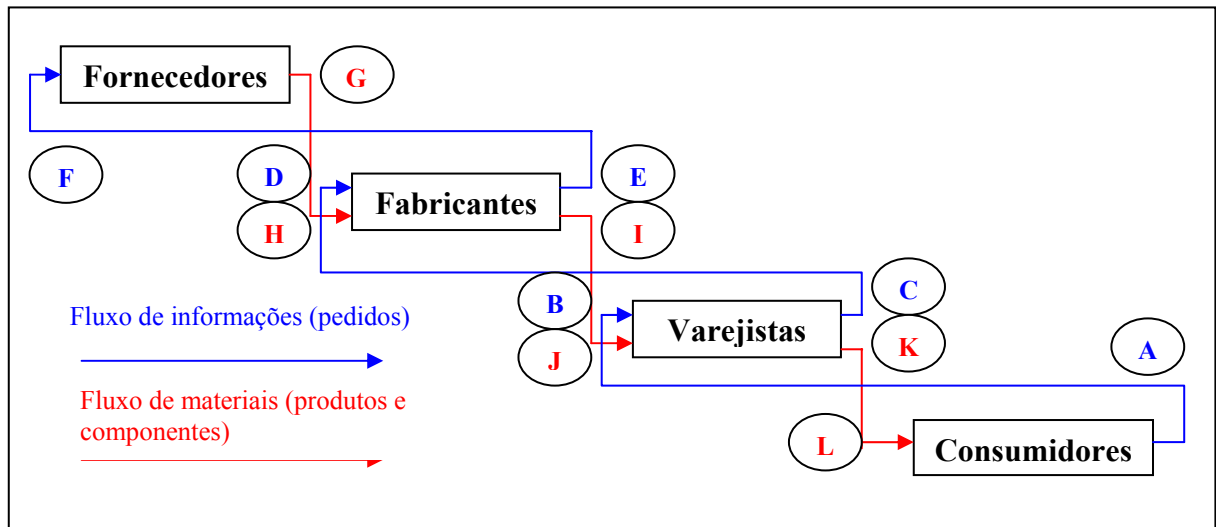


Figura 3.2. Primeiro nível hierárquico

3.4.2 Fornecedores

Na Figura 3.3 é detalhado o modelo genérico do fornecedor (no segundo nível hierárquico do modelo conceitual Cadeia de Suprimentos).

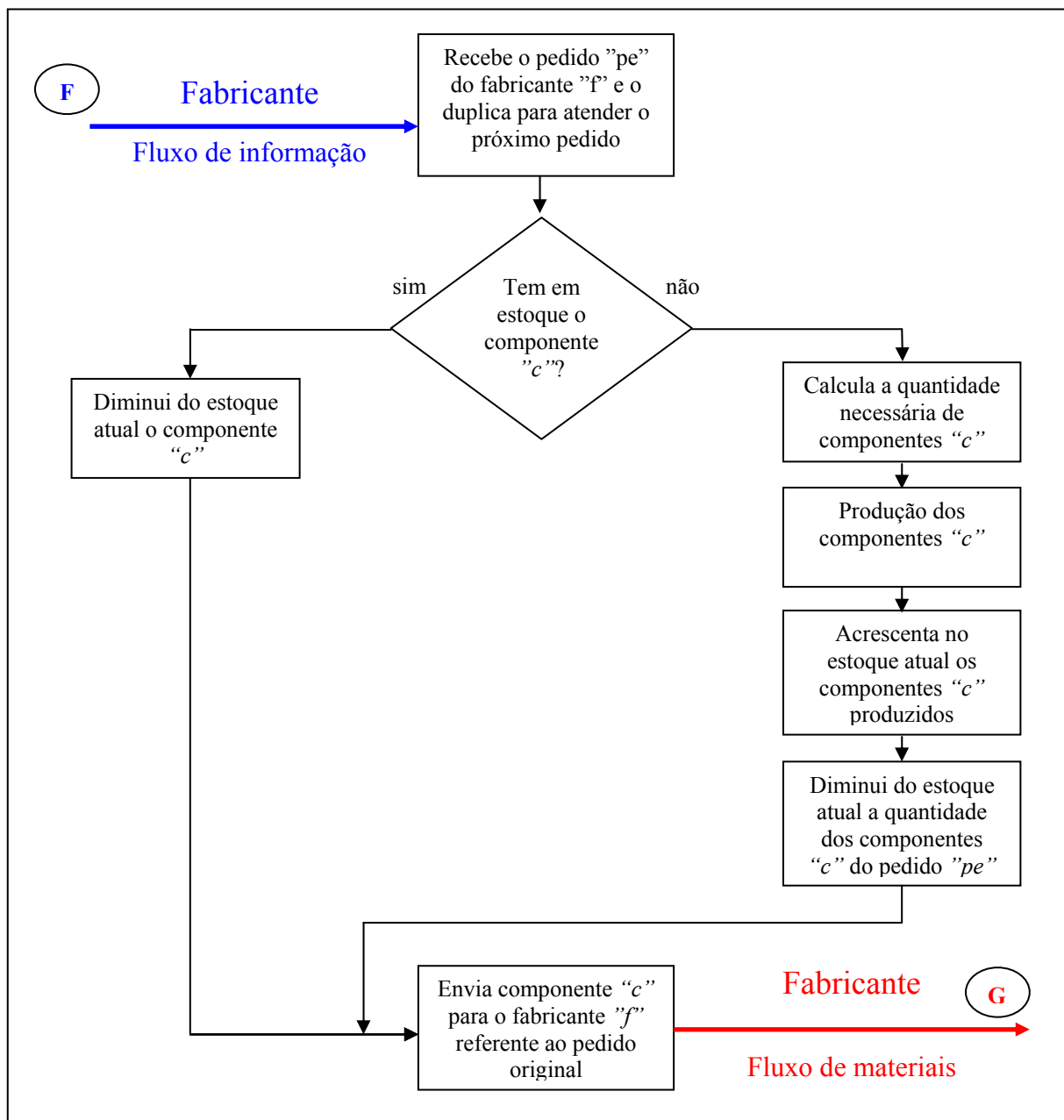


Figura 3.3. Modelo conceitual do fornecedor.

No primeiro módulo é recebido o pedido “pe” referente à quantidade “q” do componente “c” feito pelo fabricante “f”. Este valor do pedido é duplicado, ou seja, como segue o exemplo de [SLA99], ele já se prepara para o próximo pedido, é uma maneira de eu garantir que o estoque ao final do período será igual ao último pedido. No módulo seguinte de decisão é verificado se há em estoque a quantidade “q” de componentes “c”. Se tiver, é reduzida do estoque a quantidade requerida e enviada para o fabricante somente a quantidade do pedido, ficando o restante aguardando o próximo pedido. Se não tiver a quantidade do

componente pedido em estoque, o módulo seguinte calcula a quantidade “q” de componentes necessários para, na sequência, iniciar a produção. Ao final é acrescentado o que foi produzido ao estoque de componentes “c”; depois disso, é enviada a quantidade requerida para o fabricante e, paralelamente, é reduzido esse valor do estoque.

3.4.3 Fabricante

Na Figura 3.4 é detalhado o modelo genérico do fabricante (no segundo nível hierárquico do modelo conceitual Cadeia de Suprimentos).

No primeiro módulo é recebido o pedido “pe” referente à quantidade “q” do produto “pr” feito pelo varejista “v”. Este valor do pedido é duplicado, ou seja, como segue o exemplo de [SLA99], ele já se prepara para o próximo pedido, novamente isso é utilizado para eu garantir que o estoque ao final do período será igual ao último pedido.. No módulo seguinte de decisão é verificado se há em estoque a quantidade “q” de produtos “pr”. Se tiver, é reduzida do estoque a quantidade requerida e enviada para o fabricante somente a quantidade do pedido, ficando o restante aguardando o próximo pedido. Se não houver a quantidade do componente pedido em estoque, o módulo seguinte verifica se tem somente a quantidade do pedido original; em caso positivo ocorre, em seguida, duas situações. Na primeira delas, é enviada a quantidade para o varejista; paralelamente, é calculada a quantidade necessária de produtos e, em seguida, a quantidade “q” de componentes necessários para iniciar a produção. Após isso, ocorrem duas situações: uma delas é representada pela letra “M”, no diagrama, que se refere ao pedido; a outra a letra “N”, que se refere à produção. Ambas são detalhadas nas Figuras 4.4 e 4.5. Ao final, é acrescentado o que foi produzido ao estoque de componentes “c”; depois disso, é enviada a quantidade requerida para o fabricante, sendo paralelamente reduzido esse valor do estoque. Se na condição descrita no primeiro módulo de decisão não houver a quantidade de produtos pedidos em estoque, daí deve-se seguir a mesma sequência descrita acima.

Na Figura 3.4, onde se observa o círculo com a letra “H”, ocorre a chegada de componentes “c” referente ao pedido “pe” vindos do fornecedor. Assim que recebe esses componentes, os mesmos são acrescentados ao estoque e, em seguida, é emitido sinal avisando da chegada dos mesmos, a fim de que se possa dar sequência ao processo de produção para posterior envio ao varejista.

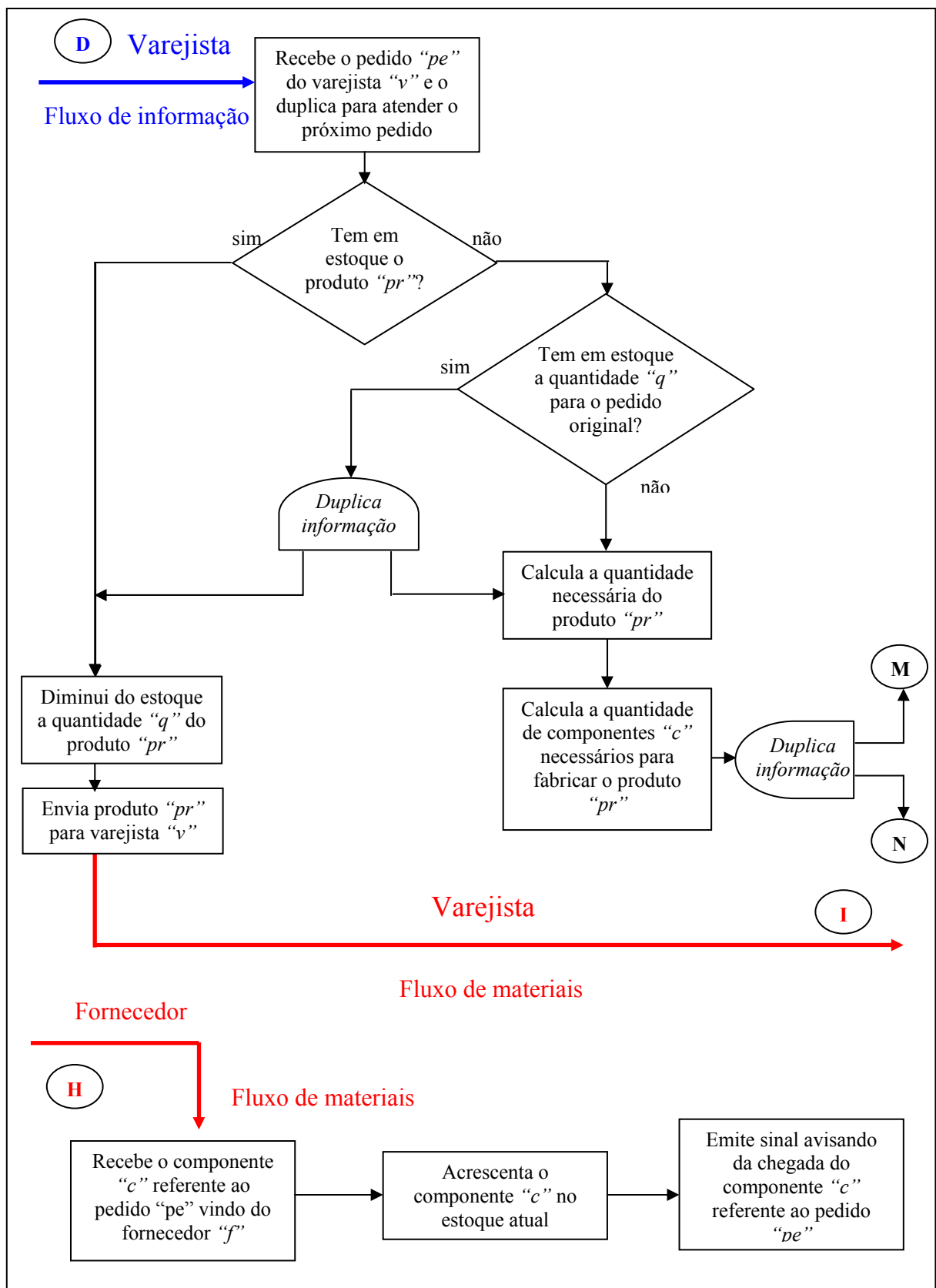


Figura 3.4. Modelo conceitual do fabricante.

3.4.4 Fabricantes (pedidos dos componentes)

Na Figura 3.5 é detalhado o modelo dos fabricantes referente ao pedido de componentes.

No primeiro módulo é verificado se há no estoque de componentes do fabricante a quantidade “q” de componentes “c”. Se houver, é reduzida do estoque a quantidade requerida e, em seguida, é verificado se foi atingido o estoque de segurança para esse componente “c”. Se não, é finalizada a seqüência lógica; se tiver alcançado o estoque de segurança, o módulo seguinte calcula a quantidade “q” necessária desse componente, enviando, em seguida, um pedido ao fornecedor. Se na condição descrita no primeiro módulo de decisão não houver a quantidade de componentes pedidos em estoque, o módulo seguinte calcula a quantidade “q” de componentes necessários, enviando, em seguida, um pedido ao fornecedor.

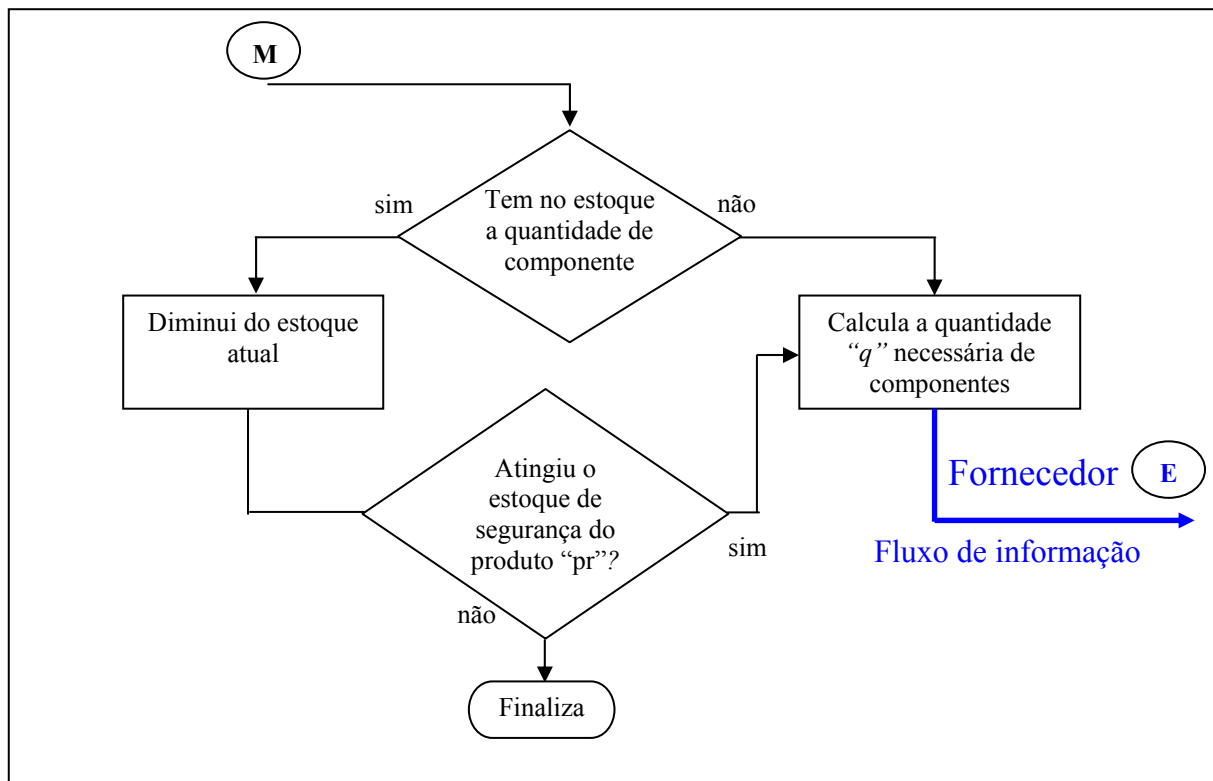


Figura 3.5. Pedidos dos componentes.

3.4.5 Fabricantes (fabricação do produto)

Na Figura 3.6 é detalhado o modelo dos fabricantes referente a fabricação do produto. No primeiro módulo é verificado se há em estoque a quantidade “q” de componentes “c”. Se

houver, é reduzida do estoque a quantidade requerida para, em seguida, dar início à produção dos mesmos. Após a produção ocorre o acréscimo deles no estoque de produtos acabados do fabricante para, em seguida, enviá-los ao varejista; paralelamente, é feita a redução do estoque da quantidade enviada. Se na condição descrita no primeiro módulo de decisão não houver a quantidade de componentes em estoque, torna-se necessário aguardar o sinal de chegada de componentes para verificar se pode ser feita a produção.

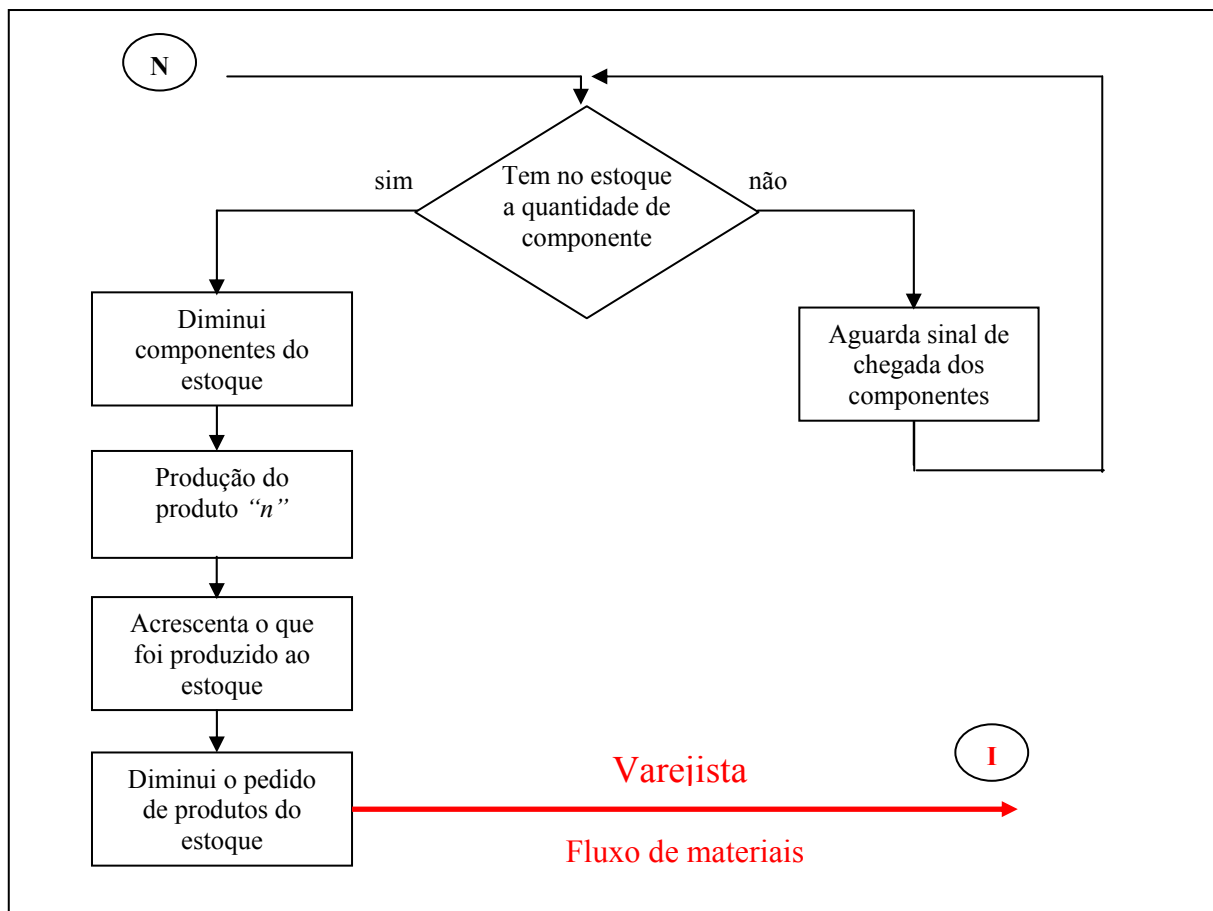


Figura 3.6. Fabricação do produto

3.4.6 Varejistas

Na Figura 3.7 é detalhado o modelo genérico do varejista (no segundo nível hierárquico do modelo conceitual Cadeia de Suprimentos). No primeiro módulo é recebido o pedido “pe” referente à quantidade “q” do produto “pr” feito pelo consumidor. Este valor do pedido é duplicado, ou seja, como segue o exemplo de [SLA99], ele já se prepara para o próximo pedido.

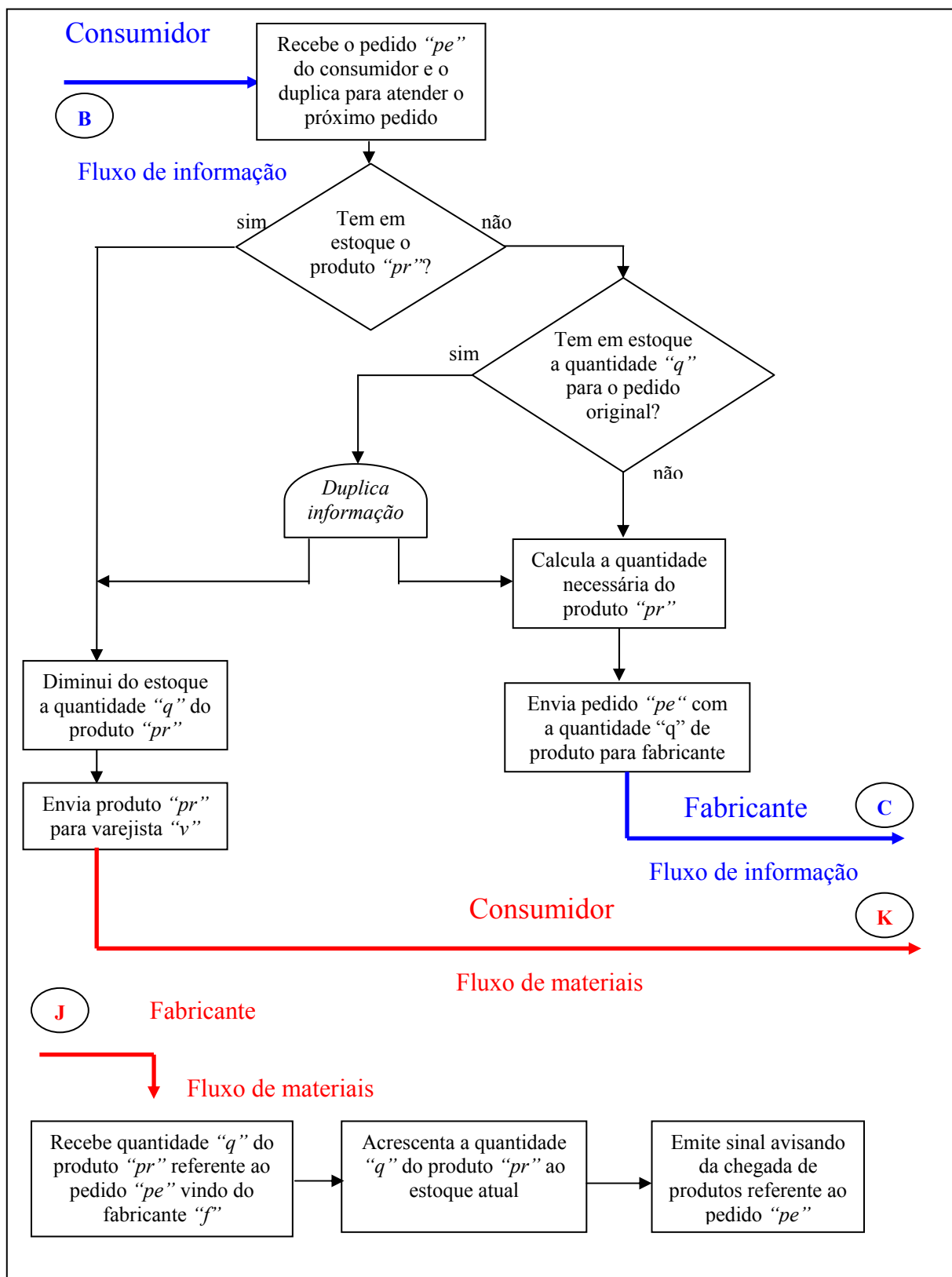


Figura 3.7. Modelo conceitual do varejista.

No módulo seguinte de decisão é verificado se há em estoque a quantidade “q” de produtos “pr”. Se houver, é reduzida do estoque a quantidade requerida, sendo enviada para o varejista somente a quantidade do pedido e o restante aguardando o próximo pedido. Se não houver a quantidade do produto pedido em estoque, o módulo seguinte verifica se tem somente a quantidade do pedido original; se houver, ocorre, em seguida, duas situações. Na primeira delas é enviada a quantidade para o consumidor, sendo paralelamente calculada a quantidade necessária de produtos e enviado o pedido ao fabricante.

Na Figura 3.7, onde se observa o círculo com letra “J”, ocorre a chegada dos produtos “pr” referente ao pedido “pe” vindos do fabricante. Assim que recebe esses produtos os mesmos são acrescentados ao estoque e, em seguida, é emitido sinal avisando da chegada dos mesmos, para que se possa dar seqüência ao processo para envio ao consumidor.

3.4.7 Mercado consumidor

Na Figura 3.8 é detalhado o modelo genérico do consumidor (no segundo nível hierárquico do modelo conceitual da cadeia de suprimentos). Neste módulo é feito o pedido do consumidor para o varejista. Aqui devem constar os detalhes do pedido, tais como, qual varejista, que produto, a quantidade, o tempo entre chegadas dos pedidos e o tipo da distribuição estatística que melhor o representa.

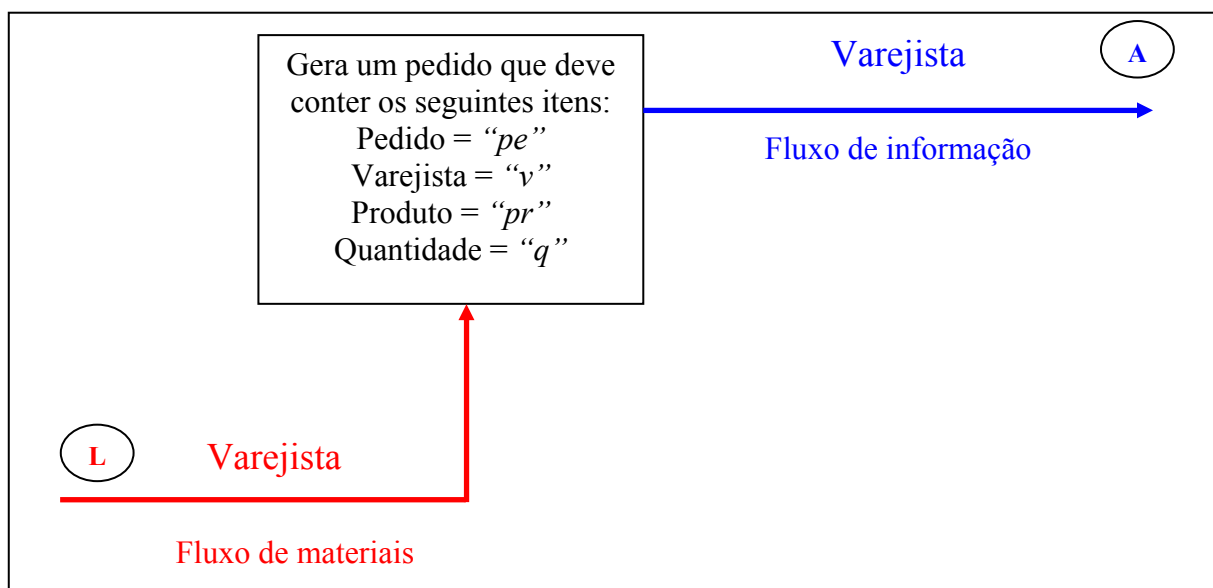


Figura 3.8. Modelo conceitual do mercado consumidor.

3.5 Preparação dos Dados de Entrada

Foi considerada neste modelo a seguinte configuração:

- Demanda do mercado consumidor Normal (1000,20). Foram feitos testes com outras distribuições como, por exemplo, Normal (100,5) e Normal (1000,50). O que nos levou a esta escolha foi à clareza com que os resultados foram conseguidos para os diversos cenários estudados. Principalmente para o índice de desempenho que mede as variações do nível de produção/pedidos no fornecedor, já que o intuito principal foi verificar o efeito chicote na cadeia de suprimentos;
- Cada período de simulação de 10.000 dias. Este valor foi aleatório, na verdade o objetivo foi pegar um período maior possível que não compromete-se os resultados da simulação;
- Lançamento de pedido a cada 20 dias pelo mercado consumidor;
- Para análise utilizaram-se 30 réplicas. Para este caso utilizou-se o método descrito por [KEL02], chegando ao valor de 30 réplicas como sendo ideal para este estudo;
Onde tem-se: $n1 = n0 \frac{h0}{h}$
- Para análise das variações dos níveis de produção no fornecedor e variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos foram utilizadas 30 vezes as 30 réplicas, ou seja, utilizou-se 900 réplicas do modelo;
- Nível de confiança de 95%, fornecido pelo próprio software Arena.

3.6 Modelagem

O modelo de simulação foi desenvolvido no ambiente ARENA, devido ao fato do mesmo já ter sido citado em outros trabalhos semelhantes [AND02a], [MOR01] e [MER02], e também pela facilidade de uso e pela disponibilidade do mesmo.

Nas figuras, tiradas diretamente das telas do software ARENA, é demonstrado como foram implementados os níveis hierárquicos propostos, bem como as funções gerenciais e específicas dos fornecedores, fabricantes, varejistas e do consumidor.

A Figura 3.9 apresenta o modelo do primeiro nível hierárquico. Tem-se, aqui, uma visão geral dos módulos que representam a cadeia de suprimentos.

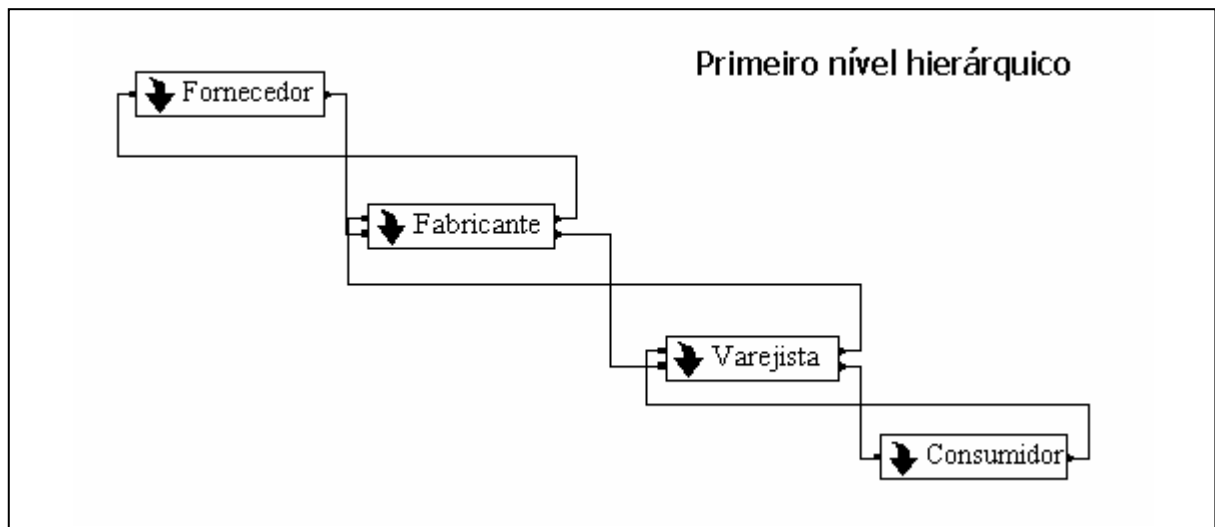


Figura 3.9. O primeiro nível hierárquico do modelo de simulação da CS

3.6.1 Fornecedores

Nas Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 é detalhado o modelo genérico do fornecedor (no segundo nível hierárquico do modelo de simulação da CS).

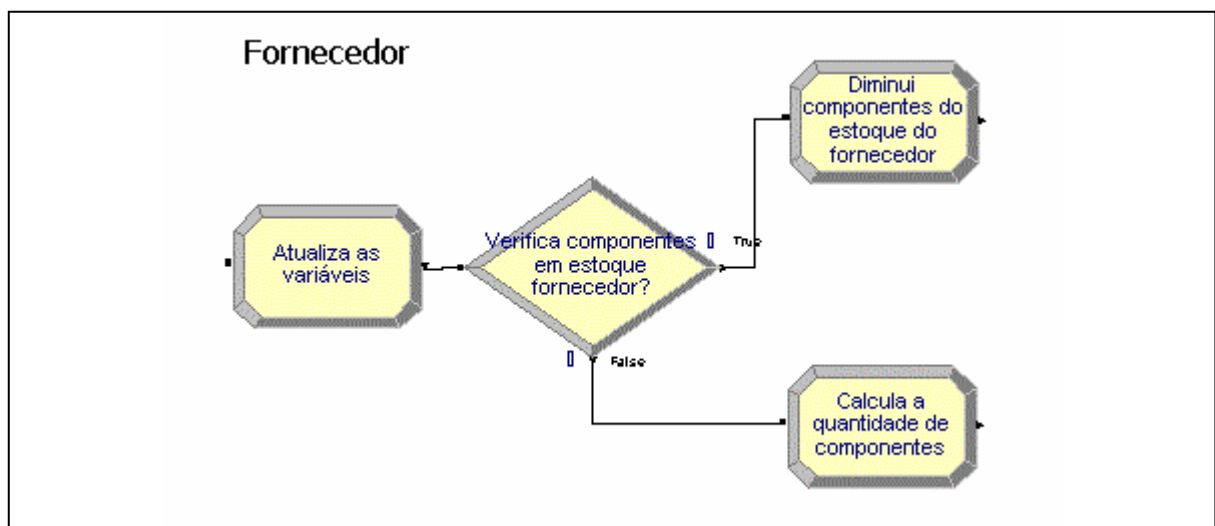


Figura 3.10. Verificação de estoque no fornecedor.

Na Figura 3.10, no primeiro módulo “Atualiza as variáveis”, é recebido o valor do

pedido feito pelo fabricante e duplicado o seu valor, pois o objetivo é atender ao pedido feito e já se programar para o pedido seguinte. No módulo seguinte de decisão “Verifica componentes em estoque no fornecedor?”, verifica-se no estoque do fornecedor se há componentes suficientes; se houver, reduz-se a quantidade do estoque e é dada continuidade ao processo. Se não houver componentes em estoque o módulo seguinte “Calcula a quantidade de componentes” faz o cálculo da quantidade de componentes necessários para a fabricação e o processo continua.

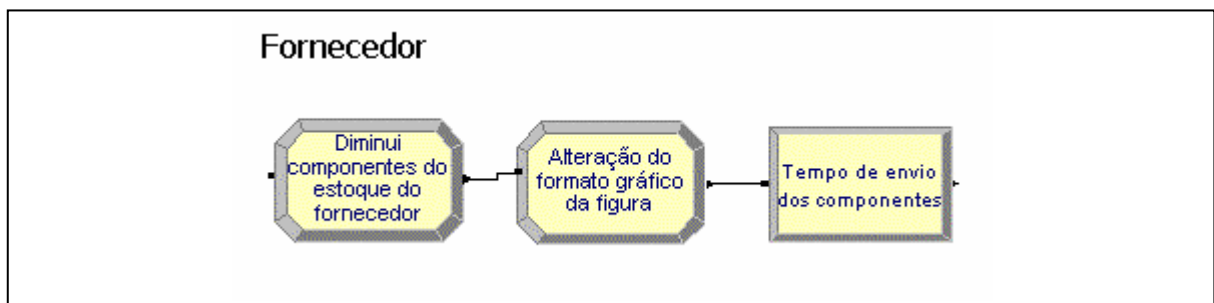


Figura 3.11. Diminuição de componentes do estoque.

Na Figura 3.11, após reduzir a quantidade do estoque, no módulo seguinte, “Alteração do formato gráfico da figura”, atribui à entidade um formato gráfico diferente para distingui-la de um pedido (fluxo de informações), visto que agora está enviando componente (fluxo de materiais). No módulo seguinte, “Tempo de envio de componentes”, atribui um valor de tempo necessário para o envio dos componentes do fornecedor até o fabricante.

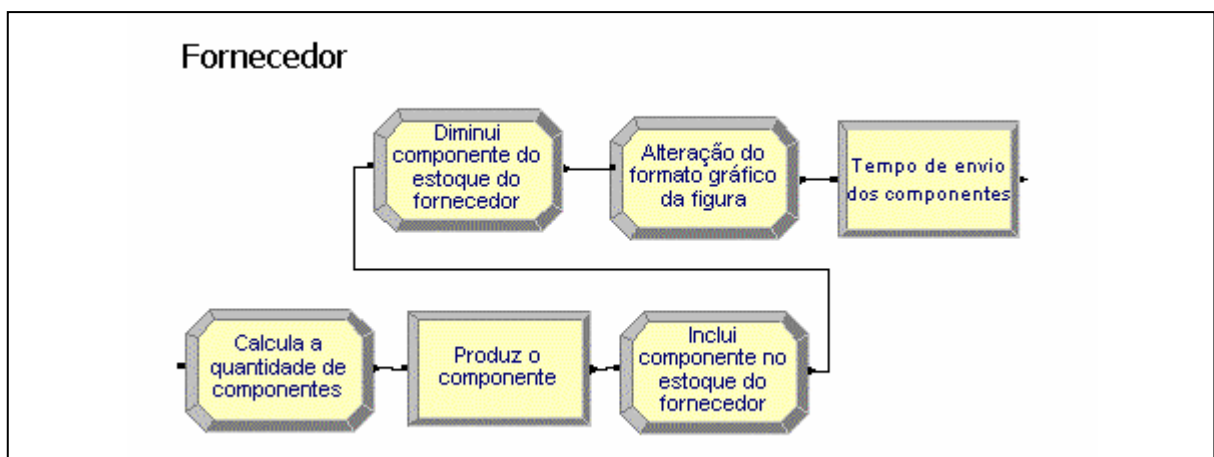


Figura 3.12. Cálculo da necessidade de componentes.

Na Figura 3.12, após ser feito o cálculo da quantidade de componentes a serem fabricados, no módulo seguinte, “Produz o componente”, é feita a produção dos componentes. Após a produção, o módulo “Inclui componente no estoque do fornecedor” inclui no estoque os componentes que acabaram de ser produzidos; no módulo seguinte retira do estoque os componentes que está enviando para o fabricante e continua a sequência; conforme já descrito anteriormente.

3.6.2 Fabricantes

Nas Figuras 3.13 a 3.19 é detalhado o modelo genérico dos fabricantes (no segundo nível hierárquico do modelo de simulação da CS).

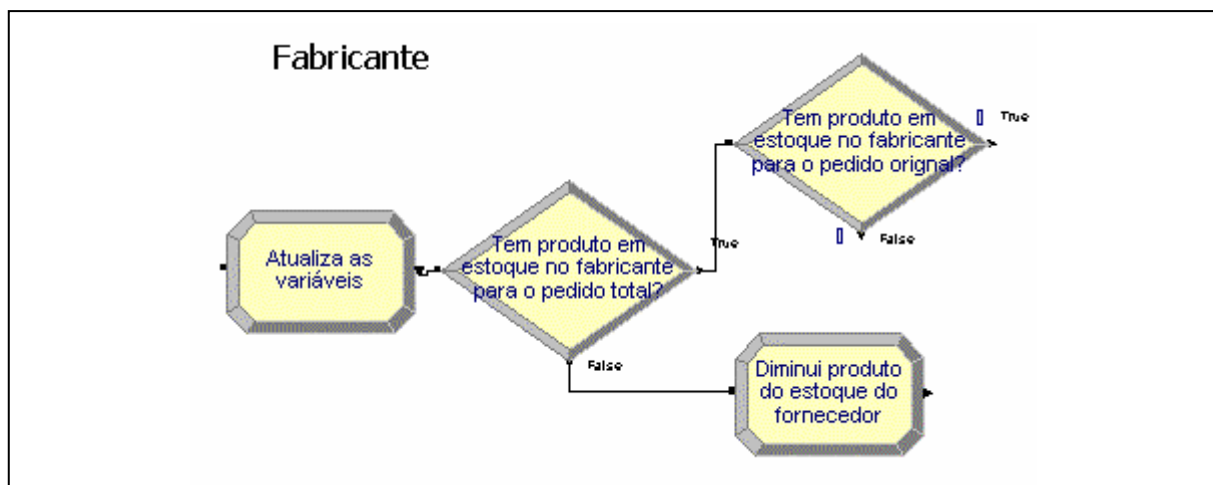


Figura 3.13. Verificação de estoque no fabricante.

Na Figura 3.13, no primeiro módulo, “Atualiza variáveis”, é recebido o valor do pedido feito pelo fabricante e duplica o seu valor, devendo atender o pedido feito e já se programar para o pedido seguinte. No módulo seguinte de decisão, “Tem produto em estoque no fabricante para o pedido total?”, verifica no estoque do fornecedor se há componentes suficientes para o dobro do pedido. Tendo este valor, no módulo seguinte somente diminui do estoque e envia o pedido para o varejista. Se não houver este valor, vai para o módulo seguinte, “Têm produto em estoque no fabricante para o pedido original”, verifica se no estoque há pelo menos o pedido, e, por fim, a continuação desta sequência pode ser vista na Figura 3.14, abaixo.

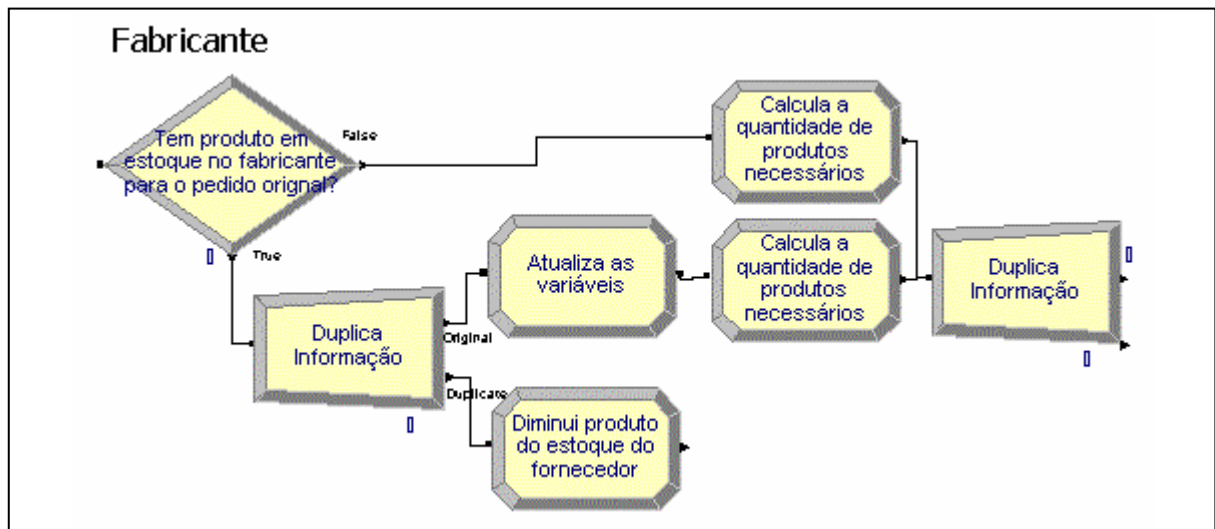


Figura 3.14. Cálculo da necessidade de produtos.

Se não houver este valor, o módulo seguinte, “Calcula a quantidade de componentes necessários”, calcula a necessidade de produtos enviando os pedidos para os fornecedores. Se houver, segue para o módulo “duplica informação” que separa, de um lado, uma ordem de envio do pedido para o varejista e, do outro, através do módulo “Calcula a quantidade de produtos necessários” calcula o restante, de maneira a se preparar para o próximo pedido.

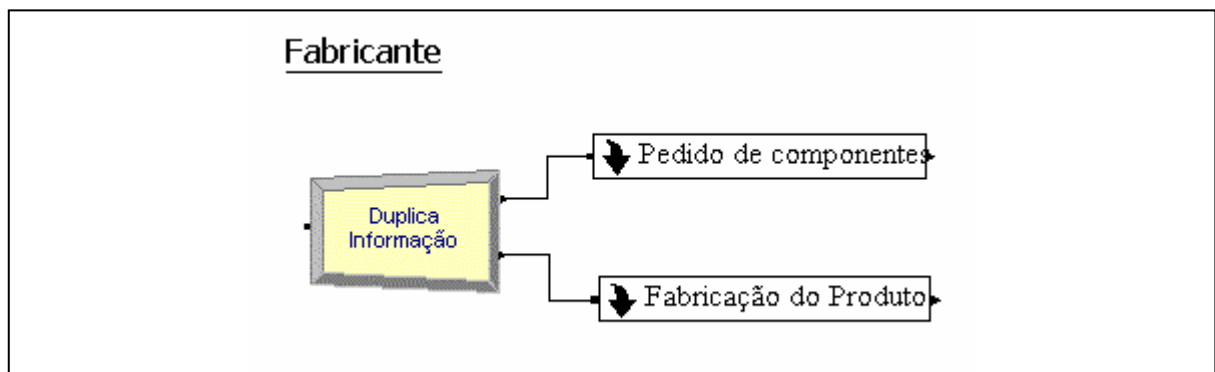


Figura 3.15. Envio de pedidos e fabricação dos produtos.

Na Figura 3.15, são mostrados os modelos “Pedidos de componentes”, onde é descrita a ordem de componentes dos produtos e enviado os pedidos de componentes para os fornecedores, e no “Fabricação do produto”, onde são processados os componentes para montar o produto final. As Figuras 3.16 e 3.17 descrevem cada um deles mais detalhadamente.

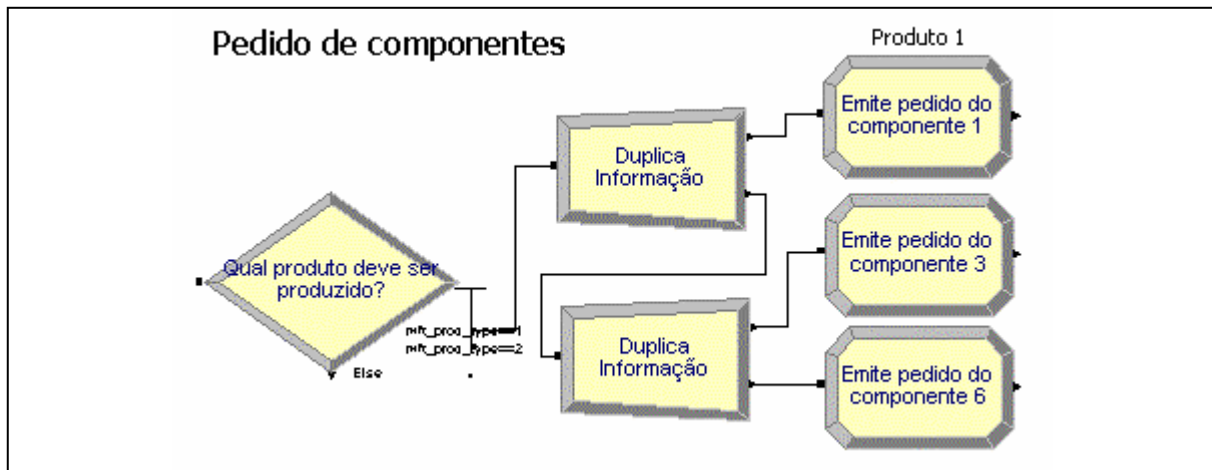


Figura 3.16. Pedido dos componentes do produto.

Na Figura 3.16, é detalhado o sub modelo “Pedidos de componentes”. O primeiro módulo “Qual produto deve ser produzido”, verifica qual o produto a ser processado. Se for o produto 1, ele envia ordens de pedidos dos componentes 1, 3 e 5, para os fornecedores.

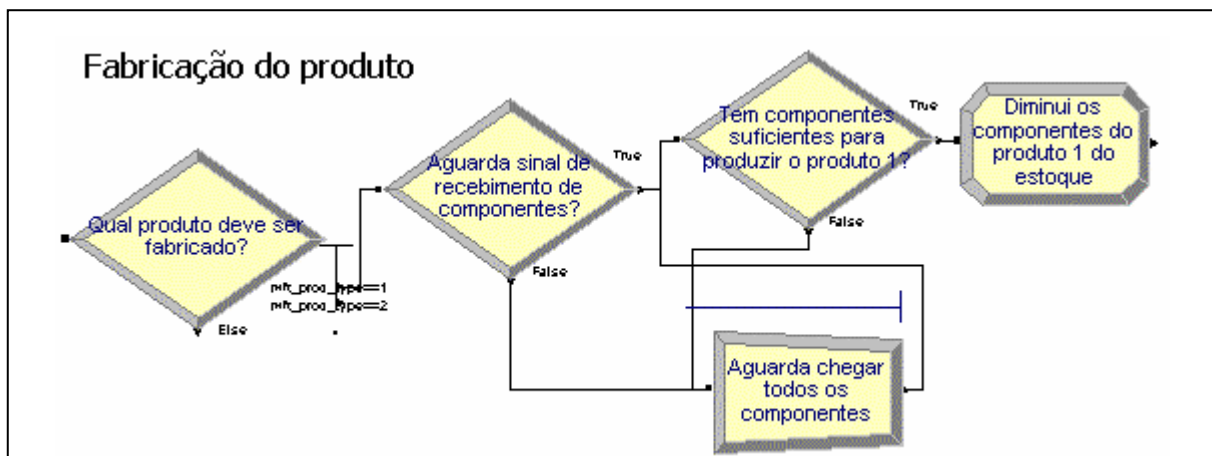


Figura 3.17. Produto a ser manufaturado.

Na Figura 3.17, é detalhado o sub modelo “Fabricação do produto”. O primeiro módulo “Qual produto deve ser fabricado”, verifica qual o produto a ser processado. Se for o produto 1, ele verifica através do módulo “Tem componentes suficientes para produzir o produto?” se existem componentes suficientes para fabricar o produto 1. Se não houver componentes suficientes, ele aguarda a chegada de um sinal de recebimento de componentes necessários para iniciar a produção. Esta ordem de produção pode ser vista na Figura 3.18. Assim que chegam os componentes no módulo “Inclui componentes no estoque do fabricante”, acrescenta-se esses componentes no estoque de componentes do fabricante. O

módulo “Envia sinal para produção” envia o sinal de produção para o sub módulo “Fabricação do produto”, conforme já descritos anteriormente.

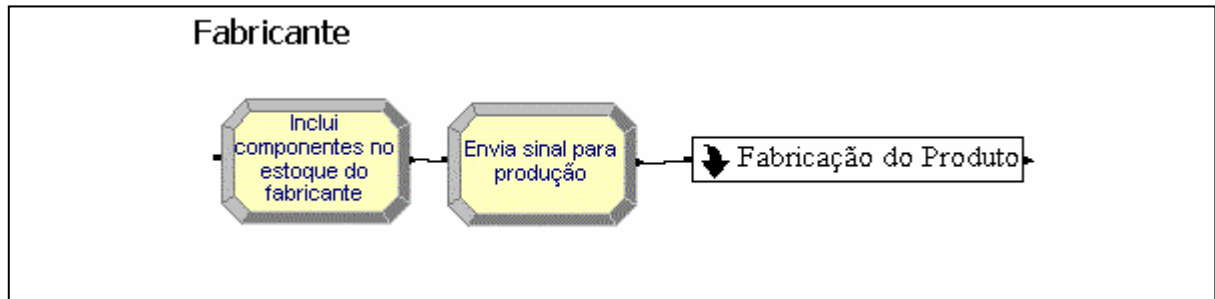


Figura 3.18. Envio de sinal da chegada de componentes.

A Figura 3.19 mostra o que acontece com as entidades após sair do sub modelo “Fabricação do produto”. O módulo “Verifica se o produto é para envio ou para estoque” verifica se o produto processado deve ser enviado para o varejista, ou se o mesmo é só para estoque, a fim de aguardar o pedido seguinte. Se for para envio para o varejista, o módulo “Diminui produto do estoque do fabricante” diminui do estoque a quantidade que está sendo enviada, o módulo “Alteração do formato gráfico da figura” atribui à entidade um formato gráfico diferente para distinguir-se de um pedido (fluxo de informações), uma vez que agora está enviando componente (fluxo de materiais). O módulo seguinte, “Tempo de envio do produto”, atribui um valor de tempo necessário para o envio dos componentes do fornecedor até o fabricante.

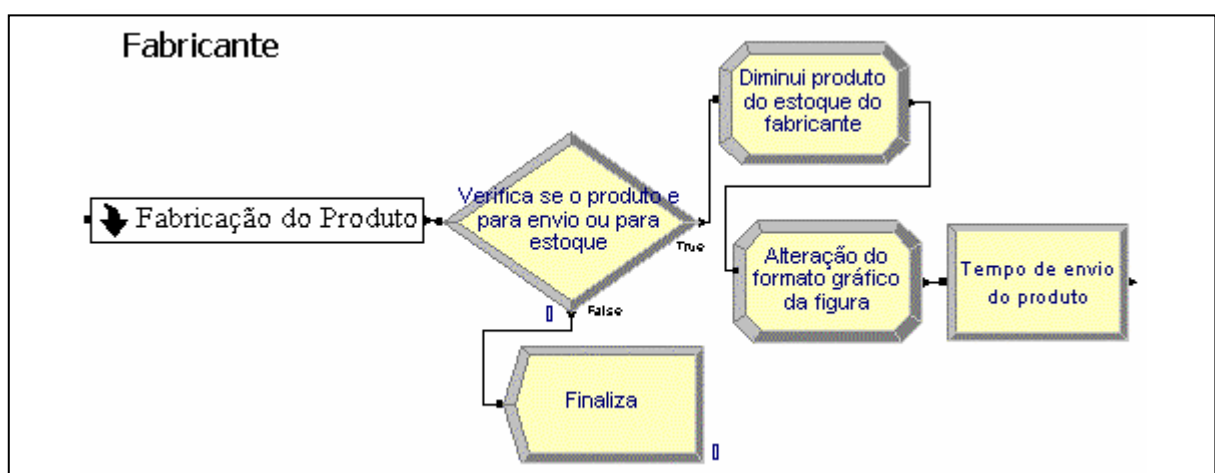


Figura 3.19. Envio de produtos para varejistas.

3.6.3 Varejistas

Nas Figuras 3.20, 3.21 e 3.22, é detalhado o modelo genérico dos fornecedores (no segundo nível hierárquico do modelo de simulação da CS).

Na Figura 3.20, o primeiro módulo, “Atualiza variáveis”, recebe o valor do pedido feito pelo mercado consumidor e duplica o seu valor, devendo atender ao pedido feito e já se programar para o pedido seguinte. O módulo seguinte de decisão, “Tem produto em estoque no varejista para o pedido total?”, verifica no estoque do varejista se há produtos suficientes; se houver, reduz a quantidade do estoque e envia os produtos para o mercado consumidor. Se não houver produtos em estoque o módulo seguinte, “Tem produto em estoque no varejista para o pedido original?”, verifica se no estoque há pelo menos o pedido original. A continuação desta seqüência pode ser vista na Figura 3.21.

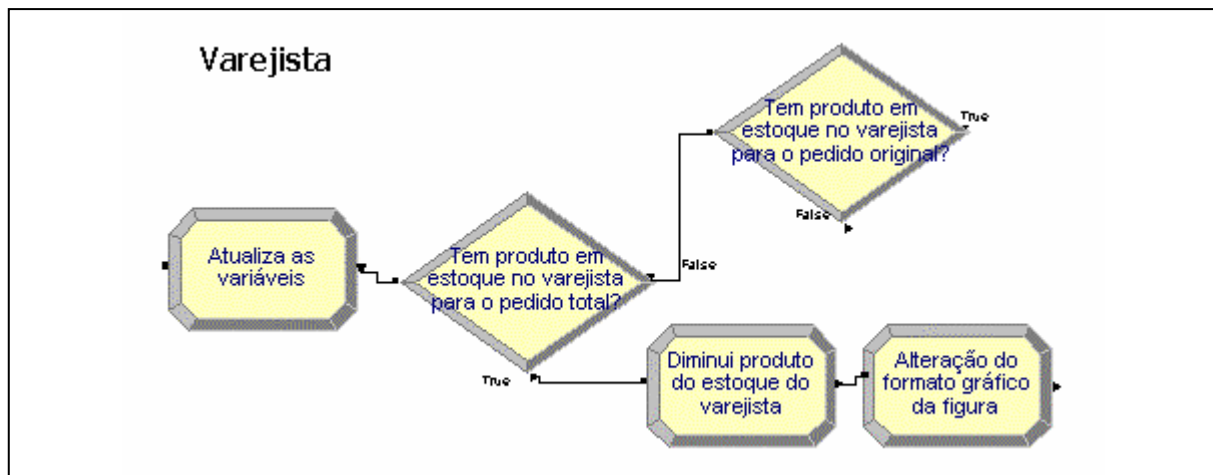


Figura 3.20. Verificação de estoque no varejista.

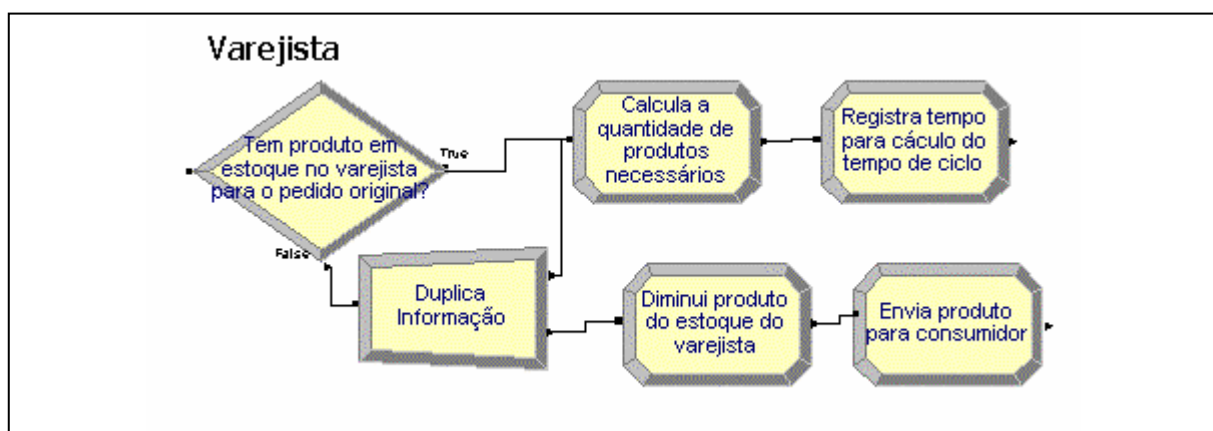


Figura 3.21. Cálculo da necessidade de produtos.

Se não houver este valor o módulo seguinte, “Calcula a quantidade de produtos necessários”, calcula a necessidade de produtos enviando os pedidos para os fabricantes. Se houver, segue para o módulo “Duplica informação” que separa, de um lado, uma ordem de envio do pedido para o mercado consumidor, diminuindo de seu estoque através do módulo “Diminui produto do estoque do varejista” e, do outro, através do módulo “Calcula a quantidade de produtos necessários”, que calcula o restante enviando o pedido para o fabricante de maneira a se preparar para o próximo pedido.

O módulo “Registra tempo para cálculo do tempo de ciclo” é utilizado para o cálculo do tempo de ciclo, ou seja, do tempo gasto entre o varejista fazer o pedido para o fabricante e o recebimento do mesmo. Este módulo armazena o tempo exato no qual foi feito o pedido para o fabricante. Na Figura 3.22 é verificada a chegada dos produtos vindos do fabricante.

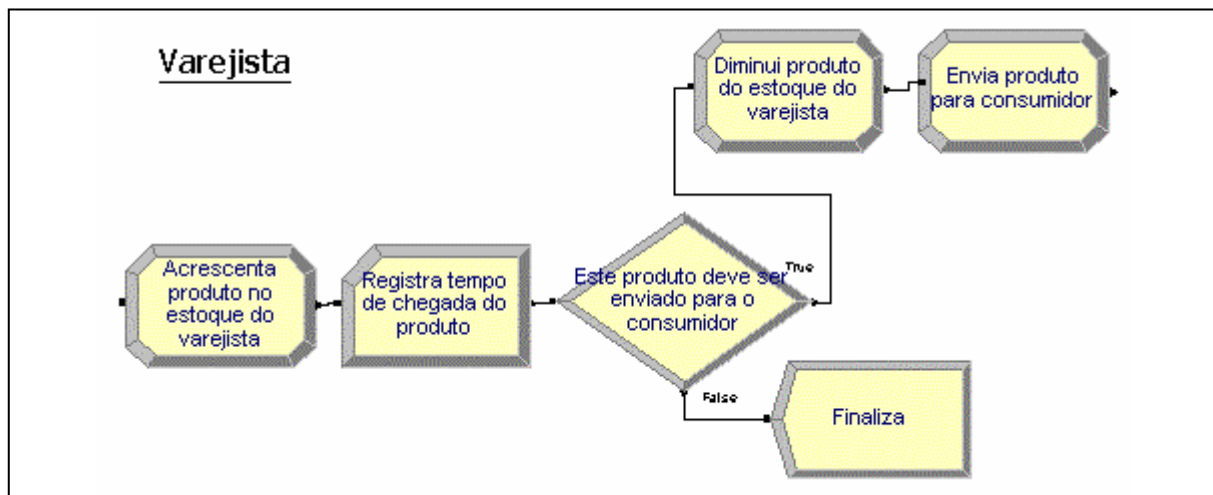


Figura 3.22. Envio de produtos para consumidores.

O módulo “Acrescenta produto no estoque do varejista” acrescenta os produtos que chegaram do fabricante no estoque do varejista. O módulo seguinte, “Registra tempo de chegada do produto”, grava o tempo de chegada do produto calculando, portanto, a diferença entre este tempo e o tempo em que foi feito o pedido. O módulo seguinte, “Este produto deve ser enviado para o consumidor”, verifica se o produto que chegou deve ser enviado para o consumidor ou se o mesmo deve ser armazenado em estoque para o pedido seguinte. Se for para envio, o próximo módulo, “Diminui produto do estoque do varejista”, reduz do estoque atual e envia o produto para o consumidor.

3.6.4 Mercado Consumidor

O mercado consumidor é representado pelo modelo representado na Figura 3.23. É composto basicamente pela entrada de produtos (vendas) e pela demanda de mercado, sendo esta representada pelos pedidos dos consumidores aos varejistas [HIE98]. Portanto, a demanda de mercado envia uma informação, ou seja, um pedido, e a entrada de produtos representa o fluxo de materiais, ou seja, a chegada de um pedido.

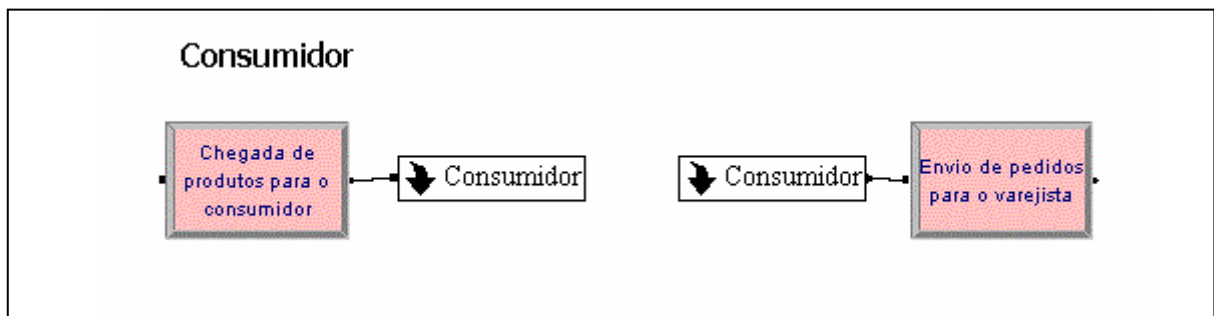


Figura 3.23. Modelo do Consumidor.

A Figura 3.24 mostra em mais detalhes o modelo da demanda de mercado.

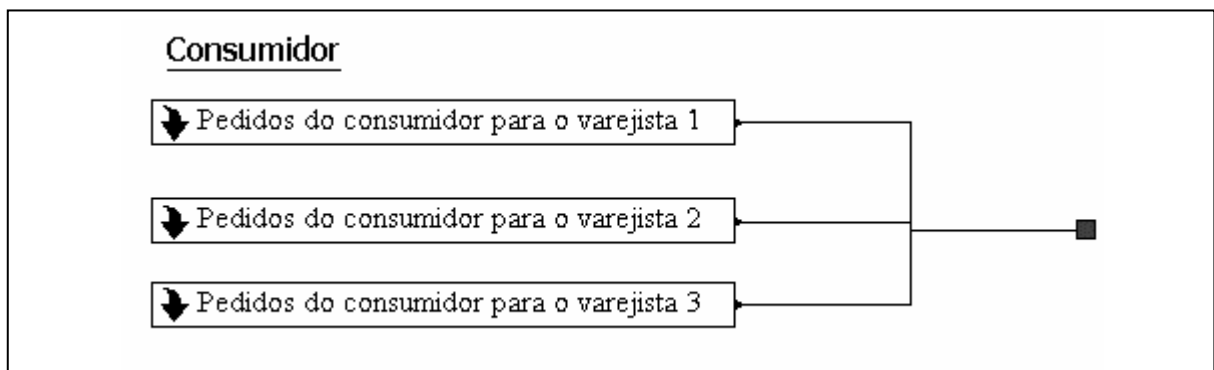


Figura 3.24. Modelo do Consumidor.

Cada módulo representa uma ordem do consumidor direcionada a cada um dos varejistas. A Figura 3.25 mostra os detalhes do sub modelo “Pedidos para o varejista 1”.

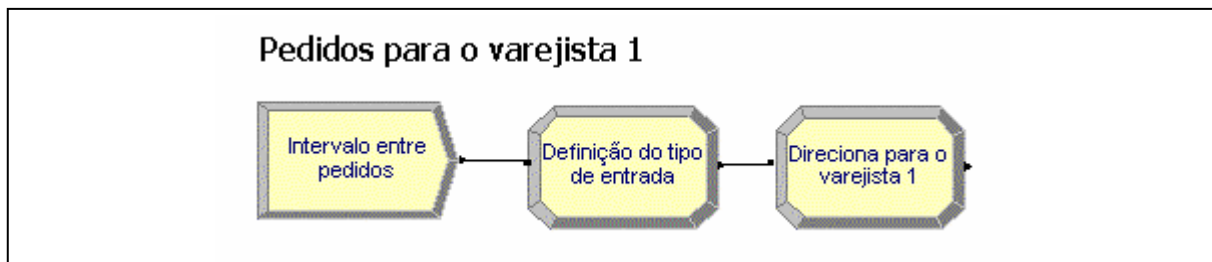


Figura 3.25. Pedido para o varejista 1.

Na Figura 3.25 o primeiro módulo “Intervalo entre pedidos”, define o tempo entre chegadas dos pedidos, o tipo de pedido (randômico, constante ou uma expressão) e o número de entidades por chegada. O segundo módulo “Definição do tipo de entrada” define o tipo de distribuição estatística da entrada, nesse caso uma normal 1000 com desvio padrão 20. O terceiro módulo, direciona a entrada para o varejista 1.

Para rodar o modelo, devem ser especificados os níveis de estoque inicial e as devidas demandas por varejista/produto com os tempos associados à realização desses pedidos. Deve-se, também, especificar as taxas de produção, nestes casos para os fabricantes e fornecedores, e os tempos de transporte de produtos do fabricante aos varejistas.

3.7 Verificação e Representatividade

Este modelo não foi aplicado a um exemplo real, neste caso para sua verificação foram utilizados os dados da Tabela do exemplo de [SLA99].

3.8 Experimentação, Análise e Interpretação

Os resultados obtidos com a simulação do cenário 1 podem ser vistos na Tabela 3.4, através dos índices de desempenho utilizados para este estudo.

A análise e interpretação desses dados estão descritas no capítulo 5.

Tabela 3.4 Resultados obtidos na simulação do cenário 1.

Cenário	Tempo de Ciclo (Horas)	Variação de pedidos no fornecedor (Quantidade de itens)	Variação do Estoque total médio na CS (Quantidade de itens)
Cenário 1	194,80 ± 8,48	313,8 ± 2,56	175,1 ± 2,34

3.9 Confeção do Documento Final

Este item não se aplica ao nosso estudo. Na verdade, pode-se considerar como documento final toda a dissertação aqui desenvolvida.

Podemos concluir deste capítulo que foi possível montar um modelo de simulação (discreta) de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios, de acordo com as simplificações utilizadas por [SLA99]. Através deste modelo foi possível verificar quais os resultados negativos que o efeito chicote traz para a cadeia de suprimentos. Este será o cenário usado no próximo capítulo para análise da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos.

Capítulo 4

Uso do modelo de simulação proposto na análise da gestão colaborativa

Este capítulo descreve a aplicação da simulação (discreta) para análise da gestão colaborativa em uma cadeia de suprimentos de quatro estágios. A aplicação de simulação seguirá uma metodologia baseada nas metodologias propostas por [PRA99], [PED95] e [KEL02] compostas por nove etapas e já descrita no item metodologia adotada.

4.1 Definição do Problema

O objetivo deste trabalho é criar um modelo de simulação discreta para análise da gestão colaborativa de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios.

4.2 Planejamento do Projeto

Nesse projeto acadêmico, os recursos envolvidos constituem-se apenas no programador/analista, um PC e o *software* de simulação ARENA.

4.3 Definição do Sistema

Segue a mesma descrição feita no capítulo 3; a diferença está nos quatro cenários

utilizados para representar a gestão colaborativa em cadeias de suprimentos, o que é detalhado no item 4.4, referente ao modelo conceitual.

4.4 Formulação do Modelo Conceitual

Segue a mesma descrição feita no capítulo 3; a diferença está nos quatro cenários utilizados para representar a gestão colaborativa em cadeias de suprimentos, o que é detalhado a seguir.

4.4.1 Cenários 2a e 2b: colaboração

A Figura 4.1 mostra a idéia de colaboração utilizada para representar os cenários 2a e 2b. Considerando um valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos e uma variação com relação ao que foi combinado de 10%, ou seja, tem-se uma variação de 900 a 1100, que é o intervalo aceito. Um pedido feito para qualquer membro da cadeia de suprimentos com valor inferior a 900 é considerado o pedido como sendo de 900. Para o caso de pedidos com valor acima de 1100, é considerado o pedido como sendo de 1100. Para pedidos com valores entre 900 e 1100, é considerado o próprio valor do pedido. Por exemplo, se o pedido fosse de 950 itens, como ele se encontra dentro do intervalo de 900 a 1100, o valor do pedido é de 950 mesmo. Considerando o exemplo do [SLA99], é enviado o que foi pedido e se programa com um valor igual para o próximo pedido. A diferença entre os cenários 2a e 2b está neste valor programado para o próximo pedido. No cenário 2a utiliza-se o valor do pedido anterior; já no cenário 2b utiliza-se o valor acordado que, neste caso do exemplo, é de 1000 itens.

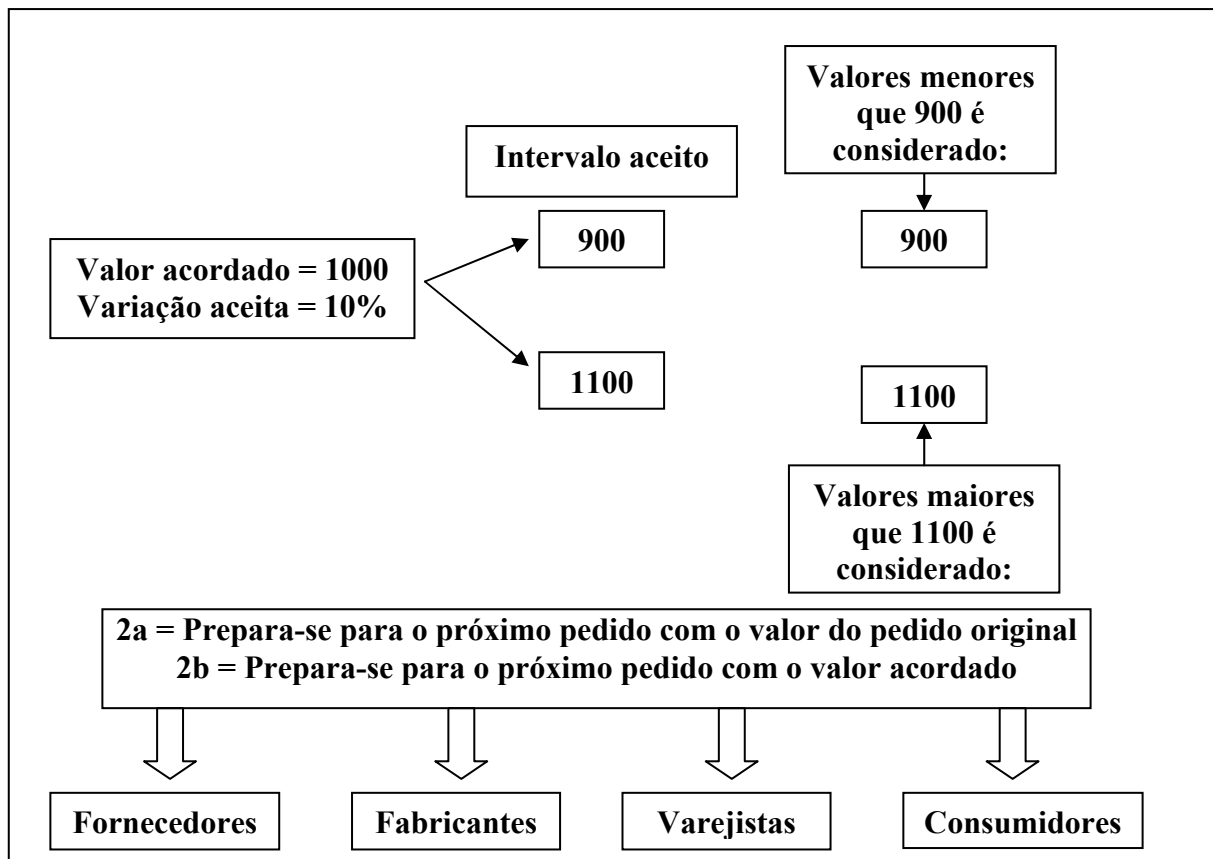


Figura 4.1. Explicação do cenário 2a e 2b.

Na Figura 4.2 é detalhado o modelo conceitual utilizado para representar os cenários 2a e 2b, conforme explicado na Figura 4.1. É importante salientar que esta lógica é a mesma utilizada para todos os componentes da cadeia de suprimentos, ou seja, para fornecedores, fabricantes, varejistas ou consumidores. Note-se que a diferença entre os cenários 2a e 2b é representada nos módulos de programação para o próximo pedido, representados na Figura 4.2 pelos círculos como os pontos 2a e 2b.

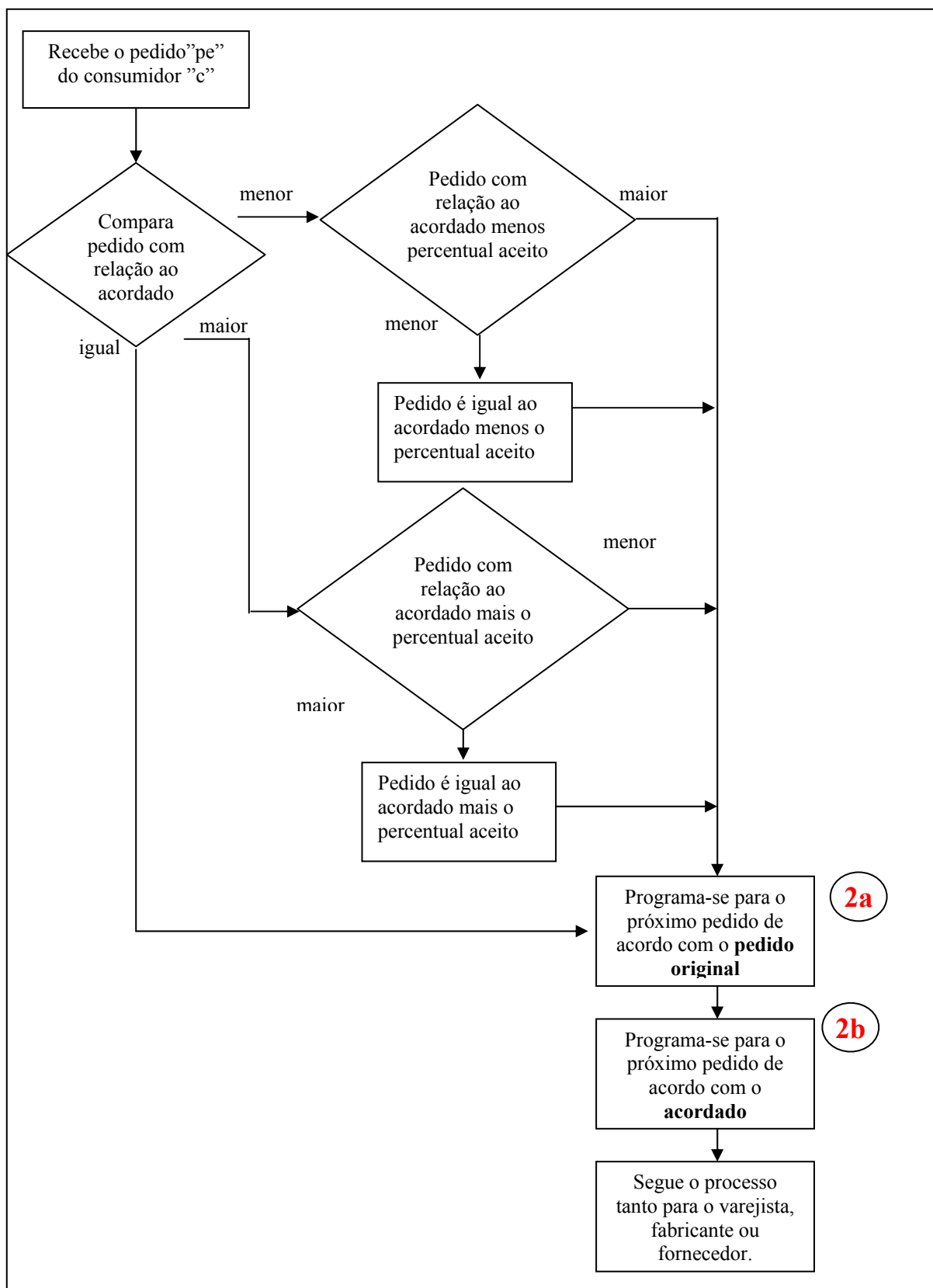


Figura 4.2. Modelo conceitual dos cenários 2a e 2b.

4.4.2 Cenários 2c e 2d: colaboração

A Figura 4.3 mostra a idéia de colaboração utilizada para representar os cenários 2c e 2d onde é considerado um valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos. Para demonstrar como funciona a idéia de divisão de prejuízos, tome-se como exemplo um pedido de 900 itens. Deve ser calculada a diferença entre o valor acordado de 1000 itens e 900, resultando em 100 itens. O objetivo é a divisão desse prejuízo, ou seja, dividir essa diferença por dois, o que resulta em 50 itens. Daí considerar-se o valor de 900 do pedido mais 50 itens, chegando ao valor de 950, como mostrado na Figura 4.3. Tomando-se agora como exemplo um pedido de 1100 itens, deve ser calculada a diferença entre o valor acordado de 1000 itens e 1100, resultando em 100 itens. O objetivo é a divisão desse prejuízo, ou seja, dividir essa diferença por dois, o que resulta em 50 itens. Daí considerar-se o valor de 1100 do pedido menos 50 itens, chegando ao valor de 1050, como também pode ser visto na Figura 4.3.

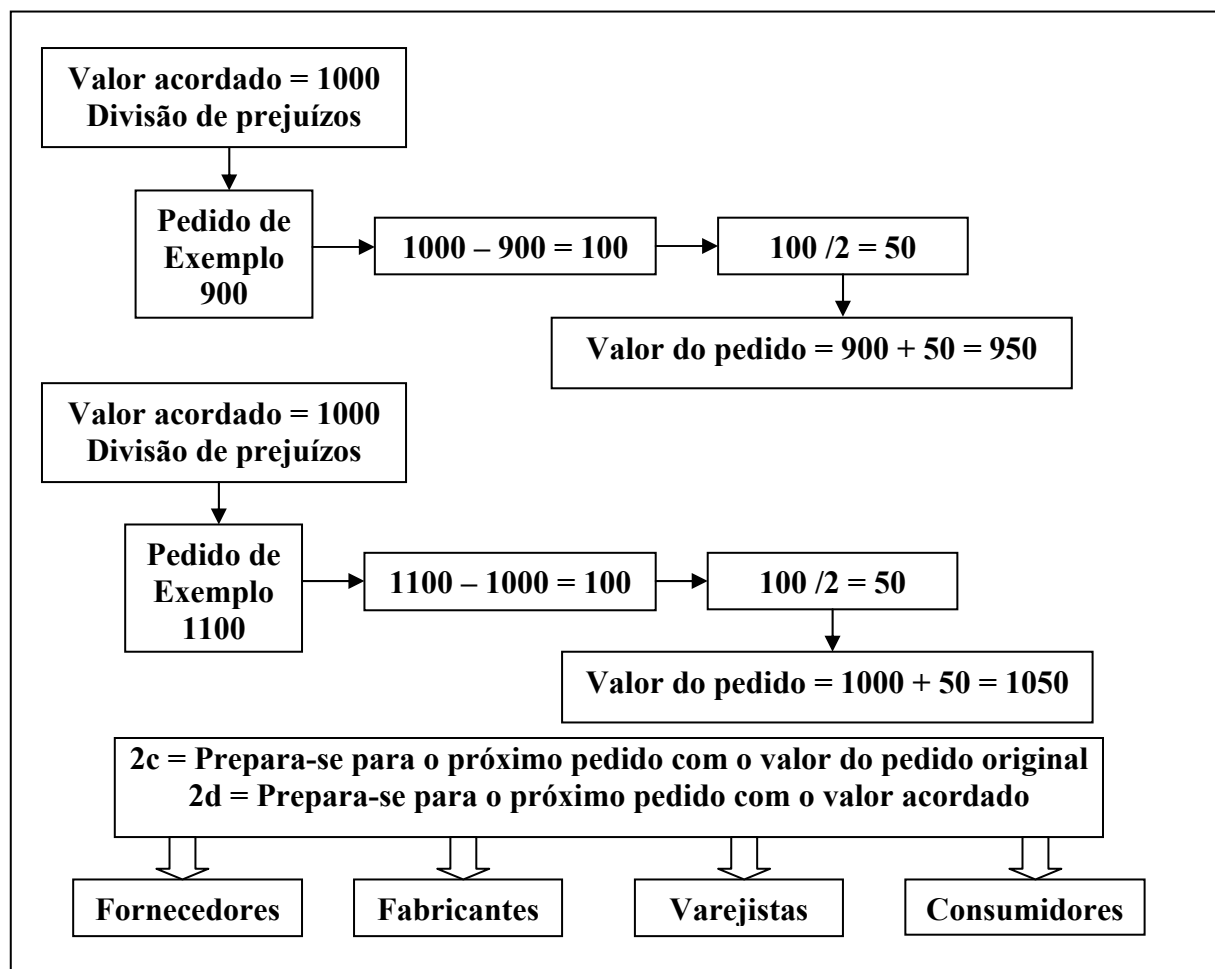


Figura 4.3. Explicação dos cenários 2c e 2d.

Na Figura 4.4 é detalhado o modelo conceitual utilizado para representar os cenários 2c e 2d, conforme explicado na Figura 4.3. Vale ressaltar que esta lógica é a mesma utilizada para todos os componentes da cadeia de suprimentos, ou seja, para fornecedores, fabricantes, varejistas ou consumidores. Note-se que a diferença entre os cenários 2c e 2d é representada nos módulos de programação para o próximo pedido, representados na Figura 4.4 pelos círculos como os pontos 2c e 2d.

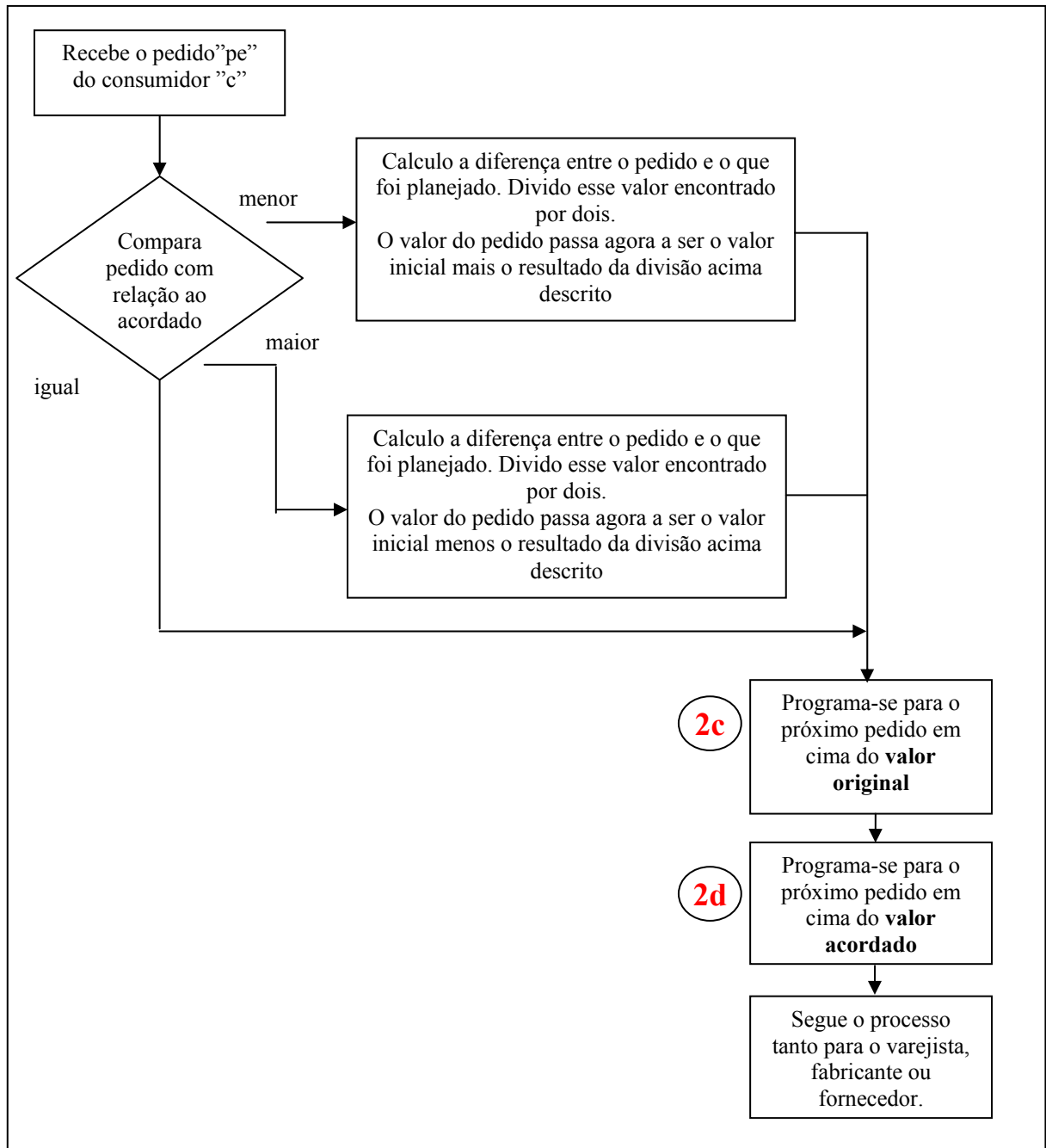


Figura 4.4. Modelo conceitual dos cenários 2c e 2d

4.5 Preparação dos Dados de Entrada

Foi considerada neste modelo a seguinte configuração:

- Demanda do mercado consumidor Normal (1000,20). Foram feitos testes com outras distribuições como, por exemplo, Normal (100,5) e Normal (1000,50). O que nos levou a esta escolha foi à clareza com que os resultados foram conseguidos para os diversos cenários estudados. Principalmente para o índice de desempenho que mede as variações do nível de produção/pedidos no fornecedor, já que o intuito principal foi verificar o efeito chicote na cadeia de suprimentos;
- Cada período de simulação de 10.000 dias. Este valor foi aleatório, na verdade o objetivo foi pegar um período maior possível que não compromete-se os resultados da simulação;
- Lançamento de pedido a cada 20 dias pelo mercado consumidor;
- Para análise utilizaram-se 30 réplicas. Para este caso utilizou-se o método descrito por [KEL02], chegando ao valor de 30 réplicas como sendo ideal para este estudo;
Onde tem-se: $n1 = n0 \frac{h0}{h}$;
- Para análise das variações dos níveis de produção no fornecedor e variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos foram utilizadas 30 vezes as 30 réplicas, ou seja, utilizaram-se 900 réplicas do modelo;
- Nível de confiança de 95%, fornecido pelo próprio software Arena.

Com o objetivo de medir a performance dos modelos estudados, direcionados ao objetivo deste trabalho, utilizaram-se os seguintes índices de desempenho:

- **Tempo de ciclo entre varejista e fabricante** - Mede o tempo gasto em horas entre o pedido e o recebimento de um produto feito pelo varejista para o fabricante
- **Variações do nível de produção/pedidos no fornecedor** - Mede as variações do nível de produção no fornecedor.

- **Variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos** - Mede os estoques médios totais na cadeia de suprimentos, ou seja, a soma das médias dos seguintes estoques: produtos acabados nos varejistas, produtos acabados no fabricante, componentes nos fornecedores.

4.6 Modelagem

Nas figuras, reproduzidas diretamente das telas do software ARENA, é mostrado como foram implementados os quatro cenários de gestão colaborativa descritos anteriormente.

4.6.1 Cenários 2a e 2b

A Figura 4.5 mostra como foi implementado no software Arena os cenários 2a e 2b. Partiu-se da idéia de colaboração já explicada no modelo conceitual, considerando-se o valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos e uma variação com relação ao que foi combinado de 10%, ou seja, uma variação de 900 a 1100. Um pedido feito para qualquer membro da cadeia de suprimentos com valor inferior a 900 considera o pedido como sendo de 900. Para o caso de pedidos com valor acima de 1100, considera o pedido como sendo de 1100. Para pedidos com valores entre 900 e 1100, considera o próprio valor do pedido. Considerando o exemplo de [SLA99], é enviado o que foi pedido e se programa para o próximo pedido com o mesmo valor para o cenário 2a e com o valor acordado para o cenário 2b.

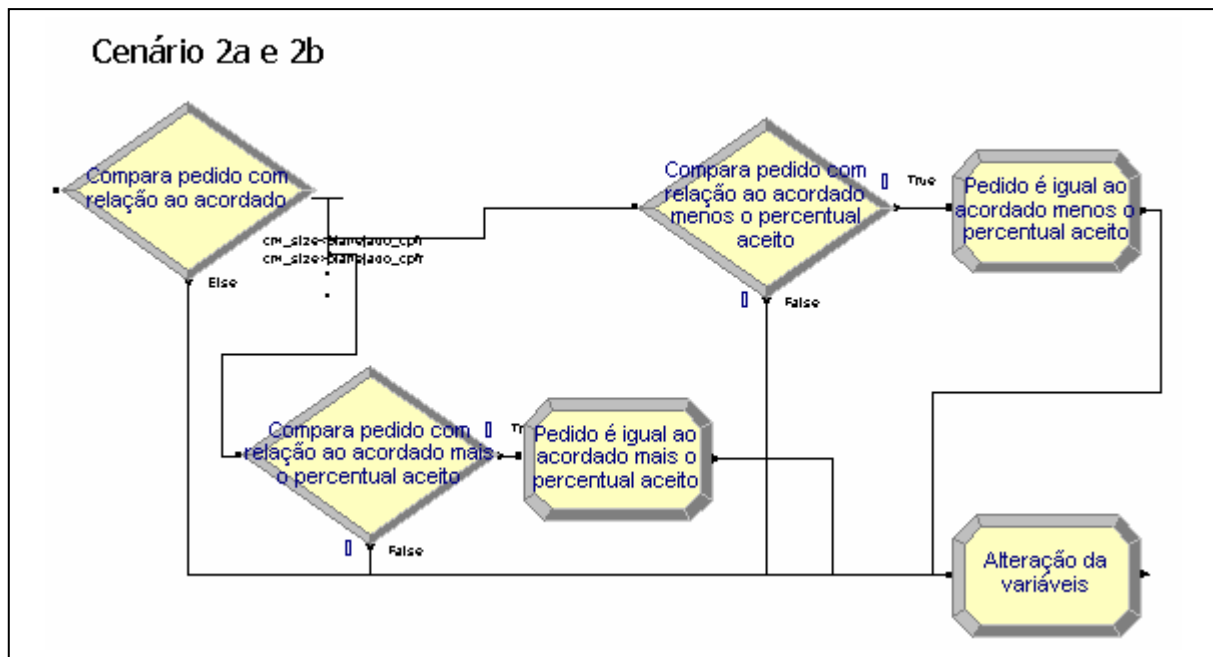


Figura 4.5. Cenários 2a e 2b.

4.6.2 Cenários 2c e 2d

A Figura 4.6 mostra como foi implementado no software Arena os cenários 2c e 2d. Partiu-se da idéia de colaboração já explicada no modelo conceitual, considerando-se o valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos. Um pedido feito para qualquer membro da cadeia de suprimentos com valor inferior a 1000, utiliza a idéia de divisão de prejuízos, ou seja, calcula a diferença entre o pedido e 1000 e divide por dois. Ao valor resultante desta divisão é acrescido o valor do pedido para o caso de pedidos inferiores a 1000 e subtraído para valores superiores a 1000. Considerando o exemplo de [SLA99], é enviado o que foi pedido e se programa para o próximo pedido com o mesmo valor para o cenário 2c e com o valor acordado para o cenário 2d.

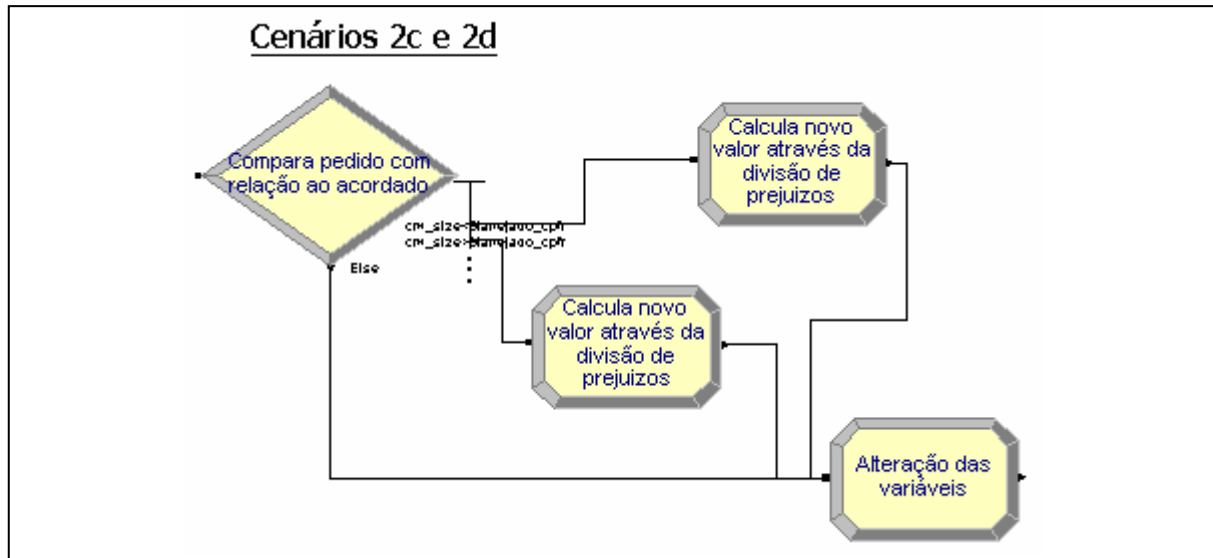


Figura 4.6. Cenários 2c e 2d.

A Tabela 4.1 mostra um quadro comparativo entre os diferentes cenários.

Tabela 4.1 Quadro comparativo dos cenários 1, 2a, 2b, 2c e 2d.

Cenários	Demanda	Pedido recebido	Preparação para o próximo período
Cenário 1	NORM (1000,20)	Sem colaboração	Igual ao pedido original
Cenário 2a	NORM (1000,20)	É aceito variação de até 10% com relação ao acordado	Igual ao pedido original
Cenário 2b	NORM (1000,20)	É aceito variação de até 10% com relação ao acordado	Acordado
Cenário 2c	NORM (1000,20)	Divisão de prejuízos	Igual ao pedido original
Cenário 2d	NORM (1000,20)	Divisão de prejuízos	Acordado

4.7 Verificação e Representatividade

Este modelo não foi aplicado a um exemplo real, neste caso para sua verificação foram utilizados os dados da Tabela do exemplo de [SLA99].

4.8 Experimentação, Análise e Interpretação

Os resultados obtidos com a simulação dos cinco cenários podem ser vistos na Tabela 4.2, através dos índices de desempenho utilizados para este estudo.

Tabela 4.2 Resultados obtidos na simulação.

Cenários	Tempo de Ciclo (Horas)	Variação de pedidos no fornecedor (Quantidade de itens)	Variação do Estoque total médio na CS (Quantidade de itens)
Cenário 1	194,80 ± 8,48	313,8 ± 2,56	175,1 ± 2,34
Cenário 2a	143,67 ± 10,32	206,5 ± 2,14	134,6 ± 2,14
Cenário 2b	113,88 ± 4,98	92,4 ± 2,09	76,0 ± 2,23
Cenário 2c	111,61 ± 8,26	54,3 ± 2,12	40,0 ± 2,41
Cenário 2d	132,23 ± 12,0	45,8 ± 2,06	34,3 ± 2,42

A seguir, é feita a análise dos três índices de desempenho para cada um dos cinco cenários utilizados.

4.8.1 Tempo de ciclo

A Tabela 4.3 e a Figura 4.7 comparam o tempo de ciclo e seu intervalo de confiança para cada um dos cinco cenários utilizados.

Tabela 4.3. Tempo de ciclo para os diferentes cenários

Cenários	Tempo de Ciclo (Horas)		
	Variação mínima	Média	Variação máxima
Cenário 1	186,32	194,80	203,28
Cenário 2a	133,35	143,67	153,99
Cenário 2b	108,90	113,88	118,86
Cenário 2c	103,35	111,61	119,87
Cenário 2d	120,23	132,23	144,23

- **Cenário 1;**

Modelo tradicional, exemplo descrito em [SLA99]. O tempo de ciclo entre varejista e fabricante é maior do que em todos os demais cenários. Isto é compreensível, pois neste cenário não está sendo considerado nenhum tipo de colaboração, ou seja, não há troca de informações entre os diversos componentes da cadeia de suprimentos.

- **Cenário 2a e 2b;**

Nesse cenário ocorre uma diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, observa-se o efeito da colaboração na cadeia de suprimentos.

- **Cenário 2c e 2d;**

Idéia de divisão de prejuízos. Nesses cenários ocorrem diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, novamente observa-se o efeito da colaboração na cadeia de suprimentos.

- **Comparação entre os cenários**

Na Figura 4.7, observa-se graficamente a comparação entre os intervalos de cada um dos cinco cenários estudados. Pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d, o tempo de ciclo diminui com relação ao cenário 1.

Para a comparação entre os cenários pode-se observar que nos cenários 2b e 2c é onde ocorre o menor tempo de ciclo, embora não se possa precisar qual deles é menor por ocorrer uma sobreposição dos intervalos. Nos cenários 2a e 2d o tempo de ciclo é maior quando comparados com os cenários 2b e 2c. Aqui também não se pode dizer qual deles é maior por ocorrer uma interposição dos intervalos.

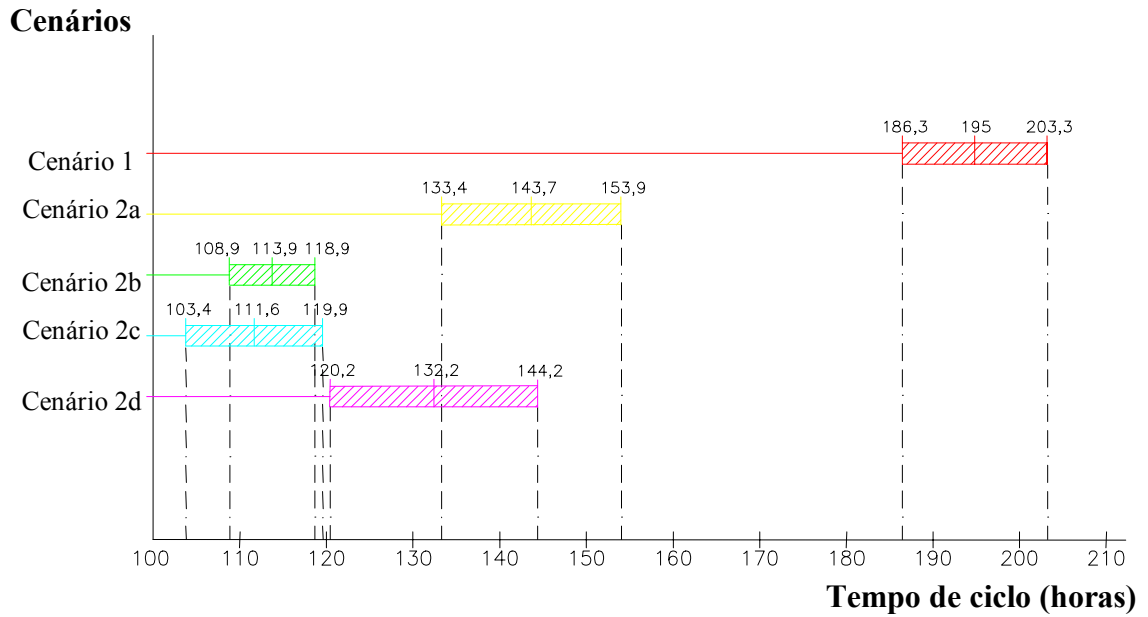


Figura 4.7. Comparação entre tempo de ciclo.

4.8.2 Variação dos níveis de produção no fornecedor

A Tabela 4.4 compara a variação dos pedidos nos fornecedores e seu intervalo de confiança para cada um dos cinco cenários utilizados.

Tabela 4.4. Variação dos níveis de produção no fornecedor para os diferentes cenários

Cenários	Variação de pedidos no fornecedor (Quantidade de itens)		
	Variação mínima	Média	Variação máxima
Cenário 1	311,24	313,80	316,36
Cenário 2a	204,36	206,50	208,64
Cenário 2b	90,31	92,40	94,49
Cenário 2c	52,18	54,30	56,42
Cenário 2d	43,74	45,80	47,86

▪ Cenário 1;

Modelo tradicional, exemplo descrito em [SLA99]. A variação dos níveis de produção no fornecedor é maior do que em todos os demais cenários. Neste cenário não está sendo

considerado nenhum tipo de colaboração, ou seja, não há troca de informações entre os diversos componentes da cadeia de suprimentos.

- **Cenário 2a e 2b;**

Nesse cenário ocorre uma diminuição da variação dos níveis de produção no fornecedor, quando comparado com o cenário 1, ou seja, observa-se o efeito da colaboração na cadeia de suprimentos.

- **Cenário 2c e 2d;**

Idéia de divisão de prejuízos. Nesses cenários ocorrem diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, novamente observa-se o efeito da colaboração na cadeia de suprimentos.

Esse cenário demonstrou também uma diminuição da variação dos níveis de produção no fornecedor quando comparado com o cenário 1 pois, ao dividir-se o prejuízo, nada mais está se fazendo do que ajudar a diminuir a variação dos pedidos ao longo da cadeia de suprimentos.

É uma situação que pode tranquilamente ser associada ao caso real, pois a partir do momento que se tem um acordo de colaboração, está se falando de parceria. Deve-se, portanto, existir uma absorção dos prejuízos entre os parceiros.

- **Comparação entre os cenários**

Na Figura 4.8, observa-se graficamente a comparação entre os intervalos de cada um dos cinco cenários estudados. Pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d, as variações dos pedidos no fornecedor diminuem com relação ao cenário 1.

Para a comparação entre os cenários pode-se observar que a menor variação dos pedidos ocorre no cenário 2d e depois na ordem 2c, 2b e 2a, não ocorrendo nenhuma sobreposição dos cenários.

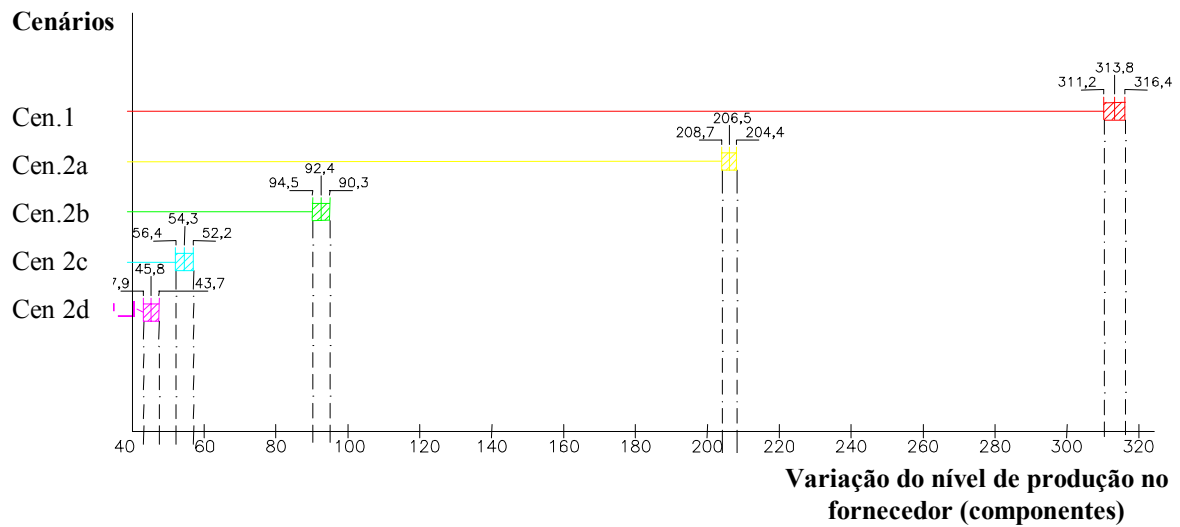


Figura 4.8. Comparação entre variações do nível de produção no fornecedor.

4.8.2 Variação do estoque total médio

A Tabela 4.5 compara a variação do estoque total médio e seu intervalo de confiança para cada um dos cinco cenários utilizados.

Tabela 4.5. Variações do estoque total médio para os diferentes cenários

Cenários	Variação do Estoque total médio na CS (Quantidade de itens)		
	Variação mínima	Média	Variação máxima
Cenário 1	172,76	175,10	177,44
Cenário 2a	132,46	134,60	136,74
Cenário 2b	73,77	76,00	78,23
Cenário 2c	37,59	40,00	42,41
Cenário 2d	31,88	34,30	36,72

▪ Cenário 1;

Modelo tradicional utilizou-se aqui o exemplo descrito em [SLA99]. Pode-se observar claramente o efeito chicote através da variação estoque médio ao longo da cadeia.

▪ **Cenário 2a e 2b;**

Quanto ao estoque total médio ao longo da cadeia de suprimentos, observa-se aqui uma diminuição da variação do mesmo, sendo que o estoque médio mantém-se praticamente o mesmo no período de análise.

▪ **Cenário 2c e 2d;**

Neste cenário observa-se também uma diminuição da variação do estoque total médio ao longo da cadeia de suprimentos quando comparado com o cenário 1

▪ **Comparação entre os cenários**

Na Figura 4.9, observa-se graficamente a comparação entre os intervalos de cada um dos cinco cenários estudados. Pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d, as variações dos pedidos no fornecedor diminuem com relação ao cenário 1. Para a comparação entre os cenários pode-se observar que a menor variação do estoque total médio ocorre no cenário 2d e depois na ordem 2c, 2b e 2a, não ocorrendo nenhuma sobreposição dos cenários.

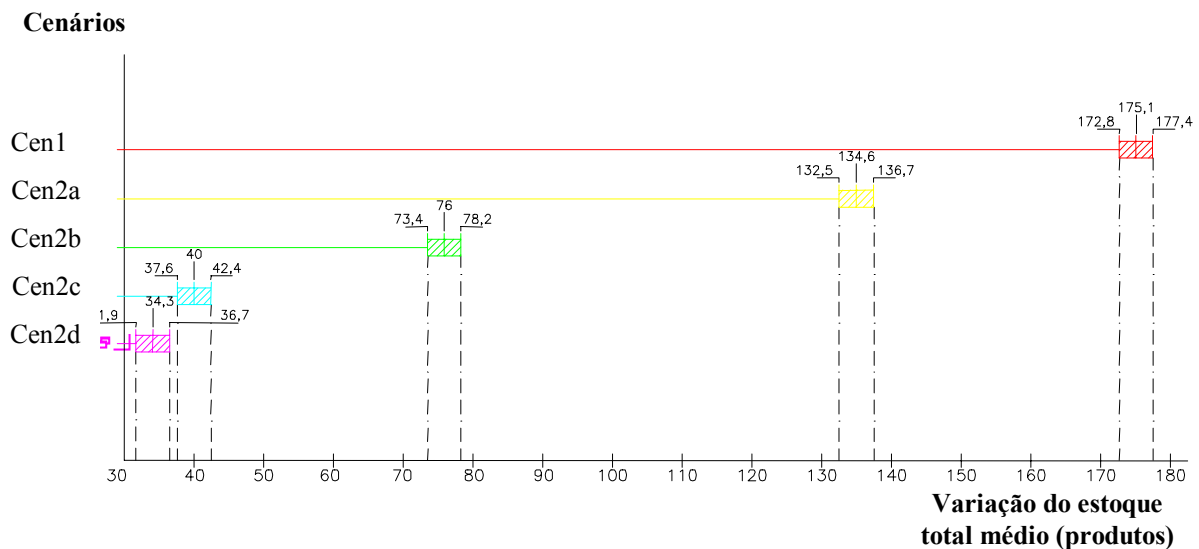


Figura 4.9. Comparação entre variações do estoque total médio na CS.

A Tabela 4.6 mostra um resumo geral dos resultados obtidos, posicionando cada cenário com relação aos indicadores de desempenho em ordem do melhor para o pior caso.

Tabela 4.6. Resumo geral dos resultados obtidos

Cenários	Tempo de Ciclo (Horas)	Variação de pedidos no fornecedor (Quantidade de itens)	Variação do Estoque total médio na CS (Quantidade de itens)
Cenário 1	Terceiro	Quinto	Quinto
Cenário 2a	Segundo	Quarto	Quarto
Cenário 2b	Primeiro	Terceiro	Terceiro
Cenário 2c	Primeiro	Segundo	Segundo
Cenário 2d	Segundo	Primeiro	Primeiro

4.9 Confeção do Documento Final

Este item não se aplica ao presente estudo. Na verdade, pode-se considerar como documento final toda a dissertação aqui desenvolvida.

Podemos concluir deste capítulo que foi possível mostrar como a gestão colaborativa pode reduzir o efeito chicote em cadeias de suprimentos. Os cenários utilizados serviram para simular situações distintas de colaboração idealizadas para este trabalho, situações essas que podem ser associadas dentro de certos limites a realidade das cadeias produtivas.

No capítulo seguinte temos as conclusões deste trabalho.

Capítulo 5

Conclusões

Nos quatro capítulos iniciais estão apresentados os objetivos, a fundamentação e os resultados da pesquisa. No segundo capítulo foi apresentada a fundamentação teórica do trabalho. O terceiro capítulo mostrou como foi desenvolvido o modelo de simulação utilizado neste estudo. No quarto capítulo foi apresentado os quatro cenários utilizados para simulação da gestão colaborativa, bem como os resultados alcançados. O presente capítulo aborda as principais simplificações feitas para a montagem do modelo de simulação, discutem os principais resultados alcançados e apresenta propostas para trabalhos futuros que podem ser exploradas com base no trabalho inicial aqui apresentado.

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação discreta de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios que leve em conta importante variáveis e características de cadeias produtivas, como, por exemplo, demanda aleatória, lead times de produção e de entrega, restrições e necessidades de materiais, estoques de segurança, níveis ótimos de produção e inter-relações entre diferentes corporações. Além disso, buscou também aprofundar os conhecimentos em cadeias de suprimentos, estudar algumas causas e conseqüências negativas do efeito chicote em cadeias produtivas e verificar as conseqüências da utilização da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos usando simulação computacional.

5.1 Principais Simplificações Feitas

Para mostrar como simulação pode ser usada para análise de novos métodos/estratégias de gestão de cadeia de suprimentos, utilizou-se o efeito chicote como principal fator a ser minimizado ou melhorado. Para tal, seguiu-se a ilustração do efeito chicote feita por [SLA99], onde foi utilizada algumas simplificações, descritas a seguir:

- Não se leva em consideração nenhum período de defasagem entre a ocorrência da demanda e sua transmissão para seu fornecedor;
- Não se considera lote mínimo de compras, ou seja, qualquer que seja o tamanho do pedido o mesmo é enviado, independente do custo;
- Não se considera lote mínimo de fabricação, ou seja, qualquer que seja o tamanho do lote, o mesmo é produzido independente do custo;
- O tempo de envio desses produtos é considerado, ou seja, o tempo gasto com transporte do fornecedor até o cliente;
- Considerou-se o mesmo *lead time* produtivo para todos os membros da cadeia de suprimentos, que foi diretamente proporcional à quantidade de produtos fabricados;
- Não foram consideradas no modelo as funções internas das fábricas, tais como, funções de operação, previsão e gerenciamento de demanda, atividades de MRP, planejamento de capacidade e funções de chão de fábrica.

5.2 Índices de Desempenho

Com o objetivo de medir a performance dos modelos estudados, direcionados ao objetivo deste trabalho, foram utilizados os seguintes índices de desempenho:

- **Tempo de ciclo entre varejista e fabricante** - Mede o tempo gasto em horas entre o pedido e o recebimento de um produto feito pelo varejista para o fabricante. Através deste índice de desempenho foi possível verificar como a gestão colaborativa pode reduzir o tempo de atendimento ao consumidor, isso ficou claro ao se comparar o cenário 1 (que simulava uma situação da cadeia de

suprimentos sem colaboração) com os demais cenários que utilizaram idéias de gestão colaborativa (cenários 2a, 2b, 2c e 2d);

- **Variações do nível de produção/pedidos no fornecedor** - Mede as variações do nível de produção no fornecedor. Através desse índice de desempenho foi possível verificar como a gestão colaborativa pode reduzir a variação dos níveis de produção no fornecedor, isso ficou claro ao se comparar o cenário 1 (que simulava uma situação da cadeia de suprimentos sem colaboração) com os demais cenários que utilizaram idéias de gestão colaborativa (cenários 2a, 2b, 2c e 2d);
- **Variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos** - Mede os estoques médios totais na cadeia de suprimentos, ou seja, a soma das médias dos seguintes estoques: produtos acabados nos varejistas, produtos acabados no fabricante, componentes nos fornecedores. Através deste índice de desempenho foi possível verificar como a gestão colaborativa pode reduzir a variação do estoque total médio na cadeia de suprimentos, isso ficou claro ao se comparar o cenário 1 (que simulava uma situação da cadeia de suprimentos sem colaboração) com os demais cenários que utilizaram idéias de gestão colaborativa (cenários 2a, 2b, 2c e 2d);

5.3 Efeito Chicote

Como já descrito nesse trabalho, uma das principais consequências negativas do efeito chicote é o aumento do estoque ao longo da cadeia de suprimentos. Neste caso podemos dizer que este estudo mostrou a oportunidade de redução do efeito chicote quando da utilização da gestão colaborativa, principalmente no que se refere à diminuição do estoque ao longo da cadeia de suprimentos. Isso foi possível ser observado através do índice de desempenho utilizado nesta pesquisa para medir a variação do estoque total médio ao longo da cadeia de suprimentos. Pode-se ver claramente uma diminuição da variação do estoque médio quando comparados os cenários que simulavam a gestão colaborativa com o cenário onde não existia nenhum tipo de colaboração. Isto significa dizer que os parceiros podem, de posse desses dados, trabalhar com estoques de segurança menores, uma vez que para o cálculo do estoque de segurança leva-se em conta o desvio padrão. Pode-se dizer, portanto, que com a gestão

colaborativa os dados passam a ser mais confiáveis o que já era de se esperar. Este também é um dos aspectos comentados pelas empresas que implantaram técnicas que envolvem o conceito de gestão colaborativa.

5.4 Colaboração entre os Elos da Cadeia

Pode-se dizer que o objetivo principal da colaboração entre os elos da cadeia de suprimentos é o de obter através de um planejamento compartilhado, uma maior precisão nas previsões de vendas e nos planos de reabastecimento. Como decorrência disso temos uma diminuição dos estoques ao longo da cadeia de suprimentos.

Pode-se observar através da simulação que os cenários 2a e 2b mostraram-se satisfatórios ao simular a idéia de colaboração na cadeia de suprimentos. Uma situação também interessante a ser observada aqui é o fato de poder considerar o valor acordado como sendo um índice para se representar o tipo de relação entre os diferentes componentes da cadeia de suprimentos. Quanto maior for a relação de colaboração, ou parceria entre as empresas, menor será o percentual aceito em relação ao valor acordado. Da mesma forma, quanto menor for a relação de colaboração, ou parceria entre as empresas, maior será o percentual aceito em relação ao valor acordado. Como um dos principais problemas encontrados para implementação de técnicas de gestão colaborativa é cultural, pode-se aqui representar percentualmente se essa colaboração é maior ou menor, de acordo com a cadeia de suprimentos a ser analisada.

Também nos cenários 2c e 2d, ocorre uma situação interessante, pois durante o acordo de colaboração, apresenta-se uma situação que pode tranquilamente ser associada ao caso real, pois a partir do momento que se tem um acordo de colaboração, está se falando de parceria, devendo, portanto, existir uma absorção dos prejuízos entre os parceiros.

5.5 Simulação de Cadeia de Suprimentos

Partindo-se do princípio de que os estoques ao longo da cadeia são raramente independentes entre si, podemos dizer que a gestão dos estoques ao longo de toda cadeia torna-se mais importante do que a gestão de um ponto de estoque independente. Portanto, verificou-se que problemas dessa natureza tornam-se muito complexos para serem tratados

por modelos matemáticos analíticos e que a simulação foi uma ferramenta eficiente para este tipo de análise, ou seja, a escolha das ferramentas para simulação, bem como o uso de uma boa prática de modelagem foi um aspecto importante para a eficiência da montagem do modelo.

Importante ressaltar também que o modelo desenvolvido pode servir como base para outros estudos que necessitem levar em consideração algumas variáveis e características aqui utilizadas, como, por exemplo, demanda aleatória, lead times de produção e de entrega, restrições e necessidades de materiais, estoques de segurança, níveis ótimos de produção e inter-relações entre diferentes corporações. Além disso, para facilitar o entendimento da lógica utilizada, os possíveis interessados por este modelo, podem fazer uso do modelo conceitual descrito, bem como, dos passos descritos na montagem do modelo no software Arena.

5.6 Conclusões Finais

Neste contexto, pode-se considerar que o objetivo geral, que previa o desenvolvimento de um modelo elementar de simulação discreta de uma cadeia de suprimentos de quatro estágios que levasse em conta importantes variáveis e características de cadeias produtivas, como, por exemplo, demanda aleatória, lead times de produção e de entrega, restrições e necessidades de materiais, estoques de segurança, níveis ótimos de produção e inter-relações entre diferentes corporações, foi atingido.

Também os objetivos específicos inicialmente definidos foram alcançados, a saber: aprofundar os conhecimentos em cadeias de suprimentos, estudar as causas e consequências negativas do efeito chicote em cadeias de produtivas, estudar as consequências da utilização da gestão colaborativa em cadeias de suprimentos, em especial, usando simulação computacional.

5.7 Propostas para Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho algumas outras oportunidades de pesquisa para trabalhos futuros foram identificadas, entre elas:

- Aplicação deste modelo em uma cadeia de suprimentos real;

- Melhorar este modelo de maneira a torná-lo o mais próximo da realidade, uma vez que nesse estudo foram utilizadas algumas simplificações, por exemplo, utilizar no modelo os conceitos de lotes econômicos de compras e fabricação, estoques de segurança, quantidade mínima de produção e pedidos/entregas e etc, que não foram utilizados nessa pesquisa;
- Fazer uma análise detalhada dos custos envolvidos no processo e em como a gestão colaborativa pode reduzi-los;
- Inserir neste modelo outros índices de desempenho, tal como nível de serviço e custos.

Referências Bibliográficas

- [AND02a] ANDERSON, E. G.; MORRICE, D. J. *Capacity and backlog management in queuing-based supply chains. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.* 2002, pp. 1302-1305.
- [AND01] ANDRASKI, J. *Collaborative Planning, Forecasting and in B2B exchanges.* USA, 2001. Disponível em: <http://www.productivityconcepts.com/log201/doc/Collaborative_Planning.doc> Acesso em: 14/05/2004
- [AND02b] ANDRASKI, J. *Nove passos que definem resultados.* Boletim da Associação ECR Brasil sobre Eficiência Empresarial. Ano II, No.5, outubro 2002, pp. 2-3.
- [ARO01] AROZO, R. *CPFR - Planejamento colaborativo: em busca da redução de custos e aumento do nível de serviço nas cadeias de Suprimento.* Disponível em <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-busca.htm?fr-cpfr.htm>>. Acesso em: 19/08/2003.
- [BAL98] BALLOU, R. H. *Business Logistics Management: planning, organizing and controlling the supply chain.* 4 ed. Londres: Prentic Hall, 1998. 696p.
- [BAL01] BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.* 4 ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001.
- [BAN02a] BANKS, J.; BUCKLEY, S.; JAIN, S.; LENDERMANN, P.; MANIVANNAN, M. *Panel session: opportunities for simulation in supply chain management.* Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. USA, 2002, pp. 1652-1658.
- [BAN02b] BANSAL, S. *Promise and problems of simulation technology in SCM domains.* Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. 2002, pp. 1831-1837.
- [BAR01] BARRATT, M.; OLIVEIRA, A. *Exploring the experiences of collaboration planning initiatives.* International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol.31, Nº.4, 2001, pp. 266-289.
- [BEA99] BEAMON, B. *Measuring supply chain Performance.* University of Washington; International Journal of Operations and Production Management. Vol.19, Nº.3, 1999, pp. 275-292.

- [BER02] BERTRAND, J.; FRANSOO, J. *Operations management research methodologies using quantitative modeling*. International Journal of Operations and Production Management. Vol.22, N°.2, 2002, pp. 241-264.
- [BON02] BOND, E. *Medição de desempenho para gestão da produção em um cenário de cadeia de suprimentos*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos/SP, 2002.
- [BOW01] BOWERSOX, D.J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos*. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2001.
- [CAR02] CARLSSON, C.; FULLÉR, R. *A fuzzy approach to the bullwhip effect*. Intelligence Technologies Series. 2002, pp. 247-262.
- [CES03] CÉSAR, O. J.; VIEIRA, G. E. *Use of CPFR to improve the efficiency of supply chains: an overview of concepts, characteristics, implementation and solutions*. X SIMPEP-Simpósio de Engenharia de Produção. UNESP, SP, 2003.
- [CHA03] CHAN, T. S.; QI, H. J.; LAU, C. W.; IP, W. L. *A conceptual model of performance measurement for supply chains*. Management Decision. Vol.41, N°.7, 2003, pp. 635-642.
- [CHA01] CHANG, Y.; MAKATSORIS, H. *Supply chain modeling using simulation*. University of Cambridge; Institute for Manufacturing, I.J. of Simulation, Vol.2, No.1, 2001, pp. 24-30.
- [CHA00] CHAPMAN, L.; LATHON, R.; PETERSEN, M. *Dama model for collaboration*. Sandia Corporation, Versão 1, October 2000.
- [CHE00] CHEN, F.; DREZNER, Z.; RYAN, J.; SIMCHI-LEVI, D. *Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times and information*. Management Science, Vol.46, N°.3, 2000, pp. 436-443.
- [CHO02] CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. São Paulo, SP: Editora Prentice-Hall, 2002.
- [CHW02] CHWIF, L.; BARRETO, M. R. *Supply chain analysis: spreadsheet or simulation?* Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002, pp. 59-66.
- [COL01] COLMANETTI, M. S. *Modelagem de sistemas de manufatura orientada pelo custeio de das atividades e processos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Carlos, São Carlos/SP, 2001.
- [DIA93] DIAS, M.A. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4 ed. São Paulo, SP: Editora Atlas, 1993.
- [DOM01] DOMINGUES, O. *Gestão de compras em supermercados (Estudo de caso: COOP-Cooperativa de consumo)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Programa de pós-graduação em Administração, São Paulo/SP, 2001.

- [FER03] FERREIRA, S.C.; VIEIRA, J.G.; YOSHIKAWA, H. *Collaborative planning, forecasting and replenishment: o estado da arte no Brasil*. Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo/SP, 2003.
- [FLI03] FLIEDNER, G. *CPFR: an emerging supply chain tool*. Industrial management & data systems, Vol.103, Nº.1, 2003, pp.14-21.
- [FRA02] FORRESTER, J.; *Industrial Dynamics*. Harvard Business Review. Boston, Nº 36, 1958, pp. 37-52.
- [FOR58] FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F.A. *Administração de materiais e do patrimônio*. São Paulo/SP, Editora Pioneira Thomson Learning, 2002.
- [FRA00] FRANSSON, J.; WOUTERS, M. *Measuring the bullwhip effect in the supply chain*. Supply Chain Management: An International Journal, Vol.5, Nº.2, 2000, pp. 78-89.
- [GCI02] GCI (Global Commerce Initiative). *Recommended Guidelines. Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*. Versão 2.0, 2002, Disponível em <www.cpfr.org>. Acesso em 20/02/2002.
- [GIL02] GIL, A. C.. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2002.
- [GIO01] GIOVANNINI, F. *A empresa média industrial e a internet*. V.08, Nº.3, São Paulo, SP: Caderno de pesquisas em administração, julho/setembro 2001.
- [GOM04] GOMES, C.F.S.; RIBEIRO, P.C.C. *Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação*. São Paulo/SP: Editora Pioneira Thomson Learning, 2004.
- [HAM01] HAMMER, M..*Reengineering the Corporation Revised Edition: manifest for business revolution*. HarperBusiness, June 2001.
- [HAR03] HARRISON, A.; VAN HOEK, R. *Estratégia e gerenciamento de logística*. Tradução Bazán Tecnologia e Linguística. São Paulo/ SP: Editora Futura, 2003.
- [HIE98] HIETA, S. *Supply chain simulation with logsim-simulation*. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1998, pp. 323-326.
- [HIL02] HILL, A., V. *The encyclopedia of operation management*. Carlson School of Management. University of Minnesota, August 2002.
- [HOL02] HOLMSTROM, J.; FRAMLING, K.; KAIPIA, R.; SARANEN, J. *Collaborative planning forecasting and replenishment: new solutions needed for mass collaboration*. Supply Chain Management: An International Journal, Vol.7, Nº.3, 2002, pp. 136-145.
- [JAI01] JAIN, S.; WORKMAN, R.; COLLINS, L.M.; ERVIN, E. *Development of a high-level supply chain simulation model*. Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference; USA, 2001, pp. 1129-1137.

- [JOU00] JOUENNE, T. *Henkel-Eroski CPFR pilot case study*. VICS CPFR Disponível em <<http://www.cpfr.org/WhitePapers>>. Acesso em: 28/07/2003.
- [KAL02] KALAKOTA, R.; ROBINSON, M. *e.business: estratégias para alcançar o sucesso no mundo digital*. 2 ed. Porto Alegre/RS: Editora Bookman, 2002.
- [KEL02] KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. *Simulation with Arena*. 2 ed. New York/USA: McGraw-Hill Companies, 2002.
- [KES01] KESKINOCAK, P.; TAYUR, S. *Quantitative analysis for internet-enabled supply chains*. Internet-enable supply chains, Interfaces 31:2, March-April, 2001.
- [KHA01] KHATOR, S.; DESHMUKH, M. *System dynamics modeling of agility in a supply chain*. University of South Florida; USA, Operations management, 2001, pp. 70-89.
- [LEE97] LEE, H.L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. *The bullwhip effect in supply chains*. Sloan Management Review, Vol.38, N°3, 1997, pp. 93-102.
- [LEM99] LEMOS, A. C. D. *Aplicação de uma metodologia de ajuste do sistema Kanban em um caso real utilizando simulação computacional*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 1999.
- [LIA02] LIAUTAUD, B.; HAMMOND, M. *Inteligência em e-business: Transformando informações em conhecimento, e conhecimento em lucro*. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora Ltda., 2002.
- [MAR97] MARIA, A. *Introduction to modeling and simulation*. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference; USA, 1997, pp. 7-13.
- [MAR03] MARTINS, P.T.; CAMPOS, P. R. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2003.
- [MAR02] MARTINS, P.T.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*., São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2002.
- [MCC01] McCULLEN, P.; TOWILL, D. *Practical ways of reducing bullwhip: The case of the Glosuch Global Supply Chain*. University of Brighton and University of Cardiff; England, Control, December-January 2001, pp. 24-39.
- [MER02] MERKURYEV, Y.; PETUHOVA, J.; LANDEGHEM R.V.; VANSTEENKISTE, S. *Simulation-based analysis of the bullwhip effect under different information sharing strategies*. Proceedings 14th European Simulation Conference, Germany, 2002.
- [MIL00] MILLER, S.; PEGDEN, D. *Introduction to manufacturing simulation*. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000, pp. 63-66.
- [MOR01] MOREIRA, C. M. *Estratégias de reposição de estoques em supermercados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis/ SC, 2001.

- [NAK99] NAKANO, D; BERTO, R. *Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção*. São Paulo, SP: Escola Politécnica da USP, 1999.
- [PED95] PEDGEN, D. C.; SHANNON R. E.; R. P. SADOWSKI, R.P. *Introduction of Simulation using Siman*. 2 ed. USA: McGraw-Hill, 1995. 600 p.
- [PET88] PETERS, T.; WATERMAN, R. *In Search of Excellence:Lessons from America's Best-Run Companies*. 3 ed. USA: Warner Books, 1988. 360 p.
- [PET03] PETERSON, M. J. *The 21 century's most powerful process for consumer satisfaction*. VICS CPFR Disponível em: <http://www.cpfr.org/documents/docs/CPFR_Process_for_Consumer_Satisfaction.doc> Acesso em: 10/05/2004.
- [PIO03] PIO, F. *Cliente só paga o que usa no novo comércio eletrônico*. Sebrae-SC News;2003. Disponível em: <http://www.sebrae-sc.com.br/noticias/mostrar_materia.asp?cd_noticia=4846> Acesso em 19/08/2003.
- [POZ02] POZO, H. *Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística*. 2 ed. São Paulo/SP: Editora Atlas, 2002, 195 p.
- [PRA99] PRADO, D. *Usando o Arena em simulação*. Belo Horizonte/MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999, 284 p.
- [PUN01] PUNDOOR, G. *Supply chain simulation models for evaluating the impact of rescheduling frequencies*. University of Maryland; ISR-Institute for Systems Research, Master's Thesis, Maryland, USA; 2001, 114 p.
- [RET97] RETZLAFF-ROBERTS, D.; NICHOLS, E. L., *Using computer simulation to reduce supply chain cycle time*. Journal of Center for Supply Chain Management, Vol.3, Nº.1, 1997, pp.69-78.
- [RIB04] RIBEIRO, A. *O CPFR como mecanismo de integração da cadeia de suprimentos: Experiências de implementação no Brasil e no Mundo*. Disponível em <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr-art_cpfr.htm>. Acesso em: 02/03/2005.
- [SAN99] SANTOS, A. R. *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. 2 ed. Rio de Janeiro/RJ: Editora DP&A, 1999, 144p.
- [SEI03] SEIFERT, D. *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment. How to create a supply chain advantage*. USA: Amacom Books, 2003, 411p.
- [SHA75] SHANNON, R. E. *Systems simulation: the art science*. Editora Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1975.
- [SIL01] SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação*. 3 ed. Florianópolis/SC: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001, 121p.

- [SIM02] SIMCHI-LEVI, D.; SIMCHI-LEVI, L.; WATSON, M. *Tactical planning for reinventing the supply chain*. University of Cambridge; Massachusetts Institute of Technology, USA, 2002, 30 p.
- [SIM00a] SIMCHI-LEVI, D.; SIMCHI-LEVI, L. *The effect of e-business on supply chain strategy*. University of Cambridge; Massachusetts Institute of Technology, USA, 2000, 23 p.
- [SIM00b] SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Designing and Managing the supply chain: Concepts, Strategies and case studies*. Boston: McGraw-Hill, 2000, 321 p.
- [SKJ03] SKJOETT-LARSEN, T.; THERNOE, C.; ANDRESEN, C. *Supply chain collaboration: theoretical perspectives and empirical evidence*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.33, Nº.6, 2003, pp.531-549.
- [SLA99] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo/SP: Editora Atlas, 1999, 528 p.
- [STA99] STANK, T.; DAUGHERTY, P.; AUTRY, C. *Collaborative planning: supporting automatic replenishment programs*. Supply Chain Management, Vol.4, Nº.2, 1999, pp. 75-85.
- [SUL02] SULESKI, J. *Beyond CPFR: retail collaboration comes of age*. AMR Research Report, USA 2002.
- [TUB00] TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. 2 ed. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2000, 220p.
- [VIE04] VIEIRA, G. *Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena*. A ser apresentado no Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference; USA, 2004.
- [WHI00] WHITE, A. *Convergence of P2P and B2B: new economy business models*. VICS CPFR Disponível em: <http://www.cpfr.org/documents/pdf/ConvergenceofP2PandB2B.pdf>, Acesso em: 10/05/2004.