

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PRÁTICAS E INICIATIVAS DA GESTÃO DA CADEIA
DE SUPRIMENTOS EM *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO.**

•

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2006

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PRÁTICAS E INICIATIVAS DA GESTÃO DA CADEIA
DE SUPRIMENTOS EM *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO.**

▪

DANILO DE GASPARI ANTONIO

ORIENTADOR: PROF. DR. SÍLVIO R. I. PIRES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2006

À

Minha Família

Especialmente a esposa Ana Maria,
aos meus pais Dorival e Durvalina
e meus irmãos Daniel e Daniele.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Professor Sílvio Pires pelos momentos de dedicação e orientação.

Aos professores Fernando Bernardi e Rosangela pelo incentivo, amizade e pela grande contribuição.

Ao Professor Alex pela orientação e conselhos valiosos durante a pesquisa.

A esposa Ana Maria pelo suporte dado nos momentos desesperadores, pela ajuda na realização do trabalho e pela motivação desprendida.

Aos professores Mario Sacomano, Fábio Favaretto e Fernando Campos pelas valiosas observações, contribuições e principalmente pelo companheirismo.

Aos amigos do GEPLOCS Ana Maria, Fernanda, Mario, Daniela, Marcos, Paulo e Fernando que tornaram a meus estudos muito mais agradáveis.

Ao pessoal da Secretaria da Pós-Graduação da FEAU Marta, Thalita e Natália pela amizade e por todo o suporte dado com muita amizade.

Aos meus pais e meus irmãos que sempre acreditaram e me apoiaram em todas as minhas decisões, sem o incentivo deles nada disso seria possível.

A todos os professores e funcionários da UNIMEP que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

À CAPES e ao Instituto Fábrica do Milênio pelo apoio financeiro.

ANTONIO, Danilo De Gaspari. *Práticas e Iniciativas da Gestão da Cadeia de Suprimentos em Software de Simulação* 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste, SP.

RESUMO

Cada vez mais, as organizações vêm buscando novas formas de adquirir vantagens competitivas perante seus concorrentes. Isto tem forçado o desenvolvimento e aprimoramento de práticas e iniciativas da Gestão da Cadeia de Suprimentos e da Logística, que de certa forma proporcionam vantagens competitivas. Tudo isso têm ocorrido em um ritmo cada vez mais acelerado e ambas são consideradas inovadoras e estão em destaque, principalmente, pelo pouco tempo que elas estão sendo estudadas e aplicadas. Diante disto, os principais interessados como as empresas e as universidades buscam novas formas de se atualizar e aprimorar os conceitos e práticas na mesma velocidade que ela surge. Para tanto, indústria e universidade despendem esforços no aprimoramento das técnicas de ensino ou treinamento que possa suprir essa necessidade. Uma das formas encontrada é a simulação computacional. A simulação tem sido usada pelas universidades e, principalmente, pela indústria para atualizar e ensinar funcionários e alunos de forma rápida e eficiente. Isso se dá devido às características da simulação como a possibilidade de criar cenários realísticos a um baixo custo e em menor tempo. Além disso, a simulação é vista como uma excelente ferramenta de ensino que pode ilustrar um sistema como, por exemplo, uma cadeia produtiva em sala de aula, possibilitando um ensino mais completo e prático de sistemas complexos ou de difícil acesso ou visualização. Assim, esta pesquisa desenvolve modelos representativos de algumas práticas de distribuição da Logística e de algumas práticas de colaboração da Gestão da Cadeia de Suprimentos. Para tanto é utilizado o programa ProModel como ferramenta de simulação, sendo esta, uma das mais atuais e de fácil visualização da simulação, tornando-a a ferramenta de simulação mais apropriada para o ensino e treinamento.

PALAVRAS CHAVE: gestão da cadeia de suprimentos; logística; simulação e práticas de distribuição.

ANTONIO, Danilo De Gaspari. ***Practices and initiatives of the Supply Chain Management in simulator' software*** 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste.

Abstract

More than ever, the organizations come looking for new forms of acquiring competitive advantages before its competitors. This has been forcing the development and improvement of practices and initiatives of Supply Chain Management and the Logistics, that provide competitive advantages in a certain way. All this has been happening in an accelerated rhythm and both are considered innovative and they are in prominence, mostly, for the little time that they are being studied and applied. For this reason, the stakeholders as the companies and the universities looking for the new forms of modernizing and improvement the concepts and practices in the same speed that they appear. For this, industry and university remove efforts in the improvement of the teaching techniques or training that it can supply their need. One way found is the simulation. The simulation has been used for the universities and, mostly, for the industry to improvement and to teach employees and students in a fast and efficient way. That gives because of the features of the simulation as the possibility to create realistic sceneries with low cost and small time. In addition, the simulation is seen as an excellent teaching tool that can illustrate a system as, for example, a productive chain, in class room, be able a more complete and practical teaching of sophisticated systems or of hard access or visualization. Thus, this research develops representative models of some practices of distribution of the Logistics and of some practices of collaboration of the Supply Chain Management. For so much is used the ProModel software as simulator, being this, one of the most current and with of easy visualization, turning it the most adapted for the teaching and training.

KEYWORDS: *supply chain management; logistics; simulation and distribution practices.*

SUMÁRIO

RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO.....	2
1.2. JUSTIFICATIVA	3
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	10
2.1. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	10
2.2. A ESTRUTURA DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	14
2.3. GESTÃO DA DEMANDA NA SCM	20
2.4. PLANEJAMENTO E GESTÃO COLABORATIVA.....	24
2.4.1. EDI (ELECTRONIC DATA INTERCHANGE).....	26
2.4.2. GESTÃO COLABORATIVA BASEADA NO REABASTECIMENTO	29
2.4.3. GESTÃO COLABORATIVA BASEADAS EM PREVISÕES	31
2.4.3.1. VENDOR MANAGED INVENTORY.....	31
2.4.3.2. COLLABORATIVE PLANNING, FORECASTING, AND REPLENISHMENT	34
3. LOGÍSTICA.....	38
3.1. AS FUNÇÕES DA LOGÍSTICA.....	38
3.2. CICLO DE ATIVIDADES LOGÍSTICAS.....	42
3.3. TRANSPORTE.....	45
3.3.1. SISTEMAS MODAIS	47
3.3.1.1. MODAL FERROVIÁRIO	48
3.3.1.2. MODAL RODOVIÁRIO	49
3.3.1.3. MODAL AQUAVIÁRIO.....	50
3.3.1.4. MODAL AÉREO.....	50
3.3.1.5. MODAL DUTOVIÁRIO.....	52
3.3.1.6. SERVIÇO INTERMODAL	53

3.4. ESTOQUES.....	53
3.4.1. TÉCNICAS E MODELOS DE PLANEJAMENTO DA GESTÃO DE ESTOQUES.....	55
3.4.1.1. SISTEMA DUAS GAVETAS	55
3.4.1.2. PONTO DE RE-SUPRIMENTO (PR).....	56
3.4.1.3. REVISÃO PERIÓDICA.....	57
3.4.2. SISTEMA DRP (DISTRIBUTION REQUIREMENTS PLANNING).....	58
3.5. PRÁTICAS DE DISTRIBUIÇÃO	61
3.5.1. REMESSA DIRETA – ENTREGA DIRETA (TRADICIONAL)	61
3.5.2. ENTREGA DIRETA COM MILK RUN.....	63
3.5.3. ENTREGA VIA CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO.....	64
3.5.4. ENTREGAS VIA CD UTILIZANDO MILK RUN	65
3.5.5. CROSS-DOCKING	66
4. FORMAS DE ENSINAR APOIADOS NA SIMULAÇÃO	69
4.1. CICLO DE APRENDIZADO IMERSO NA SIMULAÇÃO	73
4.2. SIMULAÇÃO	75
5. METODOLOGIA DE PESQUISA E DE CRIAÇÃO DE UM MODELO	
SIMULADO EM PROMODEL.....	85
5.1. METODOLOGIA DE PESQUISA	85
5.2. INTRODUÇÃO AO PROMODEL	93
5.2.1. OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DA MODELAGEM EM PROMODEL	94
5.3. DESENVOLVIMENTO DE UMA SIMULAÇÃO	95
5.3.1. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 1, 2 E 3.....	96
5.3.2. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 4, 5 E 6.....	98
5.3.3. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 7, 8, 9 E 10	100
5.4. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS	101
6. INICIATIVAS E PRÁTICAS SIMULADAS	105
6.1. PRÁTICAS DE DISTRIBUIÇÃO SIMULADAS	107
6.1.1. REMESSA DIRETA – ENTREGA DIRETA (TRADICIONAL)	108
6.1.2. ENTREGA DIRETA COM MILK RUN.....	109
6.1.3. ENTREGA VIA CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO.....	110
6.1.4. ENTREGAS VIA CD UTILIZANDO MILK RUN	111
6.1.5. CROSS-DOCKING	111
6.2. PLANEJAMENTO E GESTÃO COLABORATIVA SIMULADA	112

6.2.1.	BASEADAS NO REABASTECIMENTO (ECR)	113
6.2.2.	BASEADAS EM PREVISÕES (VMI E CPFR).....	118
7.	CONCLUSÃO	121
7.1.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	122
7.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	ANEXOS.....	131
	ANEXO A. EXEMPLOS DE TELAS DO PROMODEL	132
	ANEXO B. TABELA COM OS NOMES DOS ARQUIVOS SIMULADOS.....	133

FIGURAS:

FIGURA 1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	9
FIGURA 2.1 REPRESENTAÇÃO DA CADEIA INTERNA IMEDIATA E TOTAL.....	15
FIGURA 2.2 ESTRUTURA DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	16
FIGURA 2.3 EVOLUÇÃO DAS PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO COLABORATIVO.....	24
FIGURA 2.4 REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE PRODUTOS E DE INFORMAÇÕES NO ECR.....	31
FIGURA 3.1 CUSTO ADICIONADO E VALOR AGREGADO NO PRODUTO EM CADA ETAPA DA CADEIA...	40
FIGURA 3.2 CICLO DE ATIVIDADE LOGÍSTICA.....	43
FIGURA 3.3 CICLO DO PEDIDO DETALHADO.....	44
FIGURA 3.4 COMPARAÇÃO DOS MODAIS DE ACORDO COM A REALIDADE BRASILEIRA.....	53
FIGURA 3.5 GRÁFICO DO PONTO DE RESSUPRIMENTO.....	57
FIGURA 3.6 GRÁFICO DO SISTEMA REVISÃO PERIÓDICA.....	58
FIGURA 3.7 REDE DE ENTREGA DIRETA.....	63
FIGURA 3.8 MILK RUN DE DISTRIBUIÇÃO E DE COLETA.....	64
FIGURA 3.9 ENTREGAS VIA CDS.....	65
FIGURA 3.10 ILUSTRAÇÃO DO CROSS-DOCKING.....	67
FIGURA 4.1 RELAÇÕES ENTRE OS NOVOS MÉTODOS DE ENSINO.....	72
FIGURA 4.2 CICLO DO APRENDIZADO IMERSO NAS ETAPAS DOS JOGOS SIMULADOS.....	73
FIGURA 5.1 MODELO METODOLÓGICO PARA CONCEITUALIZAÇÃO DE PESQUISAS QUANTITATIVAS.....	91
FIGURA 5.2 PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO.....	96
FIGURA 6.1 ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA COM E SEM EDI.....	113
FIGURA 6.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO PRIMEIRO MODELO.....	116
FIGURA 6.3 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO SEGUNDO MODELO.....	117
FIGURA 6.4 GRÁFICO DOS ESTOQUES E ORDENS NÃO ATENDIDAS PARA O MÉTODO VMI E CPFR.....	119

QUADROS

QUADRO 2.1 AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS PRÁTICAS E INICIATIVAS DA SCM	25
QUADRO 2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO EDI.....	27
QUADRO 2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS SOBRE A ÓTICA DO FORNECEDOR E CLIENTE DO VMI ..	32
QUADRO 2.4 PRÁTICAS DA SCM E A INFLUÊNCIA NA GD	37
QUADRO 3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DIFERENTES REDES DE TRANSPORTE.....	67
QUADRO 3.2 ESTRATÉGIAS DE DISTRIBUIÇÃO	68
QUADRO 4.1 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS DE INFORMAÇÃO NA EDUCAÇÃO	81
QUADRO 5.1 ENQUADRAMENTO DESTA PESQUISA.	93
QUADRO 6.1 DADOS GENÉRICOS DOS MODELOS.....	108
QUADRO 6.2 DEMANDA TOTAL DOS FORNECEDORES E CLIENTES	108
QUADRO 6.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DIRETA.....	109
QUADRO 6.4 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DIRETA COM MILK RUN ...	110
QUADRO 6.5 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM CD	110
QUADRO 6.6 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM CD E MILK RUN	111
QUADRO 6.7 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO CROSS-DOCKING	112
QUADRO 6.8 ELEMENTOS DOS SISTEMAS COM E SEM EDI.....	112
QUADRO 6.9 PARÂMETROS DIVERSOS DA SIMULAÇÃO COM E SEM EDI	113
QUADRO 6.10 RESULTADO DA SIMULAÇÃO COM E SEM EDI.....	113
QUADRO 6.11 VALORES DOS TEMPOS DE PROCESSAMENTO, VELOCIDADE DE ENTREGA E ESTOQUE INICIAL DE CADA ELO.	114
QUADRO 6.12 DEMANDA EM CADA PERÍODO.....	115
QUADRO 6.13 RESULTADO DE CADA TIPO DE CADEIA (ORIGINAL E ECR) E A COMPARAÇÃO	118
QUADRO 6.14 RESULTADO DE CADA CADEIA (ORIGINAL E CPFR OU VMI) E A COMPARAÇÃO	119

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM) tem representado uma nova e promissora fronteira para empresas interessadas na obtenção de vantagens competitivas de forma efetiva (PIRES, 2004). Para Lambert (2004), a SCM quebra a visão tradicional de que as empresas que participam da mesma cadeia de suprimentos funcionam como entidades isoladas uma das outras e precisam competir entre si para sobreviver. Para o autor, isso tem sido, pouco a pouco, substituído por uma visão de cooperação para competir. Por sua vez, Christopher (2001) afirma que a competição real não é feita mais entre uma empresa e outra, mas sim entre cadeias de suprimentos.

Desde então a SCM tornou-se alvo das empresas que buscam melhoria na relação entre fornecedores e clientes, visando ser mais competitiva no mercado (TROQUE, 2004). Logo, a postura da empresa perante seus clientes tende a ser cada vez mais uma fornecedora de soluções ao invés de apenas ser uma fornecedora de componentes ou produtos (PIRES, 1998).

Nesse sentido, Vollmann *et al.* (1997) destacam que o relacionamento entre empresas e clientes e, principalmente, a troca de informações entre eles, é capaz de trazer inúmeros benefícios aos envolvidos. Isso implica, de certa forma, na colaboração mútua entre clientes e fornecedores. Em outras palavras, cada elo precisa conhecer os seus clientes e seus fornecedores e a posição onde ele se encontra na cadeia para que possam agir de forma colaborativa entre eles (BOWERSOX e CLOSS, 2001). No geral, a colaboração entre os elos se traduz em um melhor atendimento ao cliente e um melhor aproveitamento dos recursos da cadeia. Entretanto, ainda existem várias questões pouco estudadas no contexto da SCM que merecem um melhor entendimento por parte do mundo empresarial e acadêmico (LAMBERT, 2004).

Isso, em parte, é devido ao fato da SCM ser um conceito muito recente e relativamente pouco difundido tanto no meio empresarial quanto acadêmico, mesmo sabendo do grande potencial que a mesma representa na redução de custos e melhoria nos serviços. Contudo isso aos poucos tem despertado a

atenção de grandes e modernas empresas (FLEURY, 1999).

Em geral, as vantagens competitivas alcançadas com a SCM têm origem na adoção de algumas práticas e iniciativas, pois elas melhoram o desempenho da cadeia que as aplicam (PIRES, 2002). Nesse sentido, Corrêa (2002) destaca as vantagens obtidas a partir da implementação do VMI (*Vendor Management Inventory*) na General Motors do Brasil.

Em paralelo, as universidades e as empresas cada vez mais buscam novas formas de ensinar melhor e que facilitem o aprendizado de temas contemporâneos e complexos como a SCM. Sabe-se que os métodos de ensino têm influência no aprendizado e evoluíram com o intuito de ensinar mais e melhor. Alguns dos novos métodos que podem ser destacados são aqueles baseados na simulação computacional como a própria simulação, o cenário, os jogos e o método case. Eles são capazes de acelerar o aprendizado, além de permitirem a criação de um ambiente sistêmico compatível com a realidade, suprimindo as necessidades do mercado que exige profissionais mais preparados e com visão sistêmica do conhecimento e do ambiente real (RIIS, JOHANSEN e MIKKELSEN, 1995a).

Neste contexto, atualmente a simulação é considerada uma das melhores ferramentas para se criar cenários, estudar ou entender sistemas, pois contribui para uma análise da realidade sem muita dificuldade (ABDURAHIMAN, *et al.*, 2000). Isso fica mais evidente quando se recorre a *software* bastante interativos e amigáveis, como é o caso do ProModel[®] que fora utilizado nesta pesquisa.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver modelos para serem simulados no software ProModel. Os modelos servirão para testar as práticas e iniciativas da SCM em realidade virtual e poderão servir para ensino e pesquisa na área. Assim, o presente trabalho foca na preparação e confecção dos modelos, podendo servir como base para trabalhos futuros, os quais, precisarão de embasamento em modelagem. Os modelos abrangem os principais elementos que caracterizam uma cadeia de suprimentos. Para tanto foram criados 6

modelos diferentes e a partir deles foram simulados 10 cenários divididos em dois segmentos: de gestão colaborativa e de sistema de distribuição. Os cenários criados têm como objetivo simular as características de algumas das práticas e iniciativas da SCM e da Logística. Os modelos foram parametrizados com dados genéricos e os resultados analisados externamente no software Excel.

Como objetivos complementares pode-se destacar a comparação feita entre os cenários simulados, podendo assim, medir, comparar e avaliar os resultados obtidos dentro de cada segmento.

1.2. JUSTIFICATIVA

Embora o número de escolas de ensino superior tenha crescido, desde da sua consolidação na metade do século passado, ela pouco evoluiu e se modernizou, deixando de proporcionar um ensino superior de qualidade (BRANDÃO, 1997). Com isso, em grande parte dos cursos de graduação e pós-graduação os alunos não experimentam noções da vida real. Koliver *apud* Figueiredo, Zambom e Saito (2001) corrobora dizendo que:

"A aquisição de habilidades em nível superior... durante o período de formação básica, isto é, de apreensão do conhecimento, é ilusória, pelo simples fato de que o treinando ainda não possui a visão global da profissão, nem ao menos em matéria de conhecimento".

Isso tende a ser mais acentuado quando o tema em questão é algo ainda pouco entendido como a SCM. Sendo assim, é pouco provável que o aluno tenha uma ampla visão sistêmica do tema resultando em baixa capacidade analítica do tema.

Bellan (2005) ainda destaca a dificuldade em ensinar adultos. Eles possuem necessidades diferenciadas de ensino, como por exemplo, os adultos são autodirecionáveis, escolhendo o que querem aprender e esperando ter responsabilidade para tomar decisões. Essas características tornam o ensino para aluno adulto algo mais desafiador. A ciência que estuda como os alunos aprendem é a Andragogia que foi descrita há quase 175 anos.

Resumidamente, a andragogia prega um modelo de aprendizagem baseada em quatro fatores (Bellan, 2005):

- entender o porquê estão aprendendo algo;
- aprender o que ajudará a solucionar seus problemas;
- estudam mais quando os benefícios ou resultados aparecem rapidamente ou são claros;
- precisam aprender experimentalmente.

Para tanto, a andragogia usa de formas de ensino que aproximam educador e aluno, como trabalhos em grupo, seminários, estudo de casos, dramatizações, auto-avaliação, etc. (Bellan, 2005). Estes métodos estimulam o aprendizado cognitivo e tenta apresentar ao aluno uma visão mais ampla do problema, o que uma aula expositiva não consegue passar.

A modelagem surge neste contexto como uma forma de criar uma visão sistêmica dentro de sala de aula. Para tanto, a modelagem de sistemas dinâmicos pode ser vista como um processo de mapeamento que utiliza gráficos, diagramas, palavras e álgebra simples e amigável para ativar e capturar conhecimentos de grupos de pessoas que atuam como equipe ou competidores (FIGUEIREDO, ZAMBOM e SAITO, 2001). Sendo assim, cria-se, na visão dos autores, uma representação de uma parte da realidade filtrada e selecionada, onde pode-se testar, desafiar e redefinir os conceitos passados anteriormente por práticas de ensinamentos convencionais.

De uma forma geral, este cenário virtual criado pela simulação, proporciona uma melhor base para o aprendizado. Desta forma, a simulação vem cada vez mais sendo usada nas mais variadas áreas de conhecimento. Os fatores que contribuíram para isso são: a crescente complexidade dos problemas, principalmente quando se pretende ter uma visão holística, entre áreas e multidisciplinar, e os avanços do microcomputador (SALIBY, 1989).

De uma forma geral a simulação computacional é uma ferramenta que possibilita a representação das variabilidades que normalmente acontecem no mundo real. Na verdade, a simulação computacional é a única ferramenta

capaz de analisar e lidar de maneira eficaz com as variações e correlações entre as variáveis de um sistema real (HARREL *et al.*, 2002). Assim, a simulação computacional é a única ferramenta que pode incluir variáveis relacionadas às atividades humanas, sendo, portanto, mais fiel à realidade (HARREL *et al.*, 2002).

Atualmente, a simulação é mais amplamente difundida nos EUA, no Japão e nos principais países da Europa Ocidental. Já no Brasil, a utilização de simulação é mais comumente utilizada em grandes empresas, mas nos últimos anos a simulação passou a fazer parte do cotidiano de médias empresas, assim como, das universidades e das escolas de nível médio (PRADO, 1999).

Isso se deve ao fato da simulação ou jogos simulados proporcionarem um aprendizado ativo. Em outras palavras o estudante deixa de aprender da forma passiva proporcionada pelos métodos tradicionais e passa a interagir com o método, passando a uma forma mais ativa de aprender (RUOHOMÄKI, 1995).

O fato da simulação ser mais utilizada nas empresas é resultado, de certa forma, da complexidade e dos custos que demanda. Isso tem implicado em uma maior utilização dos métodos baseados na simulação para treinar e não para educar (FEINSTEIN, MANN e CORSUN, 2002). A simulação tem se transformado em uma ótima ferramenta para criar e desenvolver conhecimentos para a implementação de novas tecnologias, sistemas ou procedimentos nas empresas como, por exemplo, a implementação de um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) (KAPP *et al.*, 2001). No mesmo contexto, Corrêa (2002) destaca a utilização da simulação como ferramenta para criar cenários para demonstrar a utilidade e os resultados do uso de novas práticas e iniciativas da SCM.

De uma maneira geral pode-se afirmar que a simulação de situações reais, como por exemplo, a utilizada nos Jogos Simulados (JS)¹, costuma ser usada para dois propósitos educacionais (RUOHOMÄKI, 1995):

¹ Jogos Simulados são caracterizado por simular um jogo, ou seja, uma competição em um ambiente simulado podendo ou não ser computacional.

- relatar um sistema complexo em um modelo abstrato da realidade experimentalmente em um modelo rico e concreto;
- servir como uma ferramenta de treinamento.

Já, Riis, Johansen e Mikkelsen (1995) destacam os aspectos pedagógicos dos JS, para os autores os JS possuem três dimensões pedagógicas básicas:

- criar consciência e percepção de algo;
- ensinar;
- treinar;

Perante estes aspectos, os JS têm sido sugeridos devido à visibilidade, produtividade, segurança e economia que eles proporcionam. Assim, são usados quando não há possibilidade dos estudantes conseguirem experiência no sistema ou na situação simulada na vida real. Deste modo, os JS permitem aos alunos explorar um determinado sistema que na realidade é muito caro, complexo, perigoso, rápido ou lento, etc. (RUOHOMÄKI, 1995).

Nesse sentido, Proença Júnior (2003) destaca que a vivência proporcionada pelos jogos simulados são caracterizada pela sensação de uma experiência vivida, ou seja, proporciona ao aluno uma experiência profissional ou multidisciplinar em um modelo que passa a sensação de estar vivendo a realidade. Quanto ao uso dos jogos para experimentos, o autor enfatiza a capacidade dos jogos em simular uma dada realidade que serve como “laboratório” para a aplicação e visualização de práticas reais.

Da mesma forma, os jogos simulados são considerados como um dos mais efetivos método de ensino, principalmente quando comparados com os demais métodos aqui denominados de tradicionais², principalmente quando se pretende ensinar ou passar fatos, conceitos, generalizações e a vivência da prática (GODOY e CUNHA, 1997). De certa forma, existem inúmeras variedades de métodos de ensino e de aprendizado suplementares ou

² São considerados métodos tradicionais os métodos que não estão apoiados na simulação ou são há muito tempo utilizados.

alternativos em comparação aos métodos tradicionais como aula e palestras.

No entanto, há muito tempo a utilização dos métodos de ensino baseados na simulação computacional esbarram na dificuldade de utilizar o computador. Benzing e Christ (1997) realizaram uma *survey* para levantar como estão evoluindo os aspectos de ensino nos cursos de economia nos Estados Unidos. Os autores constataram que nos últimos 5 anos as técnicas de ensino evoluíram com o uso de novas ferramentas de ensino como, projetores, computadores, entre outros. No entanto, mesmo com os avanços, apenas 14 por cento dos entrevistados usavam aparatos tecnológicos em aula. Isso é devido, segundo os entrevistados, ao fato de que o uso de novas tecnologias, principalmente as relacionadas com computadores, necessitam de habilidades extras tanto dos participantes quanto do instrutor.

Além disso, Jennings (2002) salienta que os métodos de ensino precisam ser utilizados de forma conjunta, pois os métodos complementam uns aos outros. Em outras palavras cada método de ensino estimula uma habilidade específica em cada indivíduo, e quando usados em conjunto eles proporcionam um ensino mais completo, satisfazendo um número maior de indivíduos e alcançando mais facilmente os objetivos do aprendizado.

Nesse contexto, a simulação aparece como uma ferramenta poderosa no desenvolvimento de sistemas complexos, já que a simulação é recomendada quando outros métodos, mais baratos e rápidos, não são capazes de representar bem o sistema real (HARREL *et al.*, 2002).

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação se divide em duas grandes partes. A primeira que corresponde a uma revisão bibliográfica sobre os temas: Gestão da Cadeia de Suprimentos (capítulo 2), Logística (capítulo 3), Formas de ensino baseados em simulação (capítulo 4) e Metodologia de Pesquisa e de Construção de um Modelo em ProModel (capítulo 5). Já a segunda consiste na contribuição da dissertação. Sendo assim, cabe a esta parte o capítulo 6: Conceitos e Práticas Simuladas e o capítulo 7: Considerações Finais.

A pesquisa tem início com a revisão bibliográfica sobre tema Gestão da Cadeia de Suprimentos no Capítulo 2. Este capítulo traz a definição de SCM, a

Gestão da Demanda na Cadeia de suprimentos e os *lead times* na SC e as formas de Planejamento e Gestão Colaborativa que corresponde à revisão bibliográfica que suporta a modelagem no Capítulo 6.2 (Planejamento e Gestão Colaborativa Simulada). Assim, este capítulo tem grande importância para a pesquisa, pois representa a base teórica necessária para a concepção do modelo conceitual. Já o Capítulo 3 fornece o conhecimento necessário sobre Logística (Estoque e Transporte), além de conter a revisão bibliográfica sobre as práticas de distribuição que suporta com a teoria a confecção dos modelos criados no Capítulo 6.1 (Práticas de Distribuição Simuladas). Este capítulo também tem como objetivo apresentar o ciclo de atividade logística.

O Capítulo 4 tem como objetivo discutir a origem e características da simulação computacional. Em paralelo, desenvolve-se uma pesquisa sobre modelagem e metodologia de pesquisa. A modelagem e a metodologia adotada na dissertação estão no Capítulo 5. Deste modo fazem parte deste capítulo a metodologia de pesquisa (Capítulo 5.1) e os demais tópicos correlacionados com a modelagem em ProModel (Introdução ao ProModel 5.2 e Desenvolvimento de uma Simulação 5.3).

Com base nos capítulos acima, inicia-se a criação dos modelos em ProModel das práticas e iniciativas simuladas. Desta forma, o Capítulo 6: Iniciativas e Práticas Simuladas traz as simulações as práticas e as iniciativas de acordo com os parâmetros apresentados, juntamente com os elementos de modelagem, o modelo final e os resultados alcançados.

Por fim, o Capítulo 7 traz as considerações finais, além das limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros. A Figura 1.1 ilustra a estrutura do trabalho.

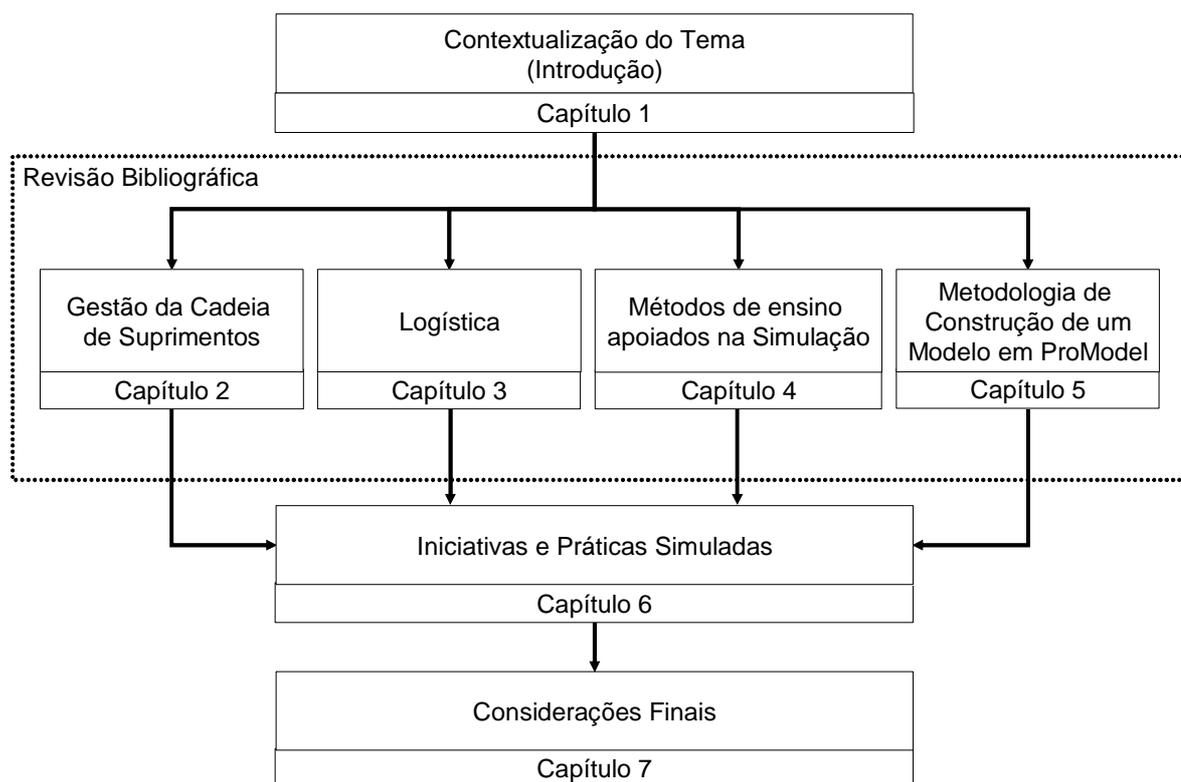


FIGURA 1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.

2. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O objetivo de desse capítulo é descrever os pontos relevantes que compõem uma cadeia de suprimento. Para tanto é descrito a forma e a estrutura de uma cadeia de suprimentos, assim como, suas funções e especificações e também os membros e os tipos de relações entre eles. Dando seqüência ao capítulo é apresentada a Gestão da Demanda na cadeia de suprimentos. Este capítulo vem descrever como uma cadeia qualquer comporta-se diante da demanda do consumidor. Por fim, são descritos os modelos de planejamento e gestão colaborativa que são simulados nos modelos confeccionados e fazem parte dos 10 cenários desenvolvidos.

2.1. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O termo SCM foi inicialmente introduzido por consultores no início da década de 80 e logo despertou o interesse do mundo acadêmico (CHRISTOPHER, 2001). Deste período até pouco tempo atrás a SCM era vista apenas como uma extrapolação da logística (LAMBERT e COOPER, 2000).

No entanto a SCM é algo bem mais amplo que a logística, pois, logo de início ela já quebra velhos paradigmas da gestão de negócios moderna, advogando que as empresas não mais competem individualmente, mas sim na forma de cadeia de suprimentos (LAMBERT *et al.*, 1998). Isso de certa forma implica na necessidade de cooperação e de integração das empresas da mesma cadeia. Nesse sentido, Simchi-Levi *et al.* (2003) salientam que apenas por meio da integração da cadeia de suprimentos é que a empresa pode reduzir os custos sem prejudicar o nível de serviço.

Diante disso, como era de se esperar, o tema SCM provocou certa confusão tanto no mundo acadêmico quanto no empresarial. Nesse contexto, Bechtel e Jayaram (1997) elaboram uma vasta pesquisa na década de 90 sobre a definição de SCM. Os autores chegaram a quatro definições que denominaram de quatro grandes escolas da SCM. Na primeira (Escola de Percepção da Cadeia Funcional – *The Functional Chain Awareness School*) os

autores que advogam sobre ela reconhecem uma cadeia de áreas funcionais onde todos os participantes, do primeiro ao último, são importantes e tem como atividade principal a movimentação de materiais. A segunda (Escola de Ligação / Logística – *The Linkage/Logistics School*) reconhece a importância de todos, mas agora começa a explorar as relações entre os elos (distribuição e produção) para a obtenção de vantagens competitivas. Já a terceira (Escola de Informação – *The Information School*) está baseada na informação. Os membros desta escola acreditam que somente com um sistema de informação eficaz a cadeia pode obter resultados promissores. Por fim, a Escola da Integração / Processo (*The Integration/ Process School*) que é mais atual e traz a melhor definição sobre SCM. Os participantes desta escola advogam que é necessário integrar as áreas de uma SC na forma de um conjunto de processos que buscam a otimização da SC, que por sua vez, tem como objetivo a satisfação do cliente final.

Essas definições, de certa forma, explicam a dificuldade em encontrar um consenso para o tema. Entretanto, nesta pesquisa é adotada a definição do *Global Supply Chain Forum* (GSCF) que é formado por um grupo de empresas não concorrentes e acadêmicos da área. O GSCF define a SCM, como:

“A SCM é a integração dos processos chaves de negócios do cliente final até o primeiro fornecedor com a intenção de fornecer produtos, serviços e informação que adicionam valor aos clientes e outros interessados.”

(LAMBERT e COOPER, 2000, pg. 66).

A definição do GSCF exprime realmente o que a SCM vem a ser. Já o entendimento de Shapiro (2001) tenta descrever os “elementos” tangíveis e intangíveis de uma SC. De qualquer forma, uma representação de uma cadeia de suprimento genérica é apresentada na Figura 2.2, página 16.

Para esta pesquisa é adotada a definição de SCM proposta por Pires (2004) que elabora uma extensa pesquisa bibliográfica acerca da denominação do termo cadeia de suprimentos. O autor argumenta que boa parte dos autores e interessados na área denomina uma cadeia como sendo uma rede de fornecedores. Na verdade, a arquitetura de uma cadeia de suprimentos é uma

rede de interligações onde os membros relacionam não de forma seqüenciada como em uma “cadeia”, mas sim na forma de uma rede. Assim, segundo o autor o termo cadeia é mais utilizado para o ramo manufatureiro, pois exprime um sentido quase que bem definido e linear das operações. Já o termo “rede” se encaixa mais adequadamente no ramo de serviços, pois para cada cliente ou serviço a SC pode variar, conseqüentemente, na maioria das vezes, isso implica na utilização ou configuração de várias cadeias (PIRES, 2004).

Assim, pode-se dizer que as empresas não se relacionam apenas na forma cliente e fornecedor, mas sim em uma rede múltipla de relacionamento, onde a SCM oferece a oportunidade de gerar sinergias nos âmbitos intra e intercompanhia a partir da integração e do gerenciamento da SC (LAMBERT, 2004).

Deste modo, genericamente pode-se descrever uma SC como sendo todos os estágios envolvidos diretamente ou não que têm como objetivo atender o cliente final (consumidor). Alguns destes estágios que compõem uma SC são (CHOPRA e MEINDL, 2003):

- fornecedores e clientes;
- transportadoras;
- depósitos ou armazéns;
- varejistas;
- consumidor;

No entanto, quando se pretende desenhar uma SC não se pode somente levar em conta os aspectos técnicos e organizacionais das empresas ou da SC, mas também é preciso estar atento aos fatores de fora da cadeia. Esses fatores influenciam diretamente a cadeia e estão interconectados. Para Shapiro (2001) alguns desses fatores são:

- Globalização;
- e-commerce;
- sistemas ERP;

- reengenharia;
- aprendizado organizacional;
- SCM integrada.

No geral, existe um entrave que via de regra dificulta a integração de qualquer SC. Este entrave diz respeito aos aspectos organizacionais. Para solucionar os problemas organizacionais as companhias redesenham os processos e revisam os incentivos aos colaboradores. Isso é feito para conseguir promover e facilitar a competitividade das empresas na SC baseada nos dados, modelos e sistemas (SHAPIRO, 2001).

Nesse sentido, Simchi-Levi *et al.* (2003) argumentam que existem dois motivos que dificultam a integração na SC, são eles:

- objetivos diferentes e conflitantes;
- todas as cadeias são sistemas dinâmicos.

O primeiro fator é explicado facilmente, pois as empresas podem e quase sempre têm interesses conflitantes. Já o segundo fator diz respeito à mutabilidade da cadeia, pois os relacionamentos, os objetivos, as metas, as preferências e assim por diante mudam ao longo do tempo.

De uma maneira geral, Coohen e Roussel (2004) sugerem cinco fatores que devem ser levados em conta na elaboração da estratégia da SC. Para os autores deve-se atentar para:

- a estratégia de operação;
- a estratégia de *outsourcing*;
- a estratégia de canal;
- a estratégia de serviço ao cliente;
- a rede de recursos.

Para os autores, esses são os cinco pontos básicos que devem ser gerenciados para alcançar a efetividade no gerenciamento da cadeia de suprimentos. A estratégia de operação diz respeito à forma de produzir ou

interagir com o mercado (MTO, MTS, ATO ETO). A estratégia de *outsourcing* diz respeito à passagem de atividades que estão fora do *core business* da empresa para empresas que possuam mais conhecimento sobre a atividade e são capazes de gerar ganho de escala. A estratégia de canal diz respeito à forma que a empresa irá executar a gestão de distribuição (direta, indireta, etc) e a forma de comunicar com o cliente (Internet, fax, telefone, etc). A estratégia de serviço ao cliente visa à obtenção de níveis de atendimento melhores sem onerar os custos. E por fim, a rede de recursos que consiste no gerenciamento dos ativos das empresas.

2.2. A ESTRUTURA DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS

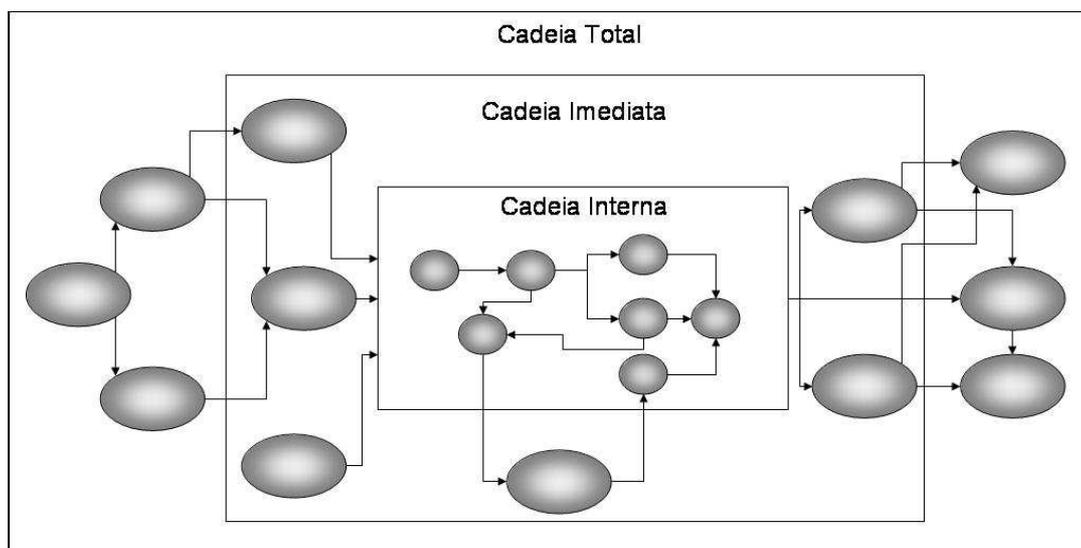
Para desenhar uma cadeia é preciso levar em conta três componentes básicos. Os componentes de uma *Supply Chain* segundo Lambert e Cooper (2000), são:

- Os membros da cadeia;
- A dimensões estruturais;
- Os diferentes tipos de processos e interações na cadeia.

A cadeia de suprimento pode ser dividida em cadeia interna, imediata e total. A SC imediata é constituída pelos elos anteriores e posteriores da empresa foco. Slack, Chambers e Johnston (2002) descrevem como sendo a rede ou cadeia imediata, as empresas que estão diretamente ligadas na empresa foco. Assim todos os fornecedores diretos e clientes diretos estão inclusos nesta classificação. Essas empresas quando bem gerenciadas podem gerar vários benefícios em termos de velocidade, confiabilidade, flexibilidade, custos e qualidade (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002). Pires (2004) vai um pouco além e diz que um bom gerenciamento e cooperação entre todos os elos relevantes e não somente os imediatos da cadeia de suprimento, podem gerar mais benefícios para a cadeia.

A cadeia interna é composta do fluxo de material e de informação entre departamentos, áreas e setores produtivos da mesma empresa. A Figura 2.1 ilustra as cadeias interna, imediata e total de um produto genérico.

Uma cadeia de suprimentos completa é aquela onde todos os membros que diretamente e indiretamente contribuem de alguma forma para o funcionamento da cadeia ou fornecem algum suporte para que o cliente final possa desfrutar do produto ou serviço que a cadeia se propõem a executar (LAMBERT, 2004). No entanto, isso provocaria uma complexidade desnecessária, uma vez que vários membros dessa cadeia não fazem parte dos processos-chaves da cadeia (PIRES, 2004).



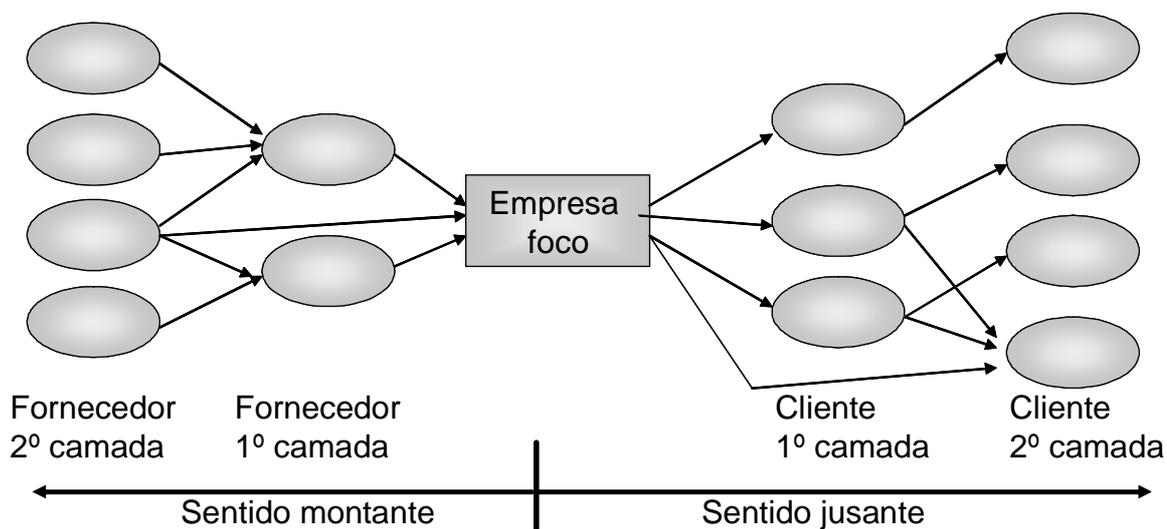
FONTE: ADAPTADO DE SLACK ET AL. (2002)

FIGURA 2.1 REPRESENTAÇÃO DA CADEIA INTERNA IMEDIATA E TOTAL

Como forma de distinguir os membros relevantes de uma SC, Lambert e Cooper (2000) classificam os membros de uma cadeia em dois tipos: Primários e de Suporte.

Os membros primários de uma cadeia são aqueles que de alguma forma contribuem para agregar valor ao produto (através de operações ou de gerenciamento), para um determinado cliente ou mercado. Em contraste, os membros classificados como de suporte, simplesmente fornecem recursos, conhecimento, utilidades ou bens para os membros primários conseguirem acrescentar valor ao produto ou serviço. Segundo Pires (2004), uma empresa pode, simultaneamente, realizar atividades primárias e de apoio para empresas de uma mesma cadeia ou mesmo realizar atividades primárias em uma cadeia e de apoio em outra cadeia.

Quanto a dimensões estruturais de uma SC, uma cadeia pode ser arquitetada em três dimensões (LAMBERT *et al.*, 1998). A primeira se refere à estrutura horizontal, onde se encontram as empresas primárias dispostas em filas (ou camadas). Assim tem-se SCs com poucas camadas ou SCs longas com várias camadas. Outra dimensão da arquitetura de uma SC é a estrutura vertical. A estrutura vertical consiste nas empresas que estão dispostas nas camadas da SC, em outras palavras é o número de elementos que estão na mesma camada da SC. E, por fim, a posição horizontal das camadas nas SCs. Essa dimensão mede a posição ou a distância que as camadas estão da empresa foco. A Figura 2.2 ilustra uma cadeia de suprimento genérica com a empresa foco no meio e os fornecedores e clientes disposto em camadas.



FONTE: LAMBERT ET AL. 1998

FIGURA 2.2 ESTRUTURA DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Assim como nem todos membros da SC devem ser gerenciados, as relações e as integrações desses membros passam por um refinamento, o qual, busca a eliminação das relações e/ou integrações que não fazem parte dos processos-chaves do produto na SC.

Neste contexto, é preciso diferenciar os recursos tangíveis dos intangíveis de uma SC. Na lista proposta por Shapiro (2001), os recursos não são puramente tangíveis ou intangíveis. Assim, existem recursos que hora ou parte são considerados tangíveis e em outra ocasião intangíveis. Para o autor

a taxonomia dos recursos é:

- Físicos;
- humanos;
- financeiros;
- TI;
- mercado;
- organizacional;
- legal.

O desafio da modelagem de uma SC é conseguir medir e avaliar os recursos intangíveis. Na visão de Shapiro (2001) os modelos de otimização aceitam explicitamente a maioria dos recursos contidos na taxonomia dos recursos. Por exemplo, os recursos físicos são facilmente representados em um modelo, assim como os recursos humanos podem ser quase totalmente representados no modelo (SHAPIRO, 2001).

O recurso Mercado pode ser ou não tangível. Neste caso, o modelo pode contemplar a demanda e o estudo do mercado tal como determinar a localização de uma nova planta ou CD (Centro de Distribuição). Por fim, os recursos organizacionais e legais. Ambos são intangíveis dificultando a sua representação (SHAPIRO, 2001).

O quanto uma cadeia de suprimentos deve ser gerenciada depende de vários fatores como a complexidade do produto, o número de fornecedores disponíveis e a disponibilidade de matéria-prima (LAMBERT e COOPER, 2000). No mesmo sentido, nem todas as relações dentro da cadeia precisam ser próximas, coordenadas, integradas e duradouras. Assim, para cada elo ou parte da cadeia existe um tipo de relação apropriada (PIRES, 2004).

Lambert e Cooper (2000), classificam os tipos de relações e/ou integrações, dos processos de negócio, como:

- Processos gerenciáveis;
- Processos monitoráveis;

- Processos não gerenciáveis;
- Processos de membros indiretos.

As interligações ou relações entre empresas membros da SC e que possuem certa importância ou relevância na agregação de valor ao produto ou serviço prestado pela SC devem ser administrados, a ponto de haver uma aproximação destes membros (LAMBERT *et al.*, 1998). Geralmente, esse processo é encontrado na relação da empresa foco com os seus clientes e fornecedores chaves. No entanto, é possível que existam relações de extrema importância da empresa foco com fornecedores e clientes de camadas diferentes do que os de primeira camada (LAMBERT E COOPER, 2000).

As relações monitoradas são aquelas que não são críticas para a cadeia, mas são relevantes para outros membros da SC e conseqüentemente relevante para a SC. Desta forma, esses processos devem ser monitorados e gerenciados apropriadamente através de um acompanhamento freqüente da empresa foco (LAMBERT e COOPER, 2000).

As integrações não gerenciáveis são aquelas que não possuem relação com a empresa foco e nem merecem atenção e disposição de recursos de monitoramento para com elas. Neste caso, a integração e gerenciamento dessas relações são de responsabilidade das empresas envolvidas (LAMBERT, 2004).

E por fim, as integrações dos não membros da SC. Geralmente, eles não fazem parte da agregação de valor da cadeia ou do produto. Desta forma, a integração ou gerenciamento deles devem ser cuidadosamente estudadas, pois podem-se gastar muitos recursos desnecessariamente sem que haja um retorno satisfatório (PIRES, 2004).

A integração da cadeia de suprimentos expõe certos *trade-off*. Em suma, a SCM busca a redução dos principais *trade-offs* presentes em uma SC, tais como (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003):

- tamanho do lote versus nível dos estoque;
- custo de estoque versus custo de transporte;

- *lead time* versus custo de transporte;
- variedade de produtos versus estoque;
- custo versus serviço ao cliente.

Até aqui este capítulo tratou da definição de SCM e de como mapear uma cadeia qualquer, dando ênfase aos principais fatores que compõem uma SC. Assim, do que foi tratado até aqui é possível desenhar e modelar as SC. Este conhecimento será muito útil na criação dos modelos das práticas e iniciativas da SCM e Logística simuladas. No entanto, ainda é preciso tratar dos tempos da SC. O *Lead Time* é um dos fatores que tornam a cadeia de suprimento algo de difícil compreensão, além de ser algo que desperta muito interesse, pois é alvo de grande parte das melhorias em busca de redução nos custos.

LEAD TIMES NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Dentre outros fatores que influenciam a compra do produto ou serviço pelo consumidor está o nível de atendimento. No caso de produtos MTS (*Make to Stock* – Feitos para estoque) o nível de serviço é determinado pela disponibilidade do produto, ou seja, pela capacidade de se produzir e entregar mais rapidamente que o consumo do produto, no caso de produtos MTO (*Make to Order* – Feitos sobre encomenda) o nível de serviço é determinado diretamente pela capacidade de produzir e entregar no prazo combinado. Deste modo, os tempos de produção e entrega ao longo da cadeia são muito importantes na obtenção de vantagem competitiva sobre os concorrentes, pois podem fazer a diferença na escolha do cliente.

Nesse sentido, Christopher (2001) apresenta os fatores que pressionam os mercados relacionados ao tempo. São eles:

- redução dos ciclos de vida do produto – com a redução no tempo de lançamento de novos produtos e serviços às empresas precisam gerenciar adequadamente o desenvolvimento, a fabricação e os processos logísticos dos produtos, pois isto aumenta o risco de obsolescência e ainda diminui o tempo para obtenção de lucro;

- redução dos estoques – as empresas estão cada vez mais empenhadas em diminuir os estoques de matéria-prima, produtos semi-acabados e acabados para reduzir o capital gasto com os estoques. No entanto, sabe-se que a redução dos *lead times* correlacionados com o produto provocam melhores resultados sem aumentar os riscos de falta de estoque;
- mercados voláteis e previsões de vendas pouco confiáveis - os mercados voláteis provocam erros nas previsões, mesmos quando feitas com técnicas e modelos avançados. As empresas que utilizam as previsões estão sujeitas a erros na produção e, conseqüentemente, a um aumento no *lead time* de compra e de produção.

De qualquer forma a redução dos *lead times* trazem inúmeros benefícios, tais como (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003):

- diminuição do tempo de entrega dos produtos MTO e MTS;
- redução do defeito chicote;
- previsões mais precisas;
- redução nos níveis de estoque.

Como visto os *lead times* são muito importantes e decisivos na obtenção de um desempenho melhor da SC. Da mesma forma os *lead times* têm enorme influencia na Gestão da Demanda da cadeia de suprimento, pois eles são responsáveis por reduzir o efeito chicote, melhorar a previsão da demanda e o nível de atendimento. Nesse contexto, o próximo capítulo detalha a relação existente entre a Gestão da Demanda (GD) e a SCM, além de descrever como funciona a GD na SC.

2.3. GESTÃO DA DEMANDA NA SCM

A Gestão da Demanda (GD) é um processo que visa orientar a empresa de como deve ser toda a produção e a gestão de inventário, tendo como foco o atendimento ao cliente (VOLLMANN *et al.* 1997). Para tanto, necessita de uma abordagem integradora e multifuncional unindo áreas e ações da manufatura (TROQUE e PIRES, 2003).

Assim, dentro do contexto da Gestão da Produção, o processo de GD é

possivelmente o mais importante, especialmente para o PCP (Planejamento e Controle da Produção), pois a GD é responsável, dentre outras funções, por identificar as fontes de demanda existentes que compõem a informação inicial para o PCP (CORRÊA *et al.* 2001).

Corrêa *et al.* (2001) apontam como sendo as principais atividades da GD a previsão de vendas, a comunicação com o mercado, a influência sobre a demanda, as promessas de prazos e a alocação e priorização de pedidos. Vollmann *et al.* (1997) acrescentam a esta lista a logística, a administração das ordens e a integração com o cliente. Essa lista de atividades deixa claro que a função primária da GD é a integração de áreas dentro da empresa e a integração da empresa com seus clientes e fornecedores. Deste modo, no âmbito de uma SC integração significa a colaboração dos agentes que compõem a demanda e o fornecimento de matéria-prima (fornecedores de primeira, segunda camada, etc). Isso fica mais claro quando Slack *et al.* (2001) dizem que a GD aproxima fornecedores e clientes na cadeia, aloca pedidos de acordo com a estratégia da empresa, além de poder influenciar a demanda de acordo com as necessidades da cadeia.

A Gestão da Demanda na SC envolve a determinação dos estoques ao longo da cadeia para minimizar a influência da variabilidade da demanda e aumentar a disponibilidade de produtos e serviços ao cliente (LAMBERT *et al.*, 1998). Desta forma a GD proporciona um equilíbrio entre as necessidades do cliente com a capacidade produtiva da cadeia. Para tanto, uma boa GD utiliza-se de dados dos pontos-de-venda e dos clientes chaves para reduzir as incertezas e fornecer um eficiente fluxo na SC (TROQUE e PIRES, 2003).

Assim, em uma cadeia de suprimentos a GD tem como objetivo orientar o fluxo de informação da demanda ao longo da cadeia no sentido montante (PIRES, 2004). Um processo de GD bem desenvolvido, que aborde o relacionamento entre empresas e clientes e, principalmente, a troca de informações entre eles é capaz de trazer inúmeros benefícios. Esses benefícios se traduzem em um melhor atendimento ao cliente e um melhor aproveitamento dos recursos da manufatura. Deste modo, cada elo da cadeia

precisa conhecer os seus clientes e seus fornecedores e a posição onde ele se encontra na rede para que possam agir de forma colaborativa entre si (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Em paralelo, Dyer e Singh (1998) destacam que algumas vantagens competitivas somente são obtidas através das relações de parcerias ou alianças entre empresas da mesma SC ou, mesmo, entre empresas de outras cadeias.

No caso de parceria na mesma SC, McCarthy e Golic (2002) salientam que uma previsão de vendas colaborativa possibilita uma redução nos estoques, aumenta a disponibilidade do produto e diminui os custos associados de transação.

Entretanto, mesmo com a colaboração entre os elos na cadeia, existem distorções na previsão de vendas. Estas distorções são conhecidas como Efeito Chicote. Tal efeito é responsável pelo aumento dos inventários ao longo da cadeia, por um baixo nível de serviço (devido ao alto índice de ordens não atendidas) e por altos gastos devido às mudanças na programação da produção no curto prazo (LEE *et. al.*, 1997a).

Para Lee *et. al.* (1997b) o Efeito Chicote leva à ampliação das ordens ao longo da cadeia no sentido montante. Em outras palavras, existe uma crescente propagação dos erros nas previsões de venda ao longo da cadeia inflacionando os pedidos e, por conseguinte, os estoques. Inicialmente, as causas desse efeito eram atribuídas ao processo decisório das pessoas ou departamentos responsáveis pela compra de materiais. Contudo, as causas das variações podem até ser atribuídas aos agentes que tomaram as decisões de forma irracional, ou seja de forma despreocupada ou sem muita atenção, mas pode-se demonstrar que o efeito chicote é atribuído basicamente às decisões racionais e, principalmente, à estrutura da cadeia de suprimento (LEE *et. al.* 1997a).

Lee *et. al.* (1997a) apontam as quatro maiores causas do efeito chicote como sendo a falta de uma previsão de vendas atualizada, as variações no preço do produto, o processamento de ordens e o jogo de racionamento. E

como resposta Lee *et. al.* (1997b) apontam como necessário um compartilhamento de informações como, por exemplo, informações da demanda e dos estoques, uma coordenação das ordens por parte do varejo e a simplificação dos preços e das promoções na cadeia. Em outras palavras, para amenizar de forma efetiva o efeito chicote é necessário que se aplique a GD na SC, e segundo os autores, que a coordenação seja feita pelo varejo, ou seja, o primeiro elo da cadeia.

No mesmo sentido, Mason-Jones *et al.* (2000) acrescentam que a melhor forma de amenizar o efeito chicote é através de um sistema de informação eficiente e transparente e, também através da redução do *lead time*, pois a integração do fluxo de material e informação minimiza os estoques na cadeia, a distorção na demanda e o *lead time* ao longo da cadeia. Deste modo, a incorporação das atividades da GD contribuem para a redução do efeito chicote e ainda colabora para melhorar o nível de serviço da cadeia, além de proporcionar uma significativa redução no nível de estoque ao longo da cadeia (TROQUE e PIRES, 2003).

Outra iniciativa que pode contribuir para a redução do efeito chicote é a divisão da cadeia de suprimentos em duas partes. Para tanto, cria-se um ponto de desacoplamento (*decoupling point*). À montante desse ponto, as empresas da cadeia se apóiam na previsão de vendas para programar a produção e a jusante dele, as empresas contam com pedidos confirmados, ou seja, produz sob pedido para realizar o planejamento da produção (CHRISTOPHER, 2000).

Christopher (2000) apresenta algumas vantagens obtidas por esta prática. São elas:

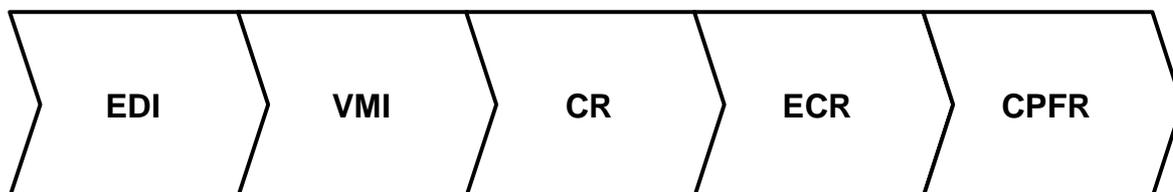
- Os estoques são mantidos no início da cadeia na forma de produtos genéricos de menor valor agregado;
- Possibilita o uso dos produtos genéricos para montar vários módulos diferentes que resulta em um número maior de produtos finais, diminuindo, assim o índice de obsolescência;
- As previsões de vendas para produtos genéricos usualmente são mais

fáceis de determinar do que produtos customizados, facilitando assim a programação da produção.

A seguir são apresentadas as práticas e iniciativas da SCM que são embasadas no Planejamento e Gestão Colaborativa. Este capítulo tem como objetivo apresentar a revisão bibliográfica que servirá de base na construção dos modelos em ProModel.

2.4. PLANEJAMENTO E GESTÃO COLABORATIVA

Este capítulo trata da gestão colaborativa em diversos níveis. McCarthy e Golic (2002) dizem que na literatura existem duas categorias de colaboração da previsão da demanda. A primeira ocorre internamente nas empresas, enquanto que a segunda ocorre entre empresas da mesma cadeia ou, em outras palavras, entre os parceiros da cadeia. Essa colaboração segue a ordem crescente do nível de colaboração descrita por Pires (2004). A Figura 2.5 ilustra essa ordem. No entanto, vale a pena ressaltar que essa ordem não é consensual e definitiva, principalmente, em relação ao VMI (*Vendor Managed Inventory*) e ECR (*Efficient Consumer Response*) (PIRES, 2004).



FONTE: ADAPTADO DA BUSINESSWEEK APUD PIRES (2004).

FIGURA 2.3 – EVOLUÇÃO DAS PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO COLABORATIVO

Em suma essas práticas baseiam-se na parceria entre os elos da cadeia. A parceria entre os elos nem sempre é fácil, pois as empresas da cadeia têm diferentes interesses e metas. No entanto, quando as empresas da cadeia pretendem estabelecer uma parceria, ela deve ser baseada numa relação ganha-ganha (CORRÊA, 2002).

O EDI (*Electronic Data Interchange*) é uma ferramenta de comunicação, deste modo, ele pode ser visto como uma forma de conectar as empresas

parceiras na SC. Nesse sentido, pode-se colocar, no mesmo patamar de outras formas de comunicação eficiente como, por exemplo, a Internet. Porém, para esta pesquisa é detalhado na íntegra apenas o EDI. No entanto, as principais diferenças entre a Internet e o EDI são ressaltadas. Já as demais modalidades são conhecidas como programa de resposta rápida (WANKE, 2004). Elas possuem em comum o foco no cliente e a busca incessante de agilidade na resposta às necessidades do mercado.

Essas práticas podem ser aplicadas em qualquer posição da cadeia de suprimentos, mas elas são mais comumente empregadas entre os elos fabricante e varejista (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). Tanto é que os autores as chamam de parcerias varejista-fornecedor.

Para Wanke (2004) as práticas ECR e CRP (*Continuous Replenishment Program*) visam o ressuprimento enxuto e constante (sistema puxado), sendo assim, possui uma maior ênfase na distribuição. Já as práticas CPFR (*Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment*), QR (*Quick Response*) e VMI têm como características a previsão de vendas compartilhada entre os elos com uma maior ênfase na produção. O Quadro 2.1 descreve cada prática quanto à responsabilidade da decisão de reposição, como é decidido a reposição, a quem pertencem a posse dos produtos e como o fornecedor utiliza as informações da demanda passada pelo elo à frente.

	Práticas e Iniciativas	Quem decide a reposição	Como decide a reposição	Propriedad e dos estoques	Como o Fornecedor utiliza os dados da demanda
Baseadas no reabastecimento	ECR	Fornecedor	Com base na posição de estoque que é decidido em conjunto	Fornecedor e Cliente	Atualiza posição de estoque e modifica nível de reposição em conjunto com o varejo
Baseadas na previsão de vendas	CPFR	Fornecedor	Com base na posição de estoque que é decidido em conjunto	Fornecedor e Cliente	Aprimora previsão de vendas e sincronização das operações com participação do cliente
	VMI	Fornecedor	Com base na necessidade líquida projetada	Fornecedor e Cliente ou consignado	Gera previsões de vendas e projeta necessidade líquida

FONTE: ADAPTADO DE WANKE (2004).

QUADRO 2.1 AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS PRÁTICAS E INICIATIVAS DA SCM

2.4.1. EDI (ELECTRONIC DATA INTERCHANGE)

O EDI (*Electronic Data Interchange* – Troca eletrônica de dados) surgiu nos EUA com a finalidade de agilizar e facilitar a troca de dados entre parceiros (PIRES, 2004).

Owens e Levary (2002) descrevem o EDI como sendo a troca de informação eletrônica e a estocagem de dados entre empresas conectadas. Os mesmos autores destacam como sendo as principais vantagens desse sistema: a melhora na eficiência dos empregados e do setor envolvido, a redução do tempo de comunicação e a diminuição dos erros e dos custos. Lee *et al.* (1999) salientam que o EDI é uma ferramenta que pode diminuir o nível de inventário e o número de ordens não atendidas. Isso se deve particularmente à troca de informação por estoque. Essa troca é efetivada pelo uso do EDI, pois o mesmo pode transacionar agilmente uma grande quantidade de dados. Nesse sentido, os autores também destacam a possibilidade do EDI minimizar o efeito chicote na cadeia.

A conexão via EDI ocorre entre os computadores que estão conectados a uma rede dedicada, ou seja, as empresas são conectadas diretamente (ANGELES, 2000). Deste modo, tradicionalmente, cada cadeia ou grupo interligado por este método desenvolve o próprio padrão de comunicação. Isso de certa forma ajuda a tornar esse método mais seguro quanto ao desvio de informação, mas ao mesmo tempo, inviabiliza a entrada de outros participantes sem que estes adquiram o mesmo padrão de *hardware* e *software* (ANGELES, 2000).

Devido aos custos de implementação e gerenciamento da rede como um todo e a dificuldade em executar e atualizar os protocolos de comunicação (protocolos de comunicação são regras que devem ser seguidas entre os usuários para que possa ser estabelecido uma comunicação uniforme e aceitável por todos) surgiu os “provedores” de EDI. Os chamados VANs (*Value Added Networks* – Redes Adicionadoras de Valor) que facilitaram e reduziram os custos de utilização e aquisição do sistema EDI dos benefícios do EDI, porém a um custo menor tanto de aquisição (*hardware*) quanto de

padronização da comunicação (*software*). No entanto, os participantes de um VAN estão restritos a ela, pois a comunicação entre VANs ainda é um obstáculo tecnológico a ser vencido (PIRES, 2004). O Quadro 2.2 ilustra as vantagens e desvantagens do EDI.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Melhor comunicação e precisão dos dados transacionados ➤ Acesso rápido à informação ➤ Melhor aproveitamento dos dados ➤ Diminuição dos custos relacionados ➤ Redução dos Lead times ➤ Redução dos estoques ➤ Maior agilidade na tomada de decisões 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necessidade de padronização ➤ Altos custos de implementação ➤ Treinamento extra para os usuários ➤ Baixa flexibilidade do sistema

FONTE: ADAPTADO DE MACKAY E ROSIER APUD PIRES (2004)

QUADRO 2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO EDI

Da mesma forma, a Internet vem a proporcionar comunicação entre os envolvidos. No entanto, a Internet se caracteriza por possuir uma interface mais simples e amigável (PIRES, 2004).

A comunicação pela Internet é considerada como de fácil acesso, baixo custo e rápida (PIRES, 2004). O uso da Internet para conectar pessoas e empresas fez com que surgisse novas formas de relacionamento entre empresas e entre empresas e consumidores (SHAPIRO, 2001).

Chopra e Meindl (2003) destacam as vantagens da Internet sobre o EDI. Para os autores a Internet pode ser acessada de qualquer lugar (não necessita de padronização de *hardware* e *software*) e transmite muito mais informação. Essa qualidade, segundo os autores, possibilitam uma maior visibilidade da informação. Porém a Internet, por ser aberta a todos deixa as informações mais vulneráveis a perda e desvio (PIRES, 2004).

Dentre as possibilidades de utilização da Internet o *e-commerce*, atualmente, se destaca na relação consumidor-fornecedor, viabilizando negócios (principalmente compra de produtos manufaturados) com o consumidor final. Esta prática possibilitou um melhor entendimento do consumidor final, além de alavancar novos mercados. Deste modo, isso provocou mudanças no comportamento das empresas tanto na forma de

vender como na forma de se relacionar com o mercado. Estas mudanças podem ser resumidas segundo Shapiro (2001), em:

- Inventar novas formas, principalmente gráficas de atrair o consumidor;
- descobrir os critérios importantes do mercado que afetam diretamente os custos e a demanda na SC;
- alcançar novos mercados;
- identificar demograficamente os consumidores;
- criar e desenvolver serviços para os clientes;
- criar estratégias para manter o cliente;
- selecionar o número de produtos que possam ser vendidos e suportados pela SC;
- conectar as vendas *on-line* com o estoque;
- suportar compras seguras para os clientes.

Para a criação da simulação são adotados os parâmetros e variáveis adotados por Owens e Levary (2002). Os autores elaboraram uma simulação baseada no suprimento de matéria-prima para uma determinada indústria alimentícia. No entanto os autores só fazem uma simulação baseada na diminuição do ciclo de atendimento logístico e na confiabilidade do sistema. Isso, de certa forma está correto, porém é preciso destacar que o EDI e a Internet vão além de uma simples ferramenta de TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação), pois proporcionam uma maior integração dos parceiros na cadeia. No entanto, essa integração não é tão simples, pois precisa que certas barreiras sejam quebradas. Uma delas é a confiança mútua entre os parceiros que agora precisam trocar informações que antes eram vistas como sigilosa (PIRES, 2004).

As demais práticas da gestão colaborativa são divididas em dois grupos: as baseadas na previsão (CPFR, VMI) e a baseada no reabastecimento (ECR) (WANKE, 2004).

2.4.2. GESTÃO COLABORATIVA BASEADA NO REABASTECIMENTO

A lógica do ECR está baseada na sistemática do QR (*Quick Response* – Resposta rápida). O QR utiliza as informações dos pontos de vendas para sincronizar os processos na SC (WANKE, 2004). Essa prática teve origem no setor têxtil e confecções nos EUA (PIRES, 2004). Ela tem como objetivo responder rapidamente a demanda real do produto. Com isso, reduz-se o tempo de resposta e permite a redução dos níveis de estoque (ZAIRI, 1998).

O ECR (*Efficient Consumer Response* – Resposta Eficiente ao Consumidor) possui um lógica simples que está centrada na Gestão da Demanda e na comunicação rápida (por exemplo, EDI) (PIRES, 2004). Esta prática utiliza técnicas tal como sistema de código de barras, scanners, Tag, EDI, Internet, entre outros, para acompanhar o nível de estoque no cliente que será repostado assim que atingir o ponto de ressuprimento (PIRES, 2004). Desta forma, o controle necessário para garantir o perfeito funcionamento do sistema de ponto de ressuprimento é alcançado (BOWERSOX E CLOSS, 2001). Com isso, é possível melhorar o atendimento reduzindo estoques e custos logísticos (ZAIRI, 1998). Nesse sentido, Pires (2004) salienta que o ECR é um bom exemplo que o *Trade-off* entre o nível de atendimento e custos logísticos podem ser quebrados.

Além disso, o ECR tem um papel importante no conhecimento do mercado, pois ele diz com grande acerto o que o mercado está querendo tanto referente ao mix de produto quanto ao volume demandado (ZAIRI, 1998).

Nesse sentido, Barratt e Oliveira (2001) apontam os principais benefícios do ECR:

- é um facilitador nas alterações de preços na SC, possibilita um planejamento conjunto da demanda;
- aproxima o fornecedor da demanda real, além de facilitar o controle de estoque e permitir o uso de técnicas mais precisas e econômicas de controle de estoque;
- possibilita uma identificação do mix de produtos que o mercado deseja;

- colabora com a introdução de novos produtos através de dados relevantes como demanda, tendências, preferências do público alvo, etc.

Para tanto, o ECR está focado em 4 estratégias que visam exclusivamente o abastecimento de produtos (novos ou não) o mais rápido possível. Para Hong (2001) as quatro estratégias do ECR são:

- introduzir novos produtos de acordo com a preferência mutante do mercado;
- prover um melhor sortimento de produtos com um nível de serviço compatível com as necessidades do mercado;
- promover promoções eficientes para toda a cadeia;
- repor produtos rapidamente.

O mesmo autor destaca as principais dificuldades em implementar o ECR. Para ele as principais dificuldades são:

- a falta de comprometimento dos responsáveis pela SC;
- a falta de conhecimento da prática;
- a necessidade de investimento em tempo e recursos;
- a necessidade de adaptação dos sistemas de informações dos envolvidos;
- a falta de pessoas qualificadas para implementar o ECR;
- a falta de um sistema adequado de custeio que possa avaliar os benefícios do ECR.

O autor salienta que uma forma de contornar o problema com o sistema de custeio é adotar a técnica de custeio ABC, pois este sistema consegue encontrar o custo real, determinar a rentabilidade do produto e é capaz de expor as atividades que não agregam valor.

A Figura 2.4 ilustra como uma cadeia transaciona a informação e os produtos quando adota o sistema ECR

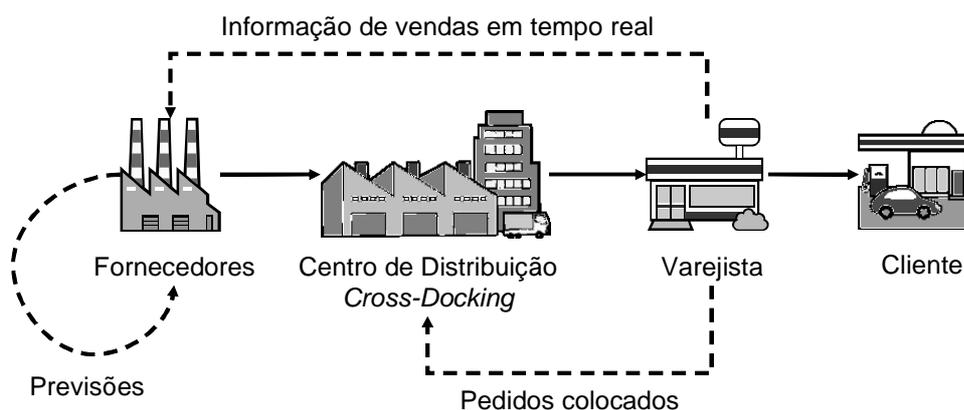


FIGURA 2.4 REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE PRODUTOS E DE INFORMAÇÕES NO ECR

FONTE: ADAPTADO DE WANKE (2004)

2.4.3. GESTÃO COLABORATIVA BASEADAS EM PREVISÕES

As práticas baseadas na previsão de vendas têm como característica empurrar os produtos no sentido jusante da cadeia de suprimentos, ou seja, as mercadorias são empurradas no sentido do cliente. Para tanto, os membros da cadeia baseiam-se em previsões de venda para formular o pedido. Sendo essa a característica mais marcante desse grupo (WANKE, 2004).

Para uma melhor comparação entre os modelos de Gestão Colaborativa baseada no Reabastecimento e de Gestão Colaborativa baseada na Previsão será desenvolvido apenas um modelo em ProModel que sofrerá apenas as modificações necessárias para caracterizar uma ou outra prática estudada. Assim têm-se um modelo e quatro cenários.

2.4.3.1. VENDOR MANAGED INVENTORY

O VMI (*Vendor Managed Inventory* – Estoque Gerenciado pelo Fornecedor) é uma prática que envolve a colaboração entre cliente e fornecedor. Nela o fornecedor assume a responsabilidade pelo planejamento e administração do inventário do cliente, baseado num contrato de serviço de reposição. Ou seja, o fornecedor torna-se uma extensão do departamento de administração de materiais do cliente. (POHLEN e GOLDSBY, 2003).

Para tanto, é preciso estabelecer uma estrutura de comunicação, a qual,

pode ser baseada em um sistema de informação de alta tecnologia como o EDI e a Internet (rápido e preciso) ou simples como telefone, fax e e-mail (PIRES, 2004).

O VMI é uma boa ferramenta para combater o efeito chicote na cadeia (DISNEY e TOWILL, 2003). Para os autores o VMI combate o efeito chicote por dois motivos. O primeiro por eliminar um “agente de tomada decisão”, como por exemplo, o departamento da empresa cliente. Segundo, por evitar atrasos na transmissão e elaboração do pedido. Assim reduz a “marginalização dupla” (entenda-se efeito chicote) o VMI provoca uma diminuição dos estoques e um aumento do nível de serviço, conseqüentemente, aumenta a lucratividade da cadeia (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Nesse modelo de gestão o fornecedor passa a gerenciar de forma centralizada, elaborando a previsão de vendas de forma agregada. Corrêa (2002) destaca que o distribuidor ou o fabricante que gerencia o estoque de forma centralizada, executa uma previsão agregada da demanda muito melhor que qualquer outro elo.

Wanke (2004) destaca que a lógica do VMI é semelhante à lógica do DRP. Porém a principal diferença é que no VMI os parâmetros de reposição são definidos pelo fornecedor, enquanto que no DRP cada cliente define o que vai comprar.

O Quadro 2.3 descreve as vantagens e desvantagens do VMI sobre a perspectiva do fornecedor e do cliente.

	Empresa Fornecedora	Empresa Cliente
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Melhor atendimento e maior fidelização do cliente ➤ Melhor gestão da demanda ➤ Melhor conhecimento do mercado 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor custo dos estoques e capital de giro ➤ Melhor atendimento por parte do fornecedor ➤ Simplificação da gestão dos estoques e das compras
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Custo de estoque mantido no cliente ➤ Custo da gestão do sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Maior dependência do fornecedor ➤ Perda do controle sobre seu abastecimento

FONTE: ADAPTADO DE PIRES (2004)

QUADRO 2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS SOBRE A ÓTICA DO FORNECEDOR E CLIENTE DO VMI

Corrêa (2002) destaca que o VMI encurta as distâncias entre as empresas. O autor argumenta que o VMI disponibiliza mercadorias em um tempo menor e ainda descarta as incertezas decorrentes do ciclo logístico, pois como os estoques estão no cliente as incertezas e os problemas no pedido e na entrega desaparecem.

O mesmo autor acrescenta os quatro elementos necessários para que o VMI seja efetivado, principalmente onde as incertezas no ciclo do logístico são grandes, são:

- conhecer a demanda o mais próximo do cliente final;
- ter acesso constante às informações via TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação);
- possuir conhecimento sobre modelos de controle de estoque, de previsão de vendas e de processos logísticos, para que possa utilizá-los para cada tipo de cliente, produto, mercado, demanda, etc.;
- possuir pessoas capacitadas para gerenciar o processo como um todo e ainda conseguir superar as condições adversas impostas pelo ambiente competitivo.

Simchi-Levi *et al.* (2003) destacam as principais etapas da implementação do VMI. Para os autores é necessário obedecer à ordem dos seguintes passos:

- negociar os termos contratuais;
- desenvolver um sistema de comunicação integrado
- desenvolver técnicas eficazes de previsão da demanda;
- desenvolver uma ferramenta tática de apoio à decisão da política de transporte e de estoque na cadeia.

Corrêa (2002) faz uma analogia com pilares de sustentação para destacar os principais pontos que a General Motors (GM) usou para implementar o VMI. Os pilares segundo a pesquisa são:

- uso de operador logístico

- infra-estrutura de comunicação;
- padronização do sistema de gestão;
- políticas comerciais favorecendo o varejo;
- treinamento e desenvolvimento.

A seguir será discutido a prática CPFR e criado o modelo que representará as práticas e iniciativas de colaboração baseadas na previsão de vendas.

2.4.3.2. COLLABORATIVE PLANNING, FORECASTING, AND REPLENISHMENT

O CPFR (*Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* – Planejamento, Previsão e Reposição / Reabastecimento Colaborativo) é considerado uma evolução do ECR e CR. Este processo tem como grande virtude executar as atividades como planejamento e previsão da demanda de forma colaborativa entre os membros da mesma SC (PIRES, 2004).

Essas características tornaram o CPFR uma ferramenta completa no tocante à gestão, especialmente na gestão colaborativa. Assim, Barratt e Oliveira (2001), destacam as principais características que tornam esse método uma ferramenta única, são elas:

- a extensão dos efeitos das alterações no preço do produto ou serviço na cadeia e nos estoques na hora de fazer a previsão da demanda;
- a influência no comportamento da demanda na cadeia e nos estoques;
- o uso de estoque para manter o nível de serviço;
- a falta de coordenação entre os participantes;
- a falta de sincronização/integração entre os processos na SC;
- a união dos diversos métodos de previsão usados na mesma empresa ou SC.

Pires (2004) relata os mais relevantes benefícios gerados pela prática do CPFR, encontrados na literatura, como:

- ciclo logístico mais previsível;
- carregamento e despachos menores;
- melhor comunicação e troca de dados;
- padronização do formato da comunicação;
- possibilidade da empresa postergar a finalização dos produtos na cadeia e trabalhar com o sistema ATO;
- aumento no nível de serviço;
- diminuição dos custos de estoques sem perdas no atendimento (falta de estoque) e estoque em excesso;
- maior integração na SC.

No entanto, é preciso destacar que somente é possível alcançar os benefícios do CPFR com uma parceria do tipo ganha-ganha e em um ambiente onde as partes sintam-se à vontade em trocar informações. No Brasil a relação ganha-ganha e a confiança entre os parceiros são prejudicados devido aos aspectos culturais (VIEIRA e YOSHIZAKI, 2004).

Isso fez com que o Comitê ECR Brasil (órgão responsável pela disseminação das práticas colaborativas como o CRP e o VMI) apresentasse uma cartilha com os passos de implementação do CPFR com adaptações a realidade brasileira (VIEIRA e YOSHIZAKI, 2004). Nela, os nove passos da cartilha internacional foram adaptados em cinco passos que obedecem a seguinte ordem:

- alinhamento estratégico
- planejamento tático,
- planejamento da demanda
- planejamento da reposição
- reposição

Por fim, é preciso destacar as limitações do CPFR. Essas limitações, segundo McCarthy e Golic (2002), são:

- exigência de aparatos tecnológicos para efetivar a comunicação;

- dificuldades em trocar dados em tempo real;
- alto investimento em pessoas e consumo de tempo;
- necessidade em investimento para manter em operação o sistema;
- falta de ganho de escala;
- mudanças na cultura dos participantes.

As práticas de gestão colaborativa têm como característica central a influência direta do consumidor. Desta forma, essas práticas estão intimamente interligadas com a gestão da demanda. Troque e Pires (2003) descrevem a influência da implantação de algumas práticas da SCM na GD. O Quadro 2.4 traz as práticas da SCM juntamente com a influência percebida na GD.

Este capítulo tratou dos assuntos relativos da Gestão da Cadeia de Suprimentos. A partir desta revisão bibliográfica é possível construir os modelos. No entanto, ainda é preciso conhecer os aspectos Logísticos de uma SC. Deste modo o próximo capítulo trata destes aspectos (estoques, transporte e distribuição).

Práticas da SCM	Influência na GD
<p><i>Electronic Data Interchange</i> (EDI) – Representa a troca de informação via rede dedicada e o processamento dos dados eletronicamente.</p>	<p>Este sistema proporciona uma agilidade na resposta do consumo, minimizando a antecipação da demanda e, conseqüentemente, de parte das previsões. Além de reduzir o nível de incerteza ao longo da cadeia produtiva.</p>
<p><i>Vendor Managed Inventory</i> (VMI) - Esta prática está relacionada com a consignação de mercadorias entre fornecedor e cliente. E ainda sugere uma administração conjunta do estoque.</p>	<p>Esta prática aumenta o nível de serviço ao cliente, proporciona um aumento na aproximação entre cliente e fornecedor, diminui estoques e de certa forma cria uma dependência do cliente ao fornecedor.</p>
<p><i>Efficient Consumer Response</i> (ECR) – Esta prática consiste no reabastecimento dos estoques no cliente de acordo com os dados de venda em tempo real.</p>	<p>Aprofunda a relação cliente-fornecedor, além de viabilizar um mecanismo de resposta rápida à demanda real, diminuindo a parcela de previsão de vendas e aumentando a parcela de pedidos de reposição, ou seja, trabalhando com a demanda real.</p>
<p><i>Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment</i> (CPFR) – Esta prática unifica o planejamento da demanda e o de suprimentos, coordenando-os de forma conjunta. Além de executar coletivamente a previsão de vendas e o planejamento de inventário. Para tanto se faz o uso de compartilhamento de informações nos dois sentidos.</p>	<p>Esta prática se ajusta perfeitamente com as atividades da GD discutidas anteriormente, pois as atividades como planejamento da produção, previsão de vendas e logística, além de compartilhamento de informações, como, por exemplo, promoções, objetivos de negócios, estoques, desenvolvimento de produtos, etc., são compartilhadas e discutidas conjuntamente.</p>

ADAPTADO DE: TROQUE E PIRES (2003)

QUADRO 2.4 PRÁTICAS DA SCM E A INFLUÊNCIA NA GD

3. LOGÍSTICA

A logística vem passando por profundas transformações desde seu surgimento na era artesanal, mas principalmente na última década ela passou a ser o foco das organizações que buscam vantagens competitivas. Entretanto, Ballou (2001) destaca que em algumas regiões do mundo ainda a logística do período artesanal é praticada. Bowersox e Closs (2001) e Hong (2001) dividem a evolução da logística em três períodos: antes da década de 50; entre a década de 50 e 90 e depois da década de 90. As duas primeiras fases são caracterizadas pela evolução da logística principalmente nos aspectos quantitativos e mais tarde nos aspectos econômicos, mercadológicos e tecnológicos.

Já na década de 90 o mundo industrial passou por profundas transformações, segundo Bowersox e Closs (2001) as transformações foram:

- surgimento de novas formas de regulamentações globalizadas;
- aumento da comercialização de microcomputadores;
- a revolução da informática;
- a onda da qualidade;
- o aumento de parcerias e alianças estratégicas.

Imersas nestas transformações, as corporações que buscavam vantagens competitivas passaram a enxergar a logística e, principalmente, a gestão da cadeia de suprimentos como a nova fronteira da competição (CHRISTOPHER, 2001).

A seguir são definidas as funções da logística e suas principais atividades, dentre elas as duas principais áreas de atuação: Transporte e Estoques.

3.1. AS FUNÇÕES DA LOGÍSTICA

Desde o início da década de 90 a logística é considerada uma das áreas operacionais mais desafiadoras e interessantes da administração tanto nos

setores privados (manufatura, serviços, etc) como nos públicos (governo, militar, etc.) (CHOPRA e MEINDL, 2003).

O conselho de administração logística (CLM – *Council of Logistics Management*) descreve a Logística como sendo:

“O processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficientemente e economicamente viável de matéria-prima, material em processo, produtos acabados e informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de melhor atender o cliente final”.

(LAMBERT e COOPER, 2000, pg. 67)

Enquanto que Christopher (2001) descreve a Logística como sendo:

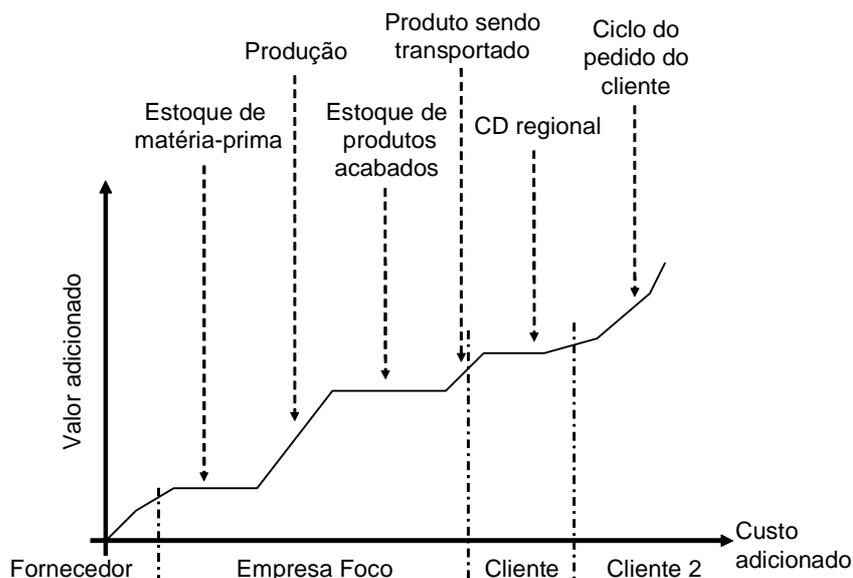
“A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e o fluxo de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presentes e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo”.

(CHRISTOPHER, 2001, pg. 2)

A partir das duas definições é possível concluir que a logística envolve a integração da informação, de transporte, dos estoques, da armazenagem, do manuseio de materiais e das embalagens ao longo da cadeia de suprimentos.

A função básica da Logística, assim como todas as outras áreas da empresa, é concentrar esforços para aumentar o valor percebido pelo cliente. No caso da logística, mais precisamente, o valor adicionado é oriundo do transporte (valor de lugar) e da disponibilidade por meio dos estoques (valor de tempo) (BALLOU, 2001).

Para melhor visualizar a agregação de valor e os custos adicionados ao longo da SC, Christopher (2001) apresenta na forma de gráfico os pontos onde existe agregação de valor e onde incorrem os custos na SC. O gráfico é apresentado na Figura 3.1.



FONTES: ADAPTADO DE CHRISTOPHER (2001)

FIGURA 3.1 CUSTO ADICIONADO E VALOR AGREGADO NO PRODUTO EM CADA ETAPA DA CADEIA

Tradicionalmente, as atividades logísticas são divididas em duas categorias: atividades básicas e de suporte. Para a presente pesquisa somente são importantes as atividades básicas, sendo assim, para obter maiores detalhes sobre as atividades de suporte consulte Ballou (2001) e Hong (2001). Esses autores descrevem as atividades básicas da seguinte forma:

Padrões de serviço ao cliente – esta atividade está diretamente relacionada com os custos do serviço logístico, deste modo é necessário encontrar um ponto onde o *trade-off* entre nível de serviço e o custo é minimizado.

Gestão de Transporte – esta atividade envolve desde a seleção do modal de transporte, roteiro de transporte, até o processamento de reclamações e auditorias de tarifas. Tradicionalmente, o transporte é considerado um centro de absorção de custos, podendo representar metade a dois terços dos custos logísticos. No geral, essa atividade envolve toda a movimentação externa de matéria-prima e produtos acabados (CHING, 2001). Assim, com certa frequência estas atividades estão envolvidas com problemas de ordens governamentais, tais como, greves, má conservação das estradas, falta

de portos, fretes altos, problemas na frota (frota obsoleta ou má conservada), entre outros (BALLOU, 2001). O transporte é umas das atividades mais importantes da logística sendo uma atividade geradora de valor ao produto (lugar). Além disso, dentro do contexto brasileiro pode-se caracterizar como uma poderosa fonte de vantagem competitiva, principalmente devido à precariedade e fragilidade do sistema logístico brasileiro em comparação com as nações desenvolvidas (FLEURY, 2002).

Gestão de estoques – esta atividade engloba a política de estocagem de matérias-primas, de produtos em processo e de produtos acabados, além de uma previsão de vendas de curto prazo e estratégias de controle do estoque. Assim como transporte, a administração de estoques é um centro de absorção de custo que representa na maioria dos casos de metade a dois terço dos custos logísticos, portanto completando a outra parte deixada pelo transporte. Da mesma maneira que o transporte, os estoques são considerados uma atividade “agregadora” de valor ao produto (DIAS, 1995). No caso dos estoques o valor agregado é de “tempo”, ou seja, por meio dos estoques aumenta a disponibilidade do produto ou matéria-prima diminuindo o tempo de ciclo do produto.

Processamento de pedido / fluxo de informação - como qualquer atividade industrial a informação tem um papel de destaque na logística. Assim, na logística o fluxo de informação está diretamente ligado aos custos de estoque, transporte e agregação de valor, pois a informação na cadeia de suprimentos promove a racionalização da utilização dos recursos e a diminuição dos custos sem alteração do nível de serviço. Esta atividade está incumbida de processar os pedidos, transmiti-los, avaliá-los e analisá-los. Neste contexto, insere-se a TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação) que nas últimas décadas tem colaborado muito em melhorar o fluxo de informação e reduzir o custo de transmissão.

Para melhor planejar e executar as atividades logísticas sedo elas básicas ou não, é necessário focar nas oportunidades de mercados. Para

tanto, é preciso conhecer o ciclo de atividades logísticas. O próximo Capítulo tratará especificamente desse assunto.

3.2. CICLO DE ATIVIDADES LOGÍSTICAS

O ciclo de atividades logísticas consistem nas atividades de transmissão do pedido, separação ou fabricação do pedido e entrega do pedido. Com ele é possível analisar e estudar a dinâmica dos processos, das interfaces e das decisões que devem ser combinadas para a criação de um sistema qualquer (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Para dar suporte a esse ciclo são colocados pontos ou nós onde são estocados produtos a fim de proporcionar a continuidade do fluxo de materiais no ciclo de atividades logísticas.

Chopra e Meindl (2003) apresentam uma visão mais ampla e completa do ciclo de atividades. Para os autores, cada estágio da cadeia executa um ciclo de atividade. Desta forma, os ciclos mais comuns são:

- ciclo de pedido do cliente;
- ciclo de reabastecimento;
- ciclo de fabricação;
- ciclo de suprimentos.

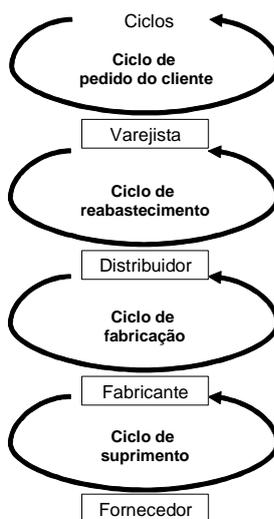
Os ciclos de atividade têm entradas e saídas. Deste modo, tem-se que tomar cuidado com o número alto de entradas e saídas, pois o sistema pode tornar-se complexo e de difícil controle (BOWERSOX e CLOSS, 2001). A eficiência do ciclo é medida através da diferença dos resultados obtidos com os esperados.

As atividades do ciclo podem ou não ser feitas por terceiros. Neste caso, usualmente dependendo da complexidade e dos objetivos da empresa, podendo parte do ciclo ser repassado para empresas que possam desempenhar a atividade melhor que a própria empresa. Neste contexto, estão inseridos os operadores logísticos e os prestadores de serviços logísticos (FLEURY, 2002).

Bowersox e Closs (2001) salientam que independente da quantidade e dos

diferentes tipos de ciclos de atividades praticados por uma organização, cada um deles deve ser projetado distintamente e gerenciado separadamente.

A Figura 3.2 ilustra a estrutura dos ciclos de atividades e os estágios ou os elos. Esta figura representa uma cadeia genérica com todos os elos sendo representados, mas nem todos os elos são encontrados na maioria das SC (CHOPRA e MEINDL, 2003).



FONTE: ADAPTADO DE CHOPRA E MEINDL (2003)

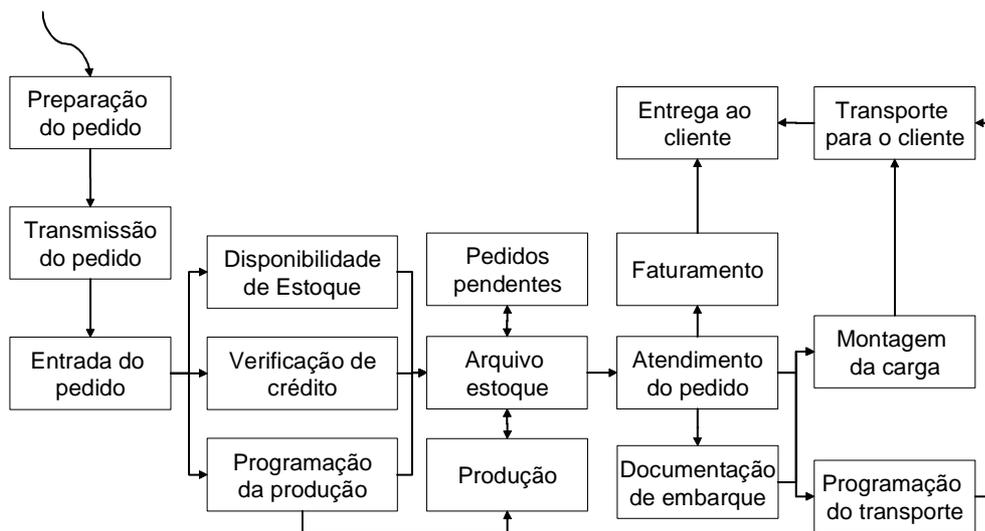
FIGURA 3.2 CICLO DE ATIVIDADE LOGÍSTICA

Ballou (2001) e Christopher (2001) chamam o mesmo ciclo de ciclo do pedido. Semelhantemente, os dois modelos iniciam-se com a transmissão do pedido. No entanto o ciclo do pedido proposto pelos autores é composto pelas atividades: entrada do pedido; processamento / montagem do pedido; consolidação do pedido (nesta atividade o pedido é separado) e a entrega (transporte) do produto.

Independente da complexidade do ciclo, Fleury (2003) apresenta um modelo genérico das atividades do ciclo logístico de forma seqüenciada, destacando cada passo do ciclo. A Figura 3.3 ilustra o ciclo do pedido logístico detalhado.

Como as atividades do ciclo do pedido envolvem áreas diferentes, pessoas (na digitação do pedido, na produção, controle, etc), equipamentos, recursos externos (matéria-prima, produtos e serviços prestados por terceiros)

e fatores diversos (clima, infra-estrutura, governo, imprevistos, etc) o ciclo do pedido sofre na maioria das vezes interferências que resultam no aumento das incertezas quanto ao cumprimento do ciclo no prazo combinado (CHRISTOPHER, 2001). Esses fatores combinados podem atrasar a entrega do produto em horas, dias ou até mesmo em um prazo indefinido.



FORTE: ADAPTADO DE FLEURY (2003)

FIGURA 3.3 CICLO DO PEDIDO DETALHADO

Os principais fatores que causam a variabilidade do ciclo do pedido estão relacionados com os processos informacionais/decisórios e processos físicos. Os processos informacionais mais comuns são (FLEURY, 2003):

- atraso na transmissão do pedido;
- demora na aprovação do crédito;
- demora na negociação;
- prioridade no atendimento.

E os processos físicos mais comuns são (FLEURY, 2003):

- falta de estoque;
- esperas na consolidação de cargas;
- atrasos diversos no transporte;
- dificuldades de entrega nos clientes.

Uma maneira de atenuar as incertezas no ciclo do pedido é o uso intensivo e racional de tecnologia de informação (FLEURY, 2003). No caso da transmissão de pedidos o uso de EDI é uma maneira de agilizar a informação e evitar erros na digitação (BALLOU, 2001). Outra forma de minimizar as incertezas é o uso de sistemas informatizados e mecanizados para auxiliar na estocagem, movimentação de materiais e transporte (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Fleury (2003) também destaca algumas das práticas da SCM que minimizam os efeitos da variação no ciclo logístico, como: VMI, CRP e CPFR.

3.3. TRANSPORTE

Basicamente as atividades de transporte envolvem a movimentação e armazenagem de mercadorias ao longo da cadeia de suprimentos. Bowersox e Closs (2001) e Ballou (2001) enfatizam a importância dos transportes para a sociedade e para o país, os impactos negativos que um sistema ineficiente de transporte pode trazer (Perda de mercado, perda de competitividade nacional e internacional, atraso no desenvolvimento do país, etc) e as conseqüências que a sociedade pode sofrer (Altos custos das mercadorias em geral, falta de mercadorias, desrespeito com o meio ambiente e a vida, etc).

Além disso, o transporte é um fator importantíssimo para a qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente no tempo de entrega, na confiabilidade e na segurança dos produtos (FLEURY, 2002).

Como o transporte é uma atividade absorvedora de custos, Viana (2002) adverte para a necessidade de uma boa administração dos recursos de transporte (próprio ou terceirizado), pois o transporte quase sempre significa uma despesa ou custo.

Para Martins e Alt (2000) a movimentação de mercadorias está incumbida em movimentar produtos de uma origem até o destino final minimizando os custos financeiros (gasto com a frota, manutenção da frota, mão-de-obra, etc), os temporais (estoque em trânsito – o produto fica

indisponível durante o transporte³) e os ambientais (recursos ambientais diretos – combustíveis, óleo lubrificante, etc; e indiretos – degradação ambiental e questões referentes aos danos causados pelo transporte a natureza).

O gerenciamento das atividades de transporte corresponde na tomada de decisões estratégicas (longo prazo) e operacionais (curto prazo). As decisões estratégicas relacionadas com o transporte são caracterizadas pela escolha do modal, política de terceirização e política de consolidação de cargas. As decisões operacionais de curto prazo correspondem às decisões de planejamento de embarques, programação de veículos, roteirização, auditoria de frete e gerenciamento de avarias (FLEURY, 2002).

Uma das mais importantes decisões estratégica é a escolha do modal. A seleção do modal correto, para um determinado cliente e/ou produto, de uma forma geral, passa pelos seguintes critérios (VIANA, 2002):

- a diferença entre o preço de venda do produto na origem e no destino;
- o custo de transporte entre a empresa e o mercado consumidor.

O primeiro item é de fácil determinação, pois basta saber o valor do produto na empresa ou no depósito e o valor de venda no mercado ou no destino final. Já o segundo item depende de dois fatores para ser calculado (VIANA, 2002):

- Característica da carga como tamanho, peso, valor unitário, manuseio, nível de segurança exigido, embalagem, distância, prazo de entrega, entre outros;
- Característica do modal utilizado como condições de infra-estrutura, condições de operação, tempo de viagem, custo e frete, mão-de-obra, entre outros.

Ballou (2001) apresenta cinco quesitos básicos para auxiliar a escolha do modal de transporte: preço, tempo médio em transito, variabilidade do tempo em trânsito, perdas e danos. Viana (2002) acrescenta o custo de manuseio e de rota de viagem.

³ Entretanto atualmente existem práticas como a *merge in transit* que agregam valor (montagem, consolidação do produto) durante o transporte.

O preço de transporte é caracterizado como sendo o custo do transporte (combustível, mão-de-obra, manutenção, depreciação, e custos administrativos) mais os valores dos serviços adicionais como coleta de mercadoria, seguro, entre outros serviços. O tempo de trânsito é outro elemento relevante que envolve o tempo de transporte porta a porta mesmo que isso envolva mais que um tipo modal (MARTINS e ALT, 2000). A variância do tempo de transporte é um fator que geralmente afeta o nível de serviço logístico. Essa questão está envolta nos aspectos que não pode ser previstos ou controlados, tais como clima, meteorologia, imprevistos diversos e acidentes (GURGEL, 1996). Nesse contexto, uma pesquisa realizada nos USA por um órgão militar em 16 mil embarques demonstrou que quando maior a distância maior a probabilidade de atraso e maiores são os atrasos (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Por último, Ballou (2001) aponta as perdas e danos como sendo o roubo de cargas ou a entrega de mercadorias avariadas. Para corrigir isso é necessário escolher o sistema modal mais seguro e confiável.

Para medir a produtividade (eficiência) do transporte é utilizado o seguinte indicador: quilometragem rodada (utilização do sistema modal) e a quantidade de produtos transportados (GURGEL, 1996). Desta forma, para se melhorar o aproveitamento do sistema modal é preciso investir na elevação da quilometragem por meio do aumento da disponibilidade da frota, aumento da jornada de trabalho, da velocidade média, diminuição do tempo de carga e descarga e aumentar a capacidade de carga do veículo.

A seguir cada sistema modal será detalhado para que possa ser usado na parametrização dos modelos.

3.3.1. SISTEMAS MODAIS

A infra-estrutura de transporte diz respeito à variedade dos sistemas modais (tipo de transporte – aéreo, aquaviário, rodoviário, ferroviário, dutoviário) e aos aspectos econômicos e legais. A seguir são detalhados cada sistema modal.

3.3.1.1. MODAL FERROVIÁRIO

O transporte ferroviário expandiu-se com o advento da máquina a vapor. O uso do sistema férreo foi bastante utilizado depois da segunda guerra mundial para transportar grandes quantidades de forma econômica (DIAS, 1995). Nesse sentido, esse sistema é mais indicado para transportar grandes quantidades e onde o fator tempo não é preponderante (VIANA, 2002).

O uso de ferrovia freqüentemente está ligado ao transporte de bens e produtos de baixo valor agregado (na maioria produtos agrícolas ou matéria-prima básica como minério de ferro, madeira, etc), além disso, um outro obstáculo desse sistema é a necessidade de esperar compor um certo número de vagões para o trem sair (CHOPRA e MEINDL, 2003). Isso se deve principalmente devido ao fato do custo variável ser relativamente alto para operar poucos vagões, obrigando as empresas otimizar o uso deste serviço. No entanto, Bowersox e Closs (2001) acrescentam que de alguns anos pra cá o modal ferroviário está avançando com relação e prestação de serviço ao cliente, disponibilizando sistemas flexíveis de armazenamento como vagões de 3 níveis para automóveis, vagões com proteção interna, trens unitários⁴, vagões articulados⁵, vagões com 2 contêineres empilhados, desta forma o sistema ferroviário está descobrindo um novo mercado que anteriormente era majoritariamente ocupado pelo transporte rodoviário.

Normalmente, o modal ferroviário é utilizado para cobrir grandes distâncias e quase sempre necessita de um transporte complementar para atingir o local de destino. Isso se deve ao fato do sistema ferroviário ser pouco flexível quanto aos pontos de destino e origem, pois somente é possível transportar através das estradas férreas existentes (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Apesar do baixo custo de manutenção das operações do modal ferroviário, o mesmo, exige enormes investimentos, pois a construção das estradas férreas, os pátios de manobra e a próprio locomotiva são, geralmente,

⁴ São mais rápidos e não necessitam de pátios ferroviários indo diretamente ao destino

⁵ São vagões maiores onde pode-se colocar até 10 contêineres , reduzindo o tempo de troca de vagão.

caros, entretanto o custo variável é baixo e a relação custo fixo-variável para longas distâncias e grandes quantidades é um dos mais viáveis (MARTINS e ALT, 2000).

3.3.1.2. MODAL RODOVIÁRIO

Os principais fatores de sucesso desse meio de transporte são a flexibilidade de trajeto (pode-se escolher diversos caminhos para chegar ao mesmo local), a capacidade de percorrer qualquer terreno (praticamente o transporte rodoviário está apto em trafegar em quaisquer condições de terreno) e alcançar qualquer destino (existem poucas limitações quanto ao alcance desse sistema, muitos autores classificam esse meio de transporte como “porta a porta”) (BOWESOX e CLOSS, 2001).

Além da flexibilidade de localização o modal rodoviário certamente é o meio de transporte mais rápido, principalmente, em curtas e médias distâncias, pois tem uma velocidade de cruzeiro relativamente alto e quase sempre não precisa trocar de modal de transporte para alcançar o cliente (VIANA, 2002).

No entanto, o modal rodoviário sofre com os altos custos variáveis, pois os custos envolvidos estão diretamente relacionados com o uso da mão-de-obra, do consumo de combustível e de tudo mais que varia com o aumento da quilometragem (pneus, manutenção, etc) (BALLOU, 2001). Deste modo, a relação custo fixo-variável fica prejudicada, pois o custo fixo é muito inferior ao variável (VIANA, 2002). Portanto, o uso mais indicado⁶ para o sistema modal rodoviário é para cargas de alto valor agregado à curta ou à média distância (CHOPRA e MEINDL, 2003). Uma forma melhorar a relação custo fixo variável é através da consolidação da carga, ou seja, o máximo aproveitamento da capacidade do veículo (CHOPRA e MEINDL, 2003).

⁶ Quando há mais de uma alternativa de transporte, pois em alguns países ou regiões não possuem outra opção de transporte além do sistema rodoviário.

3.3.1.3. MODAL AQUAVIÁRIO

O sistema aquaviário está dividido em marítimos (atuando nos oceanos e em pequenos trechos do litoral limitados pelo calado do navio) e fluviais (transporte realizado em rios e lagos) (DIAS, 1995).

O modal aquaviário é limitado quanto ao escopo, uma vez que é extremamente dependente aos sistemas aquáticos como rios, lagos e sistemas marítimos, além de sofrerem muito com as condições climáticas e sazonais⁷ (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Tradicionalmente, o sistema aquaviário é o mais lentos dos sistemas de transporte, desta forma, os produtos transportados não podem sofrer com o encarecimento provocado pela vagarozidade do sistema (VIANA, 2002). Entretanto, essa desvantagem é compensada pelo enorme volume ou peso transportado pelo sistema (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Usualmente esse tipo de modal transporta produtos de baixo valor agregado como produtos agrícolas, químicos e minerais, no entanto, devido aos baixos custos variável deste sistema, atualmente, ele está sendo usado para transportar diversos tipos de mercadoria (CHOPRA e MEINDL, 2003). Para tanto, as empresas tiveram que desenvolver embalagens mais adequadas e resistentes, pois para produtos frágeis a taxa de danos e perdas é alta devido ao manuseio abrutalhado (BALLOU, 2001). Nesse sentido, o uso de contêiner para os produtos de alto valor agregado diminui os danos e perdas e ainda contribuiu para facilitar o manuseio (carga e descarga), diminuindo o tempo de transbordo (MARTINS e ALT, 2000).

3.3.1.4. MODAL AÉREO

Certamente esse é o modal mais novo e pouco explorado pela logística. Isso se deve às altas taxas e os custos de transporte, além da restrita capacidade de carga, do restrito número de aeronaves e dos poucos aeroportos disponíveis para o transporte de carga (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

⁷ Há casos onde o sistema fluvial opera parte do ano devido à alternância das estações de chuva e seca (Ballou, 2001)

A grande vantagem do transporte aéreo é o tempo de viagem, sendo este o mais rápido meio de transporte, principalmente quando avaliado em média e grandes distâncias (VIANA, 2002). Isso, de certa forma pode compensar os altos custos de transporte em virtude do menor tempo que a carga fica indisponível (BALLOU, 2001). Nesse sentido, o uso deste sistema, ainda está limitado a produtos de alto valor agregado e de baixo volume e peso, os quais, na maioria das vezes são produtos perecíveis (alimentos, transporte de órgão para transplante, etc), produtos com ciclo de vida curto (produtos tecnológicos, vestuário de alta moda, etc) ou produtos de período de comercialização limitado (do tipo sazonais como natal, páscoa, etc, ou de períodos curtos de demanda como acontecimentos inesperados, ocasiões onde o tempo de entrega significa uma vantagem competitiva, etc) (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Esse sistema modal é um dos menos confiáveis quanto ao real tempo de transporte, pois está sujeito aos efeitos do clima e meteorológicos, além de ser bastante sensível a quebras e problema de tráfico (BALLOU, 2001).

Em comparação aos sistemas ferroviário, aquaviário e dutoviário o sistema aéreo pode ter o menor custo fixo só perdendo para o rodoviário. Isso ocorre devido ao uso da estrutura da aviação civil que já está instalada e é gerenciada pelos órgãos públicos (como aeroportos, vias aéreas, uso em de vôos regulares, etc.) (DIAS, 1995).. Entretanto, da mesma forma que o rodoviário, o custo variável (combustível, mão-de-obra a bordo e terrestre, manutenção, etc) é alto, na verdade, é o mais alto dentre todos os sistemas modais (MARTINS e ALT, 2000).

Assim como os sistemas poucos flexíveis como ferroviário, aquaviário e dutoviário, o sistema aéreo depende de rotas e de aeroportos para poder funcionar, dificultado o acesso a certas regiões. Deste modo, é necessário unir outro sistema de transporte como rodoviário e ferroviário (CHOPRA e MEINDL, 2003).

E por fim, esse sistema tem a menor taxa de perdas e danos de mercadorias. Uma vez que o manuseio das embalagens e contêiner oferece uma exposição menor aos danos e os índices de roubo de carga nos aeroportos são baixos (BALLOU, 2001).

3.3.1.5. MODAL DUTOVIÁRIO

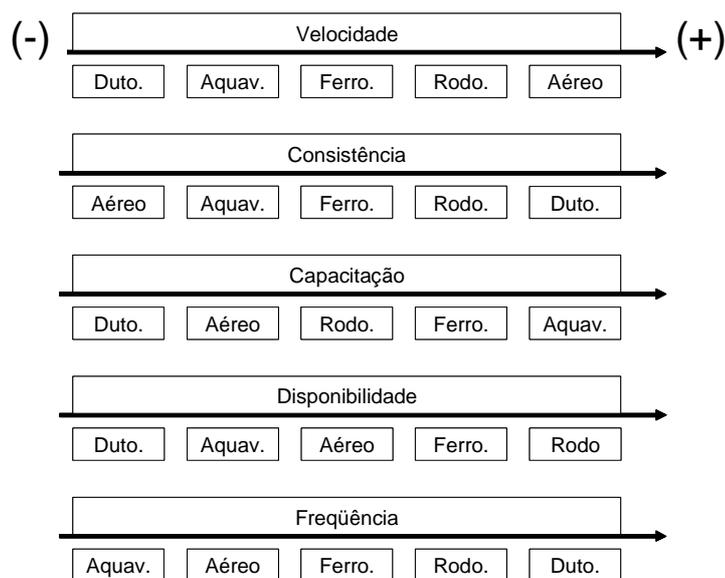
O sistema de transporte dutoviário é conhecido por transportar gás, óleo bruto, produtos químicos e petróleo, no entanto, hoje é possível transportar sólidos em solução líquida (geralmente água) como carvão, cimento, farinha, etc (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

A vantagem deste sistema está em transportar grandes quantidades com pouca perda e riscos, mas com baixa velocidade⁸. No geral, esse sistema tem o custo variável mais baixo dentre os demais, mas por outro lado, possui o custo fixo mais alto (custo de instalação, compra de terreno, compra e construção do sistema) (DIAS, 1995).

Diferentemente dos demais meios de transporte o sistema dutoviário tem a maior confiabilidade quanto ao funcionamento e atrasos, pois existem poucos acontecimentos que possam provocar atrasos ou parada no funcionamento do sistema. Além da confiabilidade do sistema o mesmo trabalha 24 por dia os 12 meses do ano sem a necessidade de parar devido a restrições de fator humano, trabalhista ou fiscal, salvo situações onde o sistema requer manutenção preventiva (MARTINS e ALT, 2000). E por fim, esse sistema é o único que não precisa gerenciar embalagens, contêiner ou, mesmo os veículos no sentido ao contrário do fluxo de produtos (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Fleury (2002) classifica os sistemas modais em ordem crescente quanto aos fatores: velocidade (tempo de entrega porta-a-porta); consistência (capacidade em cumprir o prazo); capacitação (capacidade do modal em trabalhar com diferentes produtos, volumes e pesos); disponibilidade (corresponde ao número de locais que o modal pode operar); e frequência (corresponde ao número de vezes que o modal pode ser utilizado em um determinado tempo). A Figura 3.4 apresenta a classificação dos sistemas modais na ordem crescente para cada fator descrito anteriormente.

⁸ Apesar da velocidade baixa de operação o fato de trabalhar 24 horas por dia e o volume de saída ser grande garante a este sistema uma ótima relação de quantidade transportada / tempo.



Fonte: Adaptado de Fleury (2002)

FIGURA 3.4 COMPARAÇÃO DOS MODAIS DE ACORDO COM A REALIDADE BRASILEIRA

3.3.1.6. SERVIÇO INTERMODAL

O uso de mais de um tipo de sistema modal é uma necessidade a ser vista a falta de alcance de alguns sistemas modais (VIANA, 2002). No entanto, nos últimos anos uma nova forma de integração intermodal se desenvolveu. Essa nova forma baseia-se na intercambialidade das formas de armazenar mercadorias, em outras palavras, o uso de embalagens inteligentes como contêineres, possibilitando a transferência de um sistema modal para o outro sem que necessite grandes dispêndios (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Deste modo, espera-se minimizar os custos e aumentar a agilidade das entregas sem prejudicar o nível de atendimento ao cliente (VIANA, 2002). No entanto, nem todas as combinações intermodais são possíveis, óbvias ou viáveis como ferroviário e rodoviário (o mais comum de todos segundo Chopra e Meindl, 2003), aquaviário e rodoviário, etc (BALLOU, 2001).

3.4. ESTOQUES

Na visão de Ballou (2001) estoques são os montes de matéria-prima, insumos, componentes, produtos em processo e produtos acabados que estão em toda a cadeia de suprimentos, dentro das empresas, mas principalmente

encontrados nos armazéns, nos pátios, no chão-de-fábrica, nos veículos e nas prateleiras dos varejistas. Desta forma, pode-se dizer que os estoques estão em todo lugar. Daí a importância em administrar de forma correta e minuciosa os estoques na cadeia de suprimento.

Assim como o transporte, os estoques podem representar de um a dois terços dos custos logísticos, ou seja, os estoques representam a outra grande fonte geradora de custos logísticos. Desta forma é preciso gerenciar com cuidado os estoques na cadeia de suprimento (BALLOU, 2001).

Os estoques estão por toda parte. Mesmo nos sistemas produtivos onde a produção é feita por encomenda (MTO e ETO) os estoques estão presentes, na forma de matéria-prima, produtos semi-acabados e peças modulares (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Ballou (2001) apresenta as vantagens e desvantagens dos estoques para a empresa ou para a cadeia. A vantagem que os estoques podem proporcionar para a cadeia de um modo geral, são:

- Melhor serviço ao cliente, pois suporta melhor as incertezas na demanda e aumenta a disponibilidade do produto.
- Reduzir custos por meio da economia de escala, racionalização das compras e pela a obtenção de descontos na compra de lotes maiores.

Já os fatores contra os estoques são bem conhecidos. Os estoques sempre foram vistos e ainda são vistos como desperdícios, em outras palavras, os estoques são apenas gastos, nem sempre justificáveis, que via de regra são mais fáceis de mensurar do que os seus benefícios (CHING, 2001). Por outro lado, os ganhos são difíceis de serem mensurados, sendo assim, é mais fácil calcular os gastos com estoque que os ganhos provocados pelo mesmo (CHING, 2001).

Os estoques altos podem postergar a descoberta de problemas na qualidade do produto. Entretanto, nem sempre é possível enxugar os estoques internos ou externos a ponto de eliminá-los, pois em ambientes competitivos e com demandas instáveis necessitam de estoques para manter o nível de

atendimento e suportar oscilações na demanda. (PIRES, 1995).

Desta forma, os estoques representam para a logística um dos mais complicados e complexos *trade-off* para ser trabalhado.

3.4.1. TÉCNICAS E MODELOS DE PLANEJAMENTO DA GESTÃO DE ESTOQUES.

Para Bowersox e Closs (2001) planejar os estoques e desenvolver a melhor política de estoque deve-se, primeiramente, levar em conta o papel dos estoques na agregação de valor e nos custos de manutenção dos mesmos. Depois disso, leva-se em conta três aspectos para determinar os parâmetros e procedimentos essenciais: quando a melhor hora para colocar o pedido de ressuprimento, quanto pedir e quais são os procedimentos de controle mais adequados. A seguir são apresentados os principais modelos de controle de estoque.

3.4.1.1. SISTEMA DUAS GAVETAS

Segundo Rodrigues (1998) o sistema duas gavetas é o mais simples sistema de controle de estoque. Devido à simplicidade, aconselha-se a utilizar esse sistema para produtos cujo valor anual não representem muito em relação ao investimento total em estoque, em outras palavras, a produtos que não necessitam de rigorosos planejamentos e controle. Deste modo, esta técnica é mais utilizada no varejo e em revendedores.

A sistemática dessa técnica consiste em manter duas “caixas” com quantidade suficiente, em cada uma, para suprir a demanda durante o tempo de reposição dos itens. Geralmente acrescenta-se um Estoque de Segurança para garantir que caso a demanda varie não falte produtos. Assim, quando os itens de uma caixa acabam, é emitido um pedido para repor a quantidade pré-determinada da caixa, enquanto a outra caixa é consumida.

Rodrigues (1998) aponta as vantagens desse sistema como sendo a redução do processo burocrático e a simplicidade do mesmo. E a única exigência desse método é que os estoques fiquem separados do restante.

3.4.1.2. PONTO DE RE-SUPRIMENTO (PR)

No geral, o *lead time* de ressurgimento é todo ciclo de atendimento do pedido. Neste modelo, o estoque de segurança, além de suportar a variação da demanda, também precisa suportar a variação no *lead time* de atendimento do pedido (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

A sistemática desta técnica consiste em determinar um ponto de pedido (em unidades de produtos), que corresponde numericamente ao tempo médio de ressurgimento, em outras palavras, estabelece uma quantidade média que corresponde à demanda média do tempo total de ressurgimento (VIANA, 2001). O cálculo do PR baseia-se em uma demanda estável e determinada, com tempos de suprimentos bem conhecidos (CHING, 2001).

A fórmula do PR é:

$$PR = D \times T$$

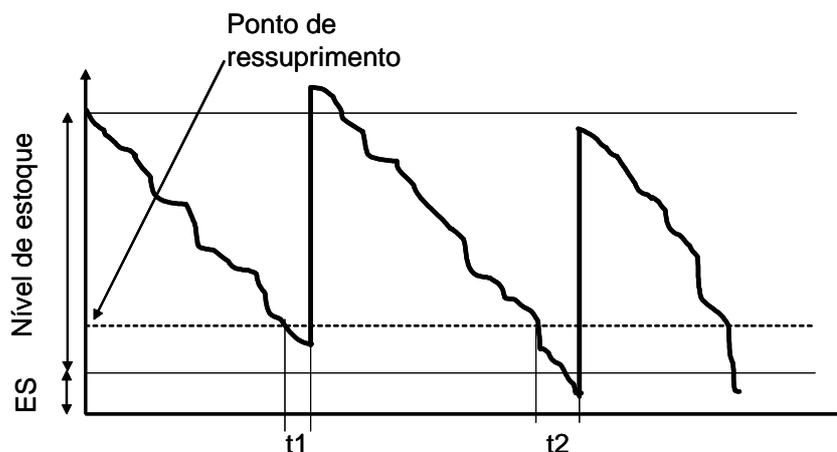
Onde:

PR = ponto de ressurgimento em unidades de produto

D = demanda diária média

T = duração média do ciclo de atividade

A Figura 3.5 demonstra como o estoque comporta com demanda e *lead times* variáveis e coloca um ponto de pedido pré-determinado. Note que o t1 é diferente de t2 e o nível máximo de estoque também é diferente em cada ressurgimento.



FORTE: ADAPTADO DE SLACK ET AL. (2002).

FIGURA 3.5 GRÁFICO DO PONTO DE RESSUPRIMENTO

A virtude desta técnica é a possibilidade de usar um lote de compra ótimo (por exemplo LEC), pois o lote de compra é constante. Entretanto, essa técnica requer grandes esforços no controle dos estoques, pois necessita de revisões contínuas do nível de estoque (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

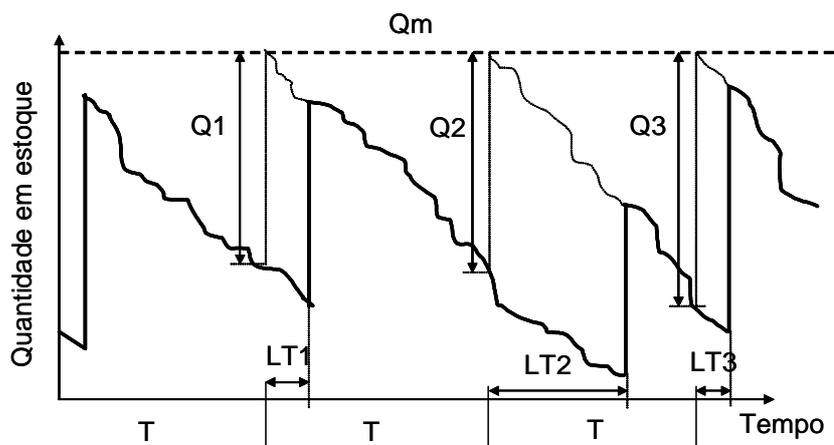
3.4.1.3. REVISÃO PERIÓDICA

Diferentemente da técnica anterior baseada em quantidades fixas de compras, a técnica de revisão periódica estabelece um período para efetuar o pedido, independente da quantidade em estoque (CHING, 2001).

Rodrigues (1998) diz que a técnica de revisão periódica é mais confiável que a técnica duas gavetas, pois a responsabilidade de ressuprimento é de apenas uma pessoa.

De certa forma essa técnica atende bem a itens padronizados e de baixa importância para a produção, os quais, um controle mais preciso é desnecessário por ser dispendioso (VIANA, 2002). Assim, para utilizar essa técnica basta determinar uma data ou um intervalo de tempo para fazer os pedidos. Todavia essa técnica consome pouco tempo para controlar os estoques, pois somente checa os estoques no período determinado, porém sacrifica a possibilidade de compras em quantidades ótimas, pois as

quantidade variam de acordo com a demanda do período (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002). A Figura 3.6 demonstra o funcionamento do método de revisão periódica. Note que as quantidades pedidas (Q_1 , Q_2 e Q_3) não são iguais e ainda os *lead times* de re-suprimento (LT_1 , LT_2 e LT_3) também não são iguais. O cálculo das quantidades pedidas leva em conta o estoque no período menos Q_m que é o estoque máximo projetado. Outro fator importante é o tempo “ T ” constante entre cada revisão.



FONTE: ADAPTADO DE SLACK ET AL. (2002).

FIGURA 3.6 GRÁFICO DO SISTEMA REVISÃO PERIÓDICA

3.4.2. SISTEMA DRP (DISTRIBUTION REQUIREMENTS PLANNING)

O DRP é a ferramenta mais sofisticada de planejamento de distribuição que leva em conta os diversos estágios de distribuição e as características de cada um (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Segundo Ballou (2001) de um ponto de vista operacional, os métodos do sistema MRP podem ser usados no canal de distribuição, criando o sistema de planejamento das necessidades de distribuição (DRP) que validaria a programação integrada de suprimentos ao longo do canal de suprimentos. Bowersox e Closs (2001) complementam dizendo que DRP é uma extensão do MRP, no entanto a diferença básica é que o MRP baseia-se na programação da produção definida e controlada pela empresa, enquanto o DRP baseia-se na demanda dos clientes que não é controlada ou definida pela empresa.

Alguns dos benefícios do sistema DRP, segundo Ballou (2001), são:

- Uma base semelhante de informação é criada para todo canal, incentivando o planejamento integrado na cadeia.
- Os conceitos de DRP são compatíveis com aqueles do MRP
- Com o DRP planejando envios futuros, a tomada de decisões sobre capacidade do transporte, expedição do veículo e o preenchimento dos pedidos no armazém tornam-se mais rápidos e flexíveis, melhorando a resposta às mudanças.
- Todas as fontes de demanda podem ser incorporadas ao invés da previsão.
- Os sistemas ponto de pedidos e lote econômico controlam os itens individuais de armazéns múltiplos independentes, o DRP permite que sejam controlados coletivamente.

Assim, pode-se dizer que o DRP relaciona todo o sistema de distribuição com o PCP da matriz. A utilização das técnicas de DRP possibilita administrar estoques centralizados, melhorando a relação entre centros de distribuição e a empresa, ligando diretamente os centros de distribuição com as atividades na manufatura (VOLLMANN *et al.* 1997).

Mecanismos do DRP

O esquema de funcionamento do DRP consiste em acrescentar ao MPS (*Master Program Scheduling*) da matriz os pedidos dos centros de distribuição, como se os pedidos fossem de um cliente da própria região da matriz. O que muda é que a previsão de vendas, o volume do pedido e o *lead time* de entrega são calculados pelo centro de distribuição que faz o pedido, podendo assim, personalizar o pedido de acordo com as necessidades da região na qual se encontra o centro de distribuição.

Para a matriz, o fato de toda a previsão de vendas, cálculo do *lead time* e volume do pedido serem de responsabilidade do centro de distribuição facilita a distribuição das ordens de produção no MPS e também a previsão da demanda.

Segundo Bowersox e Closs (2001), o sistema DRP oferece inúmeras vantagens sendo as principais situadas nas áreas de Marketing e de Logística. As vantagens para a área de Marketing são:

- Nível de serviço melhorado com um desempenho na entregas maior, conseqüentemente uma redução significativa nas reclamações.
- Melhor planejamento e eficiência nas promoções e lançamentos de novos produtos.
- Maior controle dos estoques evitando falta de produtos durante as promoções.
- Maior coordenação dos estoques.
- Oferece serviços melhorados aos clientes por meio de um serviço coordenado de administração de estoques.

Para a área de logística, as vantagens são:

- Redução no número de viagens através da consolidação de cargas.
- Menores níveis de estoques.
- Menor espaço de armazenagem utilizado.
- Redução nos custos de frete.
- Maior visibilidade da composição dos estoques e maior coordenação entre produção e logística.
- Maior facilidade para fazer simulações orçamentárias, pois pode-se simular as necessidades de estoque e transportes sob diversas condições de planejamento.

Porém algumas limitações estão presentes nesse sistema, como:

O sistema precisa de previsões de venda em cada centro de distribuição para cada produto o mais correto possível para evitar estoques desnecessários na cadeia, além de uma previsão do tempo de transporte correto e preciso.

O tempo de ressuprimento também afeta o desempenho do sistema, pois se os tempos não forem confiáveis resulta na redução da eficiência do planejamento. E por fim, problemas na produção, atrasos de fornecedores ou mesmo problema no transporte podem gerar atrasos e falta de estoques, ocasionando falta de eficiência do sistema DRP.

O próximo capítulo trata do método de ensino apoiado na simulação. Este capítulo tem como objetivo descrever a simulação utilizada para ensinar.

3.5. PRÁTICAS DE DISTRIBUIÇÃO

As práticas de distribuição têm como objetivo maximizar o lucro ou o nível de serviço. Nesse sentido, Chopra e Meindl (2003) argumentam que um projeto de rede de distribuição bem conduzido com a infra-estrutura e as decisões estratégicas definidas corretamente pode gerar um bom grau de responsividade a um baixo custo.

Tradicionalmente, as formas de distribuir podem ocorrer de três maneiras distintas (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003):

- a tradicional – remessa direta;
- a consolidada – estoque em depósito;
- o *cross-docking* – a carga é consolidada sem que ocorra a estocagem dos itens.

Ou, segundo Chopra e Meindl (2003), elas podem ocorrer de quatro formas distintas. Para os autores as formas de distribuir são:

- entrega direta;
- entrega direta com *Milk Run*;
- entrega via centro de distribuição;
- entrega via centro de distribuição com *Milk Run*.

A entrega direta e a tradicional são a mesma coisa. Semelhantemente, a forma consolidada é igual à entrega via centro de distribuição. Já o método *Cross-Docking*, entrega direta com *Milk Run* e entrega via centro de distribuição com *Milk Run* são diferentes, portanto são tratados distintamente neste trabalho.

3.5.1. REMESSA DIRETA – ENTREGA DIRETA (TRADICIONAL)

Esse método tem como objetivo eliminar os depósitos, os CDs ou qualquer elo intermediário entre dois elos principais de uma SC (SIMCHI-LEVI

et al., 2003). Segundo Simchi-Levi *et al.* (2003), a distribuição direta precisa apenas que sejam decididos a quantidade a ser transportada e o meio de transporte. Deste modo, esse método possui um *trade-off* entre os custo de transporte e de estoque.

As vantagens desse método podem ser resumidas como (CHOPRA e MEINDL, 2003) (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003):

- a eliminação dos gastos com o CD ;
- a redução do tempo de entrega (*lead time*);
- a simplicidade de sua operação e coordenação.

Para Simchi-Levi *et al.* (2003) a operação e a coordenação das remessas diretas são mais simples devido ao fato das decisões serem locais (cada cliente toma a própria decisão de compra e adota individualmente os *lead times*) e essas não afetam diretamente as decisões dos outros.

Porém esse sistema tem algumas desvantagens. Para Simchi-Levi *et al.* (2003) as principais desvantagens são:

- aumento nos riscos devido à falta de estoque centralizado em um CD (compartilhamento de riscos);
- aumento nos custos de transporte, pois aumenta o número de viagens.

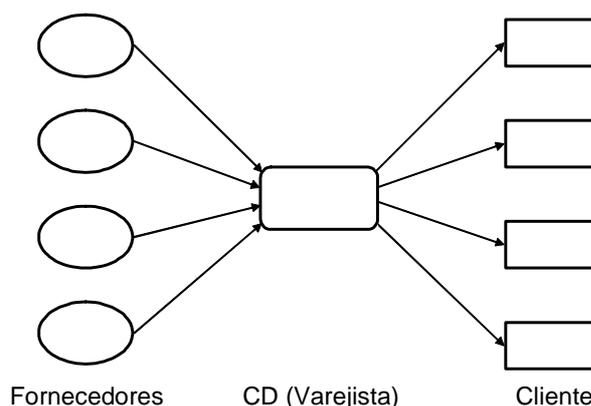
Deste modo, essa técnica precisa de certos pressupostos para ser viável. As empresas cliente (varejistas na maioria dos casos) precisam ser grandes o suficiente para otimizar o volume transportado, em outras palavras, o cliente precisa comprar o suficiente para preencher a capacidade do caminhão (CHOPRA e MEINDL, 2003) (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). No entanto, esse pressuposto pode ser quebrado quando a carga em questão é perecível (CHOPRA e MEINDL, 2003). Desta forma, esta prática é viabilizada sem maiores transtornos, já que oferece o menor *lead time* de entrega.

A Figura 3.7 ilustra uma rede de entrega direta. Note o número de rotas necessárias para efetuar todas as entregas.

Esse método precisa que as quantidades de entrada sejam maiores que as de saída, caso ao contrário o sistema se assemelharia com o *cross-docking* (CHOPRA e MEINDL, 2003).

O gerenciamento desse sistema torna-se mais complexo, já que agora o recebimento e a distribuição das mercadorias contarão com mais fornecedores e clientes. Sendo assim, em alguns casos, é necessário contratar operadores logísticos para suportar a nova demanda (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Isso, certamente, provocará ganhos extras.

A Figura 3.9 ilustra o sistema de distribuição centralizado. Note que o número de viagens (setas) é a metade do número de viagens do sistema de distribuição direto representado na Figura 3.7.



FONTE: ADAPTADO DE CHOPRA E MEINDL (2003)

FIGURA 3.9 ENTREGAS VIA CDS

3.5.4. ENTREGAS VIA CD UTILIZANDO *MILK RUN*

Esse método visa potencializar a racionalização dos meios de transporte. Com ele é possível reduzir o número de viagens e ainda aproveitar melhor o uso do transporte (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Muitas empresas adotam a combinação da entrega via CD e *Milk Run* para reduzir as despesas com transporte e, ao mesmo tempo, consolidar lotes pequenos. Para tanto, é necessário um alto nível de coordenação de rotas e cronogramas adequados das entregas e coletas (CHOPRA e MEINDL, 2003).

3.5.5. CROSS-DOCKING

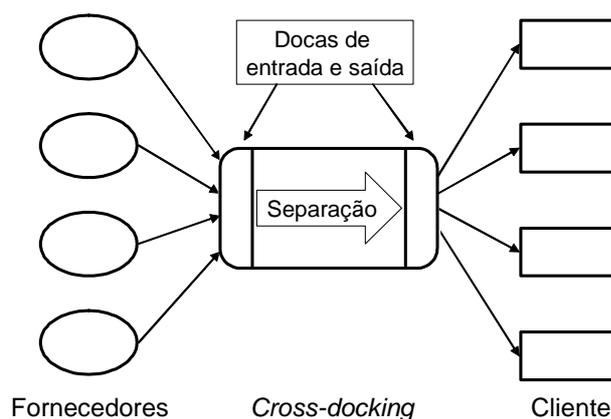
O *Cross-docking* tem desempenhado um importante papel dentro da SCM (PIRES, 2004). Em suma, essa prática visa à transposição da carga em um centro de distribuição sem que ocorra armazenagem desnecessária e, conseqüentemente, desperdícios (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). Essa prática teve origem no modal marítimo e ferroviário, onde cargas eram descarregadas diretamente em outros navios ou trens e, a partir daí, distribuídos diretamente ao cliente (PIRES, 2004), mas foi o Wall-Mart que a tornou famosa (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

O ponto forte deste método é diminuição dos desperdícios com estoques e a diminuição dos *lead times* devido à eliminação dos tempos de armazenamento (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

Para que isso ocorra é preciso uma perfeita integração do recebimento e da expedição dos materiais. Desta forma, os envolvidos precisam de (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003):

- comunicação rápida e ágil;
- um sistema de transporte rápido e responsivo;
- previsões confiáveis e compartilhadas;
- grandes operações tanto na quantidade de mercadoria transferida quanto no número de clientes e fornecedores.

A Figura 3.10 ilustra a prática *cross-docking*. Note que não há estoques dentro do CD. Nele somente ocorre o recebimento, separação e a saída das mercadorias.



FONTE: ADAPTADO DE PIRES (2004)

FIGURA 3.10 ILUSTRAÇÃO DO CROSS-DOCKING

Chopra e Meindl (2003) destacam as vantagens e desvantagens dos métodos discutidos anteriormente. O Quadro 3.1 traz as vantagens e desvantagens dos sistemas de distribuição e suprimento.

Estrutura da rede	Vantagens	Desvantagens
Entrega direta	Não possui depósito intermediário Fácil de coordenar	Grandes estoques Despesa significativa com recebimento
Entrega direta com Milk Run	Redução dos custos de transporte para lotes pequenos Redução dos estoques	Coordenação mais complexa
Via CD com estoque	Redução do custo de transporte	Maior custo de estoque Mais manuseio no CD
Cross-docking	Pouquíssima necessidade de estoque Redução do custo de transporte	Coordenação mais complexa
Entrega via CD com Milk Run	Redução dos custos de transporte para cargas pequenas	Coordenação ainda mais complexa

QUADRO 3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DIFERENTES REDES DE TRANSPORTE

Fonte: Adaptado de Chopra e Meindl (2003).

O uso destes métodos depende do tipo de produto, da família de produtos, da cadeia de suprimentos, da quantidade demandada, do tipo de demanda, da distância, do sistema modal, entre outros. Sendo assim, são as características da cadeia que determinam qual sistema utilizar (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

O Quadro 3.2 traz as estratégias de distribuição para quatro fatores importantes para a determinação do tipo de distribuição. Note que a alocação

para entrega direta acontece mais cedo que as demais, pois o pedido é entregue diretamente sem que haja possibilidade de separá-lo.

Estratégia Atributo	Entrega direta	<i>Cross-docking</i>	Via CD com estoque
Compartilhamento de risco			Tira vantagem
Custo de transporte		Custo de recebimento reduzido	Custo de recebimento reduzido
Custo de manutenção de estoque	Nenhum custo de armazenagem	Nenhum custo de manutenção de estoques	
Alocação		Adiada	Adiada

QUADRO 3.2 ESTRATÉGIAS DE DISTRIBUIÇÃO

FONTE: ADAPTADO DE SIMCHI-LEVI ET AL. (2003)

4. FORMAS DE ENSINAR APOIADOS NA SIMULAÇÃO

A forma de ensinar tem um papel fundamental no aprendizado. Desta forma, neste capítulo é discutido as principais formas de ensinar que tem se destacado, atualmente, no âmbito da administração e da engenharia de produção, que estejam envolvidos com a simulação.

Basicamente, o aprendizado é muito amplo e significa ganho de conhecimento, de habilidades e de entendimento a partir de instruções, experiências, etc (ABDURAHIMAN *et al.*, 2000).

As formas de ensinar têm evoluído das aulas expositivas em quadro negro para o uso de métodos mais modernos, tanto na forma de ensinar quanto no uso de tecnologia. Esses métodos de ensino, aqui chamados de novos métodos, além de facilitarem o aprendizado, contribuem para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de cursos e disciplinas.

Outro aspecto que contribui para o desenvolvimento de novas técnicas de ensino é a crescente evolução das exigências feitas pelo mercado de trabalho aos recém formados. Diante disso, muitas universidades têm adotado uma política diferenciada, mais focada no aprendizado prático, para aumentar a qualidade do ensino. Assim, nos últimos anos o uso de recursos como jogos, simulação, cenários, dentre outros, têm sido usados com sucesso para ensinar engenharia de produção (RIIS, JOHANSEN E MIKKELSEN, 1995a). Da mesma forma, tais recursos de ensino são também utilizados dentro das empresas (RIIS, JOHANSEN E MIKKELSEN, 1995a). Para esses autores, jogos aplicados nas empresas podem ajudar a melhorar o entendimento e a compreensão de novos métodos de produção, de sistemas recém implementados, ou mesmo testar novas soluções para velhos problemas.

No entanto, os jogos ainda são pouco utilizados (PROENÇA JÚNIOR, 2003). Isso é agravado quando se leva em conta os benefícios que os jogos, os cenários, proporcionam para o desenvolvimento do participante. Entretanto, segundo o autor, o pouco uso de jogos nas universidades e nas empresas se

deve à dificuldade em se criar um jogo. Da mesma forma, ainda pouco se usa o computador como ferramenta de ensino (GODOY, 1997a). Além disso, o uso de novas tecnologias, principalmente as relacionadas com computadores e simuladores, necessita de habilidades extras, tanto dos participantes quanto do instrutor (BENZING e CHRIST, 1997).

Contudo, é preciso apostar nas novas técnicas de ensino, pois elas proporcionam um aprendizado ativo, ou seja, o estudante deixa de aprender da forma passiva proporcionada pelos métodos tradicionais e passa a interagir com o tema, passando a uma forma mais ativa de aprender (MOREIRA, 1997), além de poder processar informações de maneira rápida e precisa (GODOY, 1997b). No mesmo sentido, Feinstein, Mann e Corsun (2002) argumentam que as atividades de ensino nas quais os alunos aprendem imersos no tema, aprendem melhor, além de desenvolver melhores habilidades cognitivas e capacidade crítica sobre o assunto. Ao mesmo tempo, os novos métodos de ensino proporcionam uma visão sistêmica, pois os novos métodos de ensino relacionam vários temas ou mesmo criam ambientes semelhantes aos reais (FIGUEIREDO, ZAMBOM e SAITO, 2001).

Devido a essa característica, os jogos, a simulação e os cenários começam a ser utilizados na indústria com mais frequência. Kapp, Latham e Latham (2001) sugerem, como solução para a carência de visão sistêmica dos empregados, o uso das novas técnicas de ensino, para que os usuários do sistema consigam enxergar a empresa como um todo. Isso vem ao encontro da afirmação que, atualmente, estes métodos são mais usados para capacitar e treinar nas empresas do que para educar (FEINSTEIN, MANN e CORSUN, 2002).

De qualquer forma, os novos métodos de ensino visam à criação de ambientes cada vez mais próximos da realidade. Além disso, eles buscam criar, dentro do possível, uma visão sistêmica do ambiente. No entanto, dentro do contexto pedagógico o uso de jogos, cenários, entre outros, necessitam estar inseridos dentro de uma estrutura curricular de uma disciplina. Em outras palavras, estes métodos precisam de um embasamento teórico para validar o ensino e os aspectos pedagógicos (PROENÇA JUNIOR, 2003).

Nesse sentido, os métodos precisam estar embasados na teoria para suportar o andamento do mesmo, ou seja, o usuário (jogador, aluno, etc.) precisa aplicar a teoria ou extrair do jogo o conhecimento que ele se propõe a passar. Nesse contexto, Proença Junior (2003) aponta três critérios que devem ser levados em conta para a formulação desses métodos:

- motivacional;
- aplicabilidade do conteúdo;
- abertura.

O aspecto motivacional diz respeito à temática ou a dinâmica do método. Ele deve estimular o interesse e motivar o usuário em continuar “jogando” e alcançar os objetivos do jogo. Para isso, é preciso escolher temas contemporâneos e motivadores que estão na vanguarda no momento. Nesse contexto, é preciso também ter o cuidado de escolher temas que não são passageiros, limitando assim a contemporaneidade e motivação do tema.

O aspecto aplicabilidade do conteúdo visa contrapor os objetivos de ensino e do método com os objetivos gerais da disciplina ou curso. Finalmente, o aspecto abertura constitui em ampliar o alcance, referente ao aprendizado, para outras disciplinas ou cursos, ou seja, envolver novas disciplinas na aplicação do jogo, aumentando assim o leque do aprendizado que o jogo abrange.

Ainda é preciso destacar que a simulação, principalmente a computacional, pode servir como base para os demais métodos. Apesar da impressão de que os métodos, cenário, jogos e *case*, estarem contidos dentro de simulação, na verdade, são eles que podem conter a simulação. Isso se deve ao fato da simulação ter como finalidade fazer algo parecer real (HOUAISS e VILAR, 2001) em qualquer âmbito, sendo isso a premissa dos demais métodos, além da simulação por si só ser um método de ensino. A Figura 4.1 tenta elucidar essa relação.

Na Figura 4.1, os círculos representam cada método de ensino (simulação, jogos, cenário e *case*).

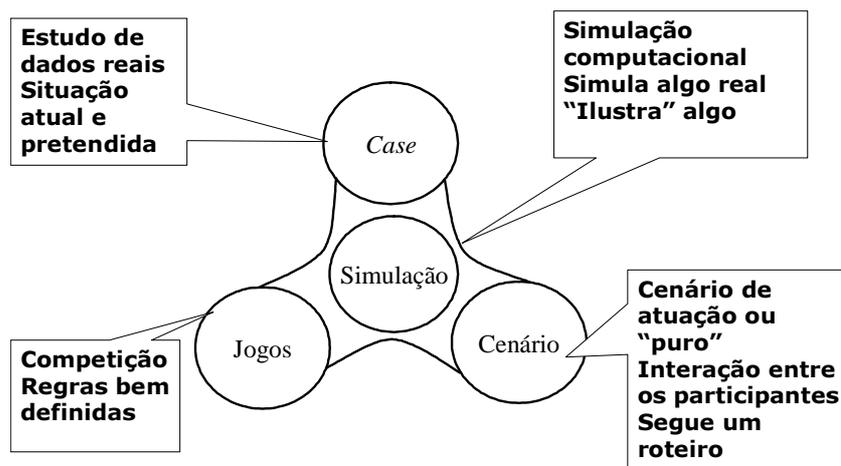


FIGURA 4.1 RELAÇÕES ENTRE OS NOVOS MÉTODOS DE ENSINO

FONTE: ADAPTADO DE ANTONIO ET AL. (2005)

Como a pesquisa trata somente da simulação os outros métodos não são detalhados, assim, para maiores detalhes sobre Cenário consulte Feinstein, Mann e Corsun (2002), Sogunro, (2004), Barbalho, Amaral e Rozenfeld (2003) e Mundin *et al.* (2002), sobre método Case consulte Jennings (2002) e Godoy e Cunha (1997) e sobre Jogos consulte Proença Junior (2003), Sparling (2002), Godoy e Cunha (1997) e Ruohomäki (1995). E para uma visão geral consulte Antonio *et al.* (2005).

No entanto, independente do método de ensino da Figura 4.1, qualquer simulação segue praticamente o mesmo padrão no seu desenvolvimento. Deste modo, as principais características para todos os métodos apoiados na simulação, são, segundo Riis, Johansen e Mikkelsen (1995b):

- foco claro e restrito a poucos temas;
- nível do jogo adequado aos participantes;
- conhecimento do tema pelos participantes;
- representação de um ambiente real, para que os participantes possam fazer analogia com a realidade;
- nível de abstração de acordo com as limitações dos participantes, não contendo, se possível, pontos ambíguos;
- resultado mensurável, de preferência quantitativamente;

- conter direcionadores, tais como, desafios, competição e pressão.

Para melhor entender com os métodos de ensino baseados na simulação melhora o aprendizado é preciso entender primeiramente o ciclo de aprendizado e depois como ele se relaciona com esses métodos. Assim, os próximos dois tópicos trata justamente disso.

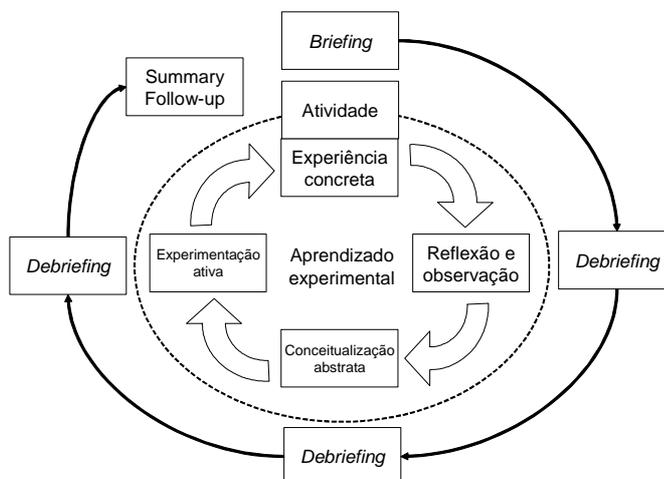
4.1. CICLO DE APRENDIZADO IMERSO NA SIMULAÇÃO

A partir do Ciclo de Aprendizado (CA) de Kolb, Rubin e McIntyre, (1978), Ruohomäki (1995) associa a ele as fases dos jogos simulados. Já que para o autor os jogos simulados fazem parte dos métodos de ensino baseados na experimentação. Nesse sentido, é importante que as quatro fases do CA sejam executadas para que os objetivos de aprendizado e ensino sejam alcançados.

Primeiramente, Ruohomäki (1995) divide em três fases os jogos simulados, são elas:

- introdução ou *briefing* antes do início do jogo;
- a execução do jogo;
- finalização ou *debriefing* após o término do jogo.

A partir disso, o autor mescla o CA com as três fases dos jogos simulados. O resultado está ilustrado na Figura 4.2.



FONTE: RUOHOMÄKI (1995)

FIGURA 4.2 CICLO DO APRENDIZADO IMERSO NAS ETAPAS DOS JOGOS SIMULADOS

Na primeira fase, o jogo deve ser cuidadosamente introduzido. No geral, deve se familiarizar os participantes com as regras e diretivas e explicitar corretamente e claramente os objetivos de aprendizado que se espera do jogo (RUOHOMÄKI, 1995).

Ainda na primeira etapa do CA, logo após o *Briefing*, ocorre a experimentação concreta como ilustrado na Figura 4.2. Nela os resultados alcançados são medidos através dos efeitos provocados nos indivíduos, no comportamento dos grupos e na fixação do conhecimento adquirido. Ruohomäki (1995), com base na literatura, descreve cada um desses indicadores (efeito provocado no indivíduo, no grupo e a fixação do conhecimento). Assim, com base no autor, os efeitos provocados nos participantes são:

- avanços no conhecimento do tema tratado;
- mudança correlacionada com os fenômenos sociais;
- mudanças na própria pessoa;
- desenvolvimento de valores e atitudes, como cooperação ou competição.

Os efeitos provocados nos grupos participantes:

- melhora na comunicação e cooperação;
- desenvolvimento das habilidades de interação e aumento na aceitação dos indivíduos;
- mudanças na relação em sala de aula, aumentando a empatia entre os alunos com os demais indivíduos.

E por fim, a fixação do conhecimento:

- A fixação do conhecimento é definida como a generalização do conhecimento, dos princípios gerais, das habilidades ou das atitudes desenvolvidos na atividade e depois transferidas para as situações da vida real.

A próxima etapa do CA compreende a observação e reflexão. Nela ocorre a terceira fase dos jogos simulados proposto por Ruohomäki (1995).

Nessa fase, os participantes estão aptos a compartilhar as reações e as observações a partir de várias perspectivas. Nesse contexto, inicia-se o processo de reflexão, onde é recordada a experiência vivida, expostos os sentimentos envolvidos e reavaliada a experiência vivida (RUOHOMÄKI, 1995).

Na próxima etapa do CA, executa-se a conceitualização abstrata do conhecimento adquirido. Para tanto, discute-se em grupo o que foi aprendido. Esta etapa está ligada à fase três dos jogos simulados (*Debriefing*) proposta por Ruohomäki (1995).

E por fim, a experimentação ativa que representa a atividade chave do processo de aprendizado, sendo a parte mais importante dos jogos simulados (RUOHOMÄKI, 1995). No geral, a fase de finalização compreende as atividades do jogo que são responsáveis por tornar o conhecimento em aprendizado. Para tanto, o autor diz que a finalização é o processo de reflexão da qual provém detalhes e significados para a experiência vivida. Assim, a finalização deve conter, segundo Ruohomäki (1995) os seguintes fatores:

- Identificar e considerar o processo simulado e o modelo.
- Clarear os fatos, conceitos e princípios que foram utilizados no jogo.
- Identificar diferentes percepções dos participantes.
- Identificar os aspectos emocionais.
- Identificar o impacto da experiência em cada participante e a evolução de cada grupo de participante.

4.2. SIMULAÇÃO

A simulação teve origem nos estudos matemáticos das filas. Este estudo tem como pioneiro o dinamarquês A. K. Erlang que em 1908 formulou a teoria das filas quando estudava o problema de redimensionamento de centrais telefônicas (PRADO, 1999).

A modelagem de sistemas dinâmicos pode ser vista como um processo de mapeamento que utiliza gráficos, diagramas, palavras e álgebra simples e amigável para atrair e passar conhecimento (FIGUEIREDO, ZAMBOM e

SAITO, 2001). Para isso, segundo esses autores, cria-se uma representação de uma parte da realidade que é filtrada e selecionada, onde se pode testar, desafiar e redefinir os conceitos, passados anteriormente por práticas de ensino convencionais.

A simulação, atualmente, é considerada a melhor técnica para estudar ou entender sistemas, pois a simulação contribui para uma análise da realidade sem muita dificuldade (ABDURAHIMAN *et al.*, 2000).

Em um contexto geral, dentro da manufatura a simulação vem responder a duas questões básicas (PRADO, 1999):

- Qual a quantidade correta de recursos?
- Qual a melhor disposição e utilização dos recursos?

Partindo dessas questões pode-se resumidamente apresentar as principais razões para utilizar a simulação na manufatura e na SCM (SALIBY, 1989):

- modelos mais realistas;
- processo de modelagem evolutivo (partindo de modelos simples para os mais complexos);
- possibilidade de fazer simulações do tipo *what if*;
- possibilidade de reduzir a complexidade da realidade focando somente nas variáveis importantes do problema;
- fácil interface e utilização com o usuário, mesmo que ele seja leigo no assunto;
- soluções rápidas, porém pobres (*Quick and Dirty*), as respostas vindas do modelo são em tempo reduzido, mas com limitações, pois não é possível modelar a realidade toda;
- custo de aquisição de recursos computacionais (*software e hardware*) relativamente baixo.

A simulação pode ser entendida como sendo um experimento numérico com modelos lógico-matemáticos. Esse tipo de abordagem possibilita à

simulação uma aplicação ampla, caracterizando-a como um instrumento de pesquisa flexível. Assim, ela somente é limitada pela impossibilidade de gerar o modelo de referência (SALIBY, 1989).

Freitas (2001) aponta os principais motivos para se usar a simulação como método de análise. Eles podem ser resumidos em:

- o sistema real não existe;
- experimentar com o sistema real não é vantajoso;
- experimentar com o sistema real não é possível, devido à periculosidade, a morosidade ou a brevidade do sistema real.

A simulação tem uma vasta aplicação. No entanto, algumas são mais comuns. Nesse sentido Prado (1999) aponta as principais aplicações da simulação. Para o autor a simulação é mais aplicada para simular:

- linhas de produção;
- logística;
- comunicação;
- varejo e prestadoras de serviços;
- estudo de confiabilidade;
- processamento de dados;

Freitas (2001) é mais específico quanto aos possíveis sistemas que podem ser simulados. Ele divide os sistemas em cinco grandes tipos. Para ele os possíveis usos da simulação, são:

- Sistemas de produção;
- Sistemas de transporte e estocagem;
- Sistemas computacionais;
- Sistemas administrativos;
- Sistemas de prestação de serviços diretos ao público.

Apesar da simulação ter ampla utilização, ela é mais usada para simular

sistemas manufatureiros ou logísticos (PRADO, 1999). Isso se deve principalmente a facilidade para modelar estes sistemas e a pressão competitiva do setor.

Nesse sentido, as principais questões trabalhadas na simulação no âmbito de manufatura, serviços e logística (PRADO, 1999) Tudo isso vem ao encontro da afirmação de Harrel *et al.* (2002) que diz:

“A simulação é uma ferramenta poderosa no desenvolvimento de sistemas mais eficientes. Atualmente, é possível construir modelos e re-configurar sistemas reais em poucos dias.”

A criação de uma simulação é precedida da elaboração do modelo. Para Abdurahiman *et al.* (2000), a fase mais importante e difícil da simulação é a de modelagem. Segundo os mesmos autores a experiência demonstra que na fase de modelagem quando se tenta incluir muitos detalhes o modelo torna-se mal feito e muito dispendioso.

O modelo, por sua vez, é definido como um “sistema” que busca representar a realidade ou parte dela. Feinstein, Mann e Corsun (2002) acrescentam que o modelo pode ser:

- verbal – como um *script*;
- gráfico – por meio de desenhos e ilustrações;
- físico – como um modelo para avaliar a aerodinâmica em um túnel de vento;
- matemático – como modelos e equações matemáticas.

A função dos modelos é representar a realidade. Em suma, os modelos representam apenas uma parte da realidade, pois é inconcebível acreditar que a realidade pode ser modelada perfeitamente e por completo. Assim, no limite, os modelos representam algo perto da realidade que, via de regra, precisa de certa abstração para que o modelo seja validado ou compreendido (BERTRAND e FRANSSO, 2002). Desta forma, os modelos estão aptos para explicar ou predizer certos comportamentos ou, mesmo, avaliar a realidade.

Dependendo do modelo adotado e o objetivo da simulação, ela pode ser classificada como (SALIBY, 1989):

- determinística ou probabilística;
- estática ou dinâmica;
- discreta ou contínua.

O primeiro tipo é caracterizado por ter todas as variáveis determinísticas. Deste modo, esse problema pode ser analisado analiticamente. Nesse tipo de simulação encontra-se as simulações financeiras e macroeconômicas. Já a simulação probabilística busca a aproximação da realidade. Para tanto, faz uso de estatística para representar o comportamento das variáveis, dando a elas, características semelhantes ao comportamento real (SALIBY, 1989).

A simulação estática é usada quando o tempo não é importante. Neste tipo de simulação, as variáveis não se alteram durante o tempo. Porém, o método mais utilizado é o dinâmico. Nele as variáveis variam ao longo do tempo. Essa variação pode ocorrer com incrementos de tempo constante (a cada ano, mês, etc) ou com incrementos variáveis (dependendo do quanto se pretende avançar no tempo) (SALIBY, 1989).

Por último, a simulação discreta, onde o tempo da simulação varia de acordo com os acontecimentos, em outras palavras, o tempo pula de acontecimento em acontecimento. Este tipo é o mais utilizado em simulações de manufatura. Já na simulação contínua, pelo menos tem-se uma variável relacionada com o tempo. Deste modo, a simulação varia de acordo com o tempo. Como exemplo temos a temperatura do óleo em um forno (SALIBY, 1989).

Feinstein, Mann e Corsun (2002) além de classificar a simulação em discreta e contínua, acrescentam a simulação combinada, onde o modelo tem variáveis que variam continuamente e discretamente. Para os autores o método mais utilizado em gerenciamento e controle da produção é a discreta, pois essa tipo de simulação está centrada nos acontecimentos que ocorrem no sistema simulado. Em outras palavras, o modelo só conta o tempo se o algo

está sendo executado, desta forma o tempo de simulação vai saltando de acordo com os acontecimentos, como exemplo tem-se chegada de uma peça ou o fim do processamento da mesma.

Os modelos podem ser simulados em diferentes *software*. Os modelos fundamentados em planilhas são os mais fáceis e os menos custosos. Tais modelos utilizam programas padrão de planilha, como o Excel. Esse método é muito útil, pois permite simular quase todos os tipos de ambientes empresariais. No entanto, esse método é mais utilizado para simular fluxo de caixa, previsão de vendas e rendimentos.

Os modelos também podem ser simulados em simuladores. Neste caso, o aluno interage com o programa, jogando contra o computador ou interagindo com o modelo criado. Para Bertrand e Fransso (2002) essa técnica é usada quando o problema ou processo em estudo é muito complicado para modelar apenas matematicamente, pois a simulação por computador consegue trabalhar com uma gama maior de variáveis.

Os computadores oferecem a possibilidade de utilizar praticamente todos os tipos de programas (*software*), desde os mais simples e fáceis de utilizar como editores de texto e planilhas de cálculo, até programas específicos e detalhados feitos sob encomenda. Atualmente, existem muitos programas para simular que podem ser classificados em cinco categorias. As cinco categorias proposta por Curry e Moutinho (1992), são:

- Modelos em planilhas.
- Jogos de empresa (*Business Game*) e simulação especializada (*Specialised Simulations*).
- Programas de Treinamento baseado em computador (*Computer Based Training –CBT*) e de Ensino assistido por computador (*Computer Assisted Learning–CAL*).
- Sistemas especialistas (*Expert Systems*).
- Sistemas inteligentes de ensino (*Intelligent Tutoring Systems*).

Ainda pode-se destacar algumas tecnologias que proporcional um

aprendizado diferenciado e de qualidade. O Quadro 4.1 traz as principais ferramentas tecnológicas que são usados no ensino.

Tecnologia	Vantagens	Limitações
Televisão e Rádio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande penetração de massa. ➤ Aumenta a eficiência e produtiva do ensino formal. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baixa interação aluno-tecnologia. ➤ Baixa socialização, avaliação e feedback precários.
Laboratório de ensino (conjunto de mídias e ferramentas de ensino)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensino flexível e individualizado. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baixa capacidade e velocidade de operação. ➤ Método de ensino limitados.
Multimídia interativa (computador)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta flexibilidade. ➤ Ensino individualizado. ➤ Eleva amplitude dos recursos educacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Custo dos equipamentos. ➤ Custo de produção de software.
Redes de Telecomunicações (ensino a distância)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande possibilidade de penetração de massa. ➤ Estimula o trabalho integrado de grupos. ➤ Possibilita o feedback aos alunos e professores ➤ Requer novos desenvolvimentos pedagógicos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Custo dos equipamentos ➤ Custo de tarifa e comunicações ➤ Requer a seleção e uso de equipamentos adequados; ➤ Requer o treinamento adequado dos professores.

FONTE: ADAPTADO DE WEISS (1997)

QUADRO 4.1 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS DE INFORMAÇÃO NA EDUCAÇÃO

De uma forma geral, nos últimos anos os *software* de simulação evoluíram tanto na capacidade e eficiência quantitativa quanto na parte gráfica. A evolução quantitativa possibilitou uma considerável melhora na obtenção dos resultados. Enquanto que a evolução gráfica possibilitou uma melhor visualização das atividades e, principalmente, da lógica. Na visão de Abdurahiman *et al.* (2000) essa melhora da interface gráfica, por meio de ícones, gráficos, *templates*, etc., facilitou a modelagem do sistema pretendido, pois ilustra claramente a função lógica estabelecida. Além disso, torna a

modelagem mais simples e rápida. Os mesmo autores argumentam que uma boa visualização das atividades simuladas torna o modelo desenvolvido mais compreensível.

Certamente, a simulação em computadores é hoje uma das ferramentas de ensino mais poderosas (CURRY e MOUTINHO, 1992). Isso se deve, principalmente, a possibilidade de criar ambientes mais perto do real, no qual é possível testar alternativas. Isso é conhecido como análises *what-if* (“e se”). Nesse contexto o indivíduo é estimulado a buscar novas alternativas para o mesmo problema, já que não existe uma solução única (FREITAS, 2001).

As vantagens desse método sobre os demais são inúmeras. Entretanto, quando analisado sobre a ótica do ensino, as vantagens podem ser resumidas, segundo Curry e Moutinho (1992), como:

- Decisões de longo e curto prazo;
- Aprendizado Ativo (*Active learning*);
- Tomada de Decisão (Decision-Making);
- Introdução às incertezas;
- Aumento da motivação por meio da competição;
- Uso do computador para auxiliar nas decisões;
- Ensino mais eficiente;
- Facilita o ensino à distância;

Freitas (2001) também descreve as vantagens do uso da simulação. Para ele as vantagens são:

- os modelos podem ser reaproveitados;
- permite a avaliação de um sistema idealizado;
- é mais fácil de aplicar do que um métodos analíticos;
- requer menos simplificações do que o método analítico;
- pode ser tão detalhados quanto o sistema real;
- hipóteses de como e por quê podem ser comprovadas;

- o tempo pode ser controlado;
- pode-se determinar o grau de importância das variáveis;
- pode-se visualizar melhor as restrições do sistema;
- possibilita uma visualização sistêmica;
- pode-se testar situações pouco prováveis ou prevê-las.

As vantagens da simulação, de certa forma, encorajam a sua utilização. Isto tem provocado um aumento na sua utilização. Na *survey* realizada com 1.085 integrantes de uma grande associação das escolas de *business* nos Estados Unidos, comprovou um aumento no uso da simulação nos cursos de marketing e gerenciamento (*management*). Esses cursos, segundo a pesquisa, tinham a maior porcentagem de uso de simulação, cerca de 58%. A pesquisa também constatou que para maioria dos entrevistados concordam que a simulação possibilita um aprendizado menos teórico e mais prático. (FARIA e WELLINGTON, 2004).

De maneira geral, a pesquisa também pode constatar que as principais vantagens da simulação, segundo os usuários, são:

- A simulação desperta o interesse e motiva os estudantes;
- Os jogos integram as diferentes áreas funcionais de uma empresa;
- A simulação possibilita avaliar melhor a compreensão sobre o assunto tratado.

No entanto, a simulação em computadores apresenta algumas desvantagens. Nesse sentido, Curry e Moutinho (1992), destacam as seguintes desvantagens desse método:

- O método pode passar uma falsa impressão de precisão e confiabilidade, por apresentar uma visão muito estruturada ou simplificada da realidade.
- O método pode encorajar, às vezes, o uso de técnicas e modelos que são atrativos por serem apenas convenientes para alcançar os resultados.
- O modelo pode parecer artificial e inventado, estando muito fora da realidade.

- O modelo pode estar excessivamente elaborado, prejudicando a utilização do mesmo pelo usuário.
- Pode existir uma atenção demasiada em aspectos supérfluos, como gráficos, desenhos, etc.

Da mesma forma Freitas (2001) descreve as desvantagens da simulação como sendo:

- necessita de habilidades específicas e multidisciplinar do executor do modelo;
- às vezes os resultados precisam ser repensados para facilitar sua compreensão, assim como no modelo;
- consumo excessivo de recursos e tempo.

Entretanto, o uso da simulação não é tão simples, pois segundo Abdurahiman *et al.* (2000), para criar e utilizar simulação é necessário conhecimentos e experiências multifacetadas e multidisciplinares.

Além disso, tradicionalmente, a simulação ou jogos simulados possuem inúmeras variáveis. Essas variáveis devem ser capazes de levar o participante ao aprendizado, caso a contrário, pode segmentar maus hábitos e conceitos errados. No entanto, essas variáveis nem sempre são fáceis de controlar, pois elas abrangem um enorme leque, como por exemplo, condições do jogo ou simulação, variáveis interna do jogo, assim como, as variáveis sociais dos grupos e dos indivíduos (RUOHOMÄKI, 1995).

Para apoiar a construção dos modelos simulados é desenvolvido no capítulo a seguir a metodologia de pesquisa e a de construção do modelo.

5. METODOLOGIA DE PESQUISA E DE CRIAÇÃO DE UM MODELO SIMULADO EM PROMODEL

A metodologia de pesquisa e criação serve para suportar a confecção dos modelos representativos das práticas e iniciativas da SCM e da Logística simuladas. Assim, este capítulo tem a preocupação de demonstrar a metodologia adotada, além de seqüenciar e de descrever os passos de elaboração de um modelo em ProModel. Para tanto, o capítulo está dividido em quatro sub-capítulo. Sendo que eles abordam, respectivamente, a metodologia de pesquisa, a introdução ao ProModel, os passos para desenvolver uma simulação e a metodologia utilizada na confecção dos modelos, sendo esta, uma narrativa dos passos empíricos adotados na construção dos modelos.

5.1. METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Marconi e Lakatos (2002) uma pesquisa vem debater um certo problema ou fenômeno que necessita ser conhecido. Enquanto que Gil (2002) define pesquisa como sendo um procedimento racional e sistemático com a finalidade de solucionar problemas ou dúvidas. Nesse contexto, pode-se dizer que este trabalho tem como problema de pesquisa a necessidade de aumentar o conhecimento sobre os temas estudados e a aplicação dos mesmos em modelos de simulação.

Independente do tipo da finalidade ou tipo de pesquisa, para que os dados tornem informações relevantes é necessário que a pesquisa científica seja conduzida de forma estruturada. Para tanto, é necessário que a pesquisa seja classificada de acordo com o tipo mais adequado. E ainda, em certos casos é necessário que haja uma metodologia que fundamente a pesquisa, validando assim, a pesquisa (GIL, 2002). Especificamente, no caso de pesquisa quantitativa com simulação, é necessária uma metodologia mais rigorosa, pois todas as etapas precisam ser validadas, ou seja, a etapas precisam estar muito bem fundamentadas para que sejam validadas.

O primeiro passo na classificação da pesquisa consiste em classificá-las

de acordo com a sua natureza ou tipo. Marconi e Lakatos, 2002 classificam a pesquisa em:

- Pesquisa básica pura ou fundamental - onde a busca do conhecimento é feita através da pesquisa teórica sem a necessidade de contrapô-la com a prática.
- Pesquisa aplicada - neste caso teoria é confrontada com a prática.

Nesse sentido, a pesquisa é do tipo pura ou fundamental, pois almeja criar modelos que representam a realidade, mas não são confrontados com a realidade. Sendo assim, o modelo teórico (modelo conceitual) não é confrontado com a prática para o mesmo ser validado. Em suma os objetivos da pesquisa é a construção de modelos “artificiais” que representam a realidade, servindo para aumentar o conhecimento sobre o assunto.

Ainda, Marconi e Lakatos (2002), apresentam, a partir da literatura, várias outras classificações de pesquisa. Nesse levantamento podem-se encontrar os seguintes tipos de pesquisa:

- Histórica;
- descritiva;
- experimental;

Da mesma forma, Santos (1999), divide a pesquisa científica de acordo com os objetivos que a mesma pretende alcançar. Para o autor uma pesquisa pode ser: Exploratória, Descritiva e Explicativa. O autor caracteriza a pesquisa exploratória como sendo a primeira aproximação de um certo tema que se pretende conhecer melhor. A pesquisa descritiva, segundo o autor, é aplicada após a pesquisa exploratória, com o intuito de descrever o fato ou fenômeno. E a explicativa vem a explicar algum fato ou fenômeno. Os tipos de pesquisas apresentados por Santos (1999) se assemelham aos tipos apresentado por Marconi e Lakatos (2002), ficando de fora apenas a histórica que descreve o futuro a partir da generalização das evidências do passado.

Gil (2002) acrescenta que a pesquisa exploratória tem como objetivo o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições. Ainda o mesmo autor

destaca que na maioria dos casos essa pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos. Sendo assim, ela é recomendada para pesquisas do tipo pesquisa bibliográfica ou estudo de caso. Já a pesquisa descritiva vem a descrever as características de um grupo ou sistema. Para o autor o tipo de pesquisa mais apropriado é o levantamento. Por fim, a explicativa que tem como objetivo responder o porquê das coisas. Ela é comumente utilizada para pesquisa experimental e *ex-post facto* (Gil, 2002).

Como o objetivo desta pesquisa é criar modelos representativos da SCM e da Logística para serem utilizados na pesquisa ou no ensino, ela necessita de uma abordagem particular, pois possui características distintas como o uso de modelos quantitativos.

Assim, outra classificação é necessária como a apresentada por Oliveira (1997). O autor separa os métodos de pesquisa em **Estudo Descritivo com Abordagem Quantitativa** e Qualitativa. Essa separação é mais conveniente para este trabalho, pois ele mostra a abordagem quantitativa. A abordagem quantitativa visa quantificar opiniões, dados e informações com o auxílio de práticas quantitativas, como modelos matemáticos e estatísticos. Desta forma, a pesquisa com modelos simulados, devido a suas características, estão inseridos na pesquisa quantitativa.

As pesquisas do tipo quantitativas utilizam hipóteses fortes e bem formuladas (BERTO e NAKANO, 2000). Este tipo de pesquisa:

“...baseiam-se no método lógico-dedutivo, buscam explicar relações causa-efeito e através da generalização dos resultados, possibilitam replicações. Sendo assim, esse tipo de pesquisa privilegiam estudos do tipo antes e depois”

(BERTO e NAKANO, 2000, pg. 66).

Assim é preciso tomar certos cuidados na elaboração das hipóteses. Berto e Nakano (1998) citam as principais preocupações que devem ser tomadas na formulação das hipóteses e na utilização do método dedutivo, são elas:

- As hipóteses devem conter conceitos que possam ser medidos para sua

verificação.

- As hipóteses devem demonstrar uma relação causa-efeito de forma explícita ou implícita.
- Deve-se tomar cuidado em não generalizar demais às conclusões da pesquisa.
- A pesquisa precisa estar bem fundamentada para que outro pesquisador possa repeti-la.

Por fim, Marconi e Lakatos (2002) apresentam os tipos de pesquisas baseados na coleta de dados ou pesquisa de campo. Assim, os tipos de pesquisa são:

- Quantitativo-Descritivas;
- Exploratória;
- Experimentais.

Santos (1999) também separa o tipo de pesquisa quanto ao procedimento de coleta. Para o autor a pesquisa pode ser dividida como:

- Experimental
- Levantamento de dados de uma dada população
- Estudo de caso
- Pesquisa bibliográfica
- Pesquisa documental
- Pesquisa - ação
- Pesquisa participante
- Pesquisa quantitativa
- Pesquisa qualitativa

Na classificação mais ampla proposta por Santos (1999), a pesquisa pode ser fundamentada em experimentos, revisão bibliográfica e na participação. Já na classificação proposta por Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa pode ser classificada Experimental, pois visa à ampliação do

conhecimento e o aprofundamento no tema através de experimentos controlados. Berto e Nakano (1998) confirmam essa classificação argumentando que somente dois métodos de pesquisa que podem ser quantitativo: o experimental e a *survey*.

No caso da simulação o que se pretende em linhas gerais, é estudar as relações causa-efeito entre as variáveis. Nesse sentido, fica claro que a subdivisão da pesquisa se enquadra no estudo de relações entre variáveis.

Para tanto, são criados os modelos. Eles são frutos da abstração de um sistema real. Sendo assim, a função dos modelos é representar a realidade. Neste sentido, pode-se definir Simulação como sendo uma experimentação que usa modelos que representam um sistema real. A partir deste modelo é estudado como o sistema real reagiria a mudanças na sua estrutura, no ambiente e nas condições de contorno. (HARREL *et al.*, 2002).

Bertrand e Fransso (2002) dividem a pesquisa baseada em modelos quantitativos no Gerenciamento de Operações em duas classes: Axiomática⁹ e Empírica.

A primeira classe baseia-se em modelos idealizados, ou seja, formulados a partir da literatura. Nesta classe, o conhecimento é gerado pelo aprofundamento no conhecimento do comportamento de certas variáveis, assumindo o comportamento estático das outras variáveis que compõem o modelo. Ainda, nesta classe, pode-se gerar conhecimento aprendendo como se manipula certas variáveis, fazendo elas assumirem certos comportamentos com base em outras variáveis. (BERTRAND e FRANSSO, 2002).

As pesquisas Axiomáticas podem ser divididas em dois tipos: Normativa e Descritiva. A primeira é menos usada. Ela é designada para desenvolver políticas, estratégias ou ações dentro do Gerenciamento de Operações. Desta forma, a pesquisa normativa vem a melhorar os resultados encontrados na literatura para um dado problema, encontrar um resultado “ótimo” para um problema definido ou comparar várias estratégias para um problema

⁹ De axioma – princípio evidente, que não precisa ser demonstrado, ou seja, sua procedência não é contestada, pois é evidente.

específico. Já a pesquisa axiomática descritiva tem como objetivo analisar um modelo para melhor compreendê-lo e explicá-lo (BERTRAND e FRANSSO, 2002).

As pesquisas do tipo Empíricas baseiam-se em dados reais. Assim, o ponto central deste tipo de pesquisa é a criação do modelo que melhor se ajusta à realidade que se pretende representar. Assim como, a pesquisa axiomática, a pesquisa Empírica pode ser dividida em descritiva e normativa. A pesquisa Empírica Descritiva visa à elaboração de modelos com base nas relações causa-efeito das variáveis que compõem a realidade. Desta forma, este tipo de pesquisa ilustra como o processo modelado funciona. Já a pesquisa Empírica Normativa objetiva o desenvolvimento de políticas, estratégias e ações. Entretanto, este método de pesquisa, não aprofunda muito nas análises (BERTRAND e FRANSSO, 2002).

Mitroff *et al.* (1974) desenvolveram um modelo metodológico para conceitualização de pesquisas na área de gerenciamento de operações para modelos quantitativos. (MITROFF *et al.*, 1974 *apud* BERTRAND e FRANSSO, 2002).

O modelo desenvolvido pelos autores está representado na Figura 5.1. Os principais elementos desse círculo são: Modelo Conceitual; Modelo Científico; Solução do Modelo; Problema ou Situação real. Em suma, os elementos significam o estado no qual a modelagem, matemática, estatísticos ou modelagem para simulação, se encontra. Deste modo, cada elemento está conectado com o seguinte por uma atividade que “transforma” um elemento no próximo elemento.

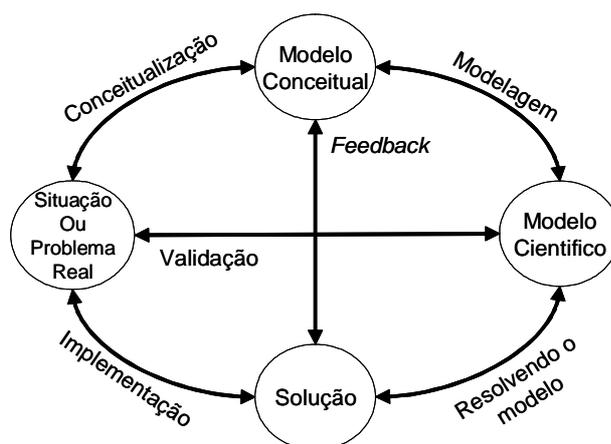


FIGURA 5.1 MODELO METODOLÓGICO PARA CONCEITUALIZAÇÃO DE PESQUISAS QUANTITATIVAS

FONTE: MITROFF ET AL. (1974) APUD BERTRAND E FRANSSO, 2002

Bertrand e Fransso (2002) relacionam os tipos de metodologia de pesquisa com o ciclo proposto por Mintroff *et al.* (1974). Um fato importante nesta análise é que todos os métodos de pesquisa para modelos quantitativos têm como ponto central o modelo científico. Para melhor entender o tipo de pesquisa utilizada o método axiomático é descrito com maior aprofundamento.

Método Axiomático para pesquisa quantitativa

Esse método parte do modelo conceitual que representa uma excelente descrição das características do processo ou problema que se pretende estudar. Nesse contexto, pode-se dizer que quando se estuda um processo a pesquisa é do tipo descritiva, enquanto se estuda um problema pode-se dizer que a pesquisa é do tipo normativa (BERTRAND e FRANSSO, 2002).

De maneira geral, esse método pode contribuir de duas formas segundo Bertrand e Fransso (2002): A primeira contribuição utiliza-se de técnicas de solução bem conhecida para elucidar um novo problema ou processo, já a segunda contribuição visa alcançar uma nova solução ou uma solução melhor para um problema ou processo antigo.

Uma variante desse tipo de pesquisa compreende a pesquisa quantitativa por simulação. Essa variante de pesquisa exige do pesquisador o conhecimento em modelagem computacional, além de outras habilidades como conhecimento em estatística e software de simulação.

Para Bertrand e Fransso (2002), essa técnica é usada quando o problema ou processo em estudo é muito complicado para modelar apenas matematicamente, pois a simulação por computador consegue trabalhar com uma gama maior de variáveis. Berto e Nakano (2000) advertem para a baixa relevância científica da pesquisa baseada na simulação computacional. Para os autores, este tipo de pesquisa é ótima desencadeadora do processo científico, dando boas soluções provisória que necessitam de investigação e verificação para alcançar um nível científico superior.

Neste contexto, Harrel *et al.* (2002) argumentam que a simulação sozinha não fornece soluções precisas e de cunho científico. Em geral, os resultados obtidos pela simulação são bons indicadores. No mais, as soluções da simulação são as somas de uma série de variáveis que contribuíram de forma sinérgica para o resultado final. Entretanto, os autores destacam que com o auxílio de técnicas de otimização avançada as soluções tornam algo mais próximo do ótimo, ou seja, com cunho científico. Outro ponto levantado pelos autores é o fato da simulação ser a última escolha quando os demais métodos, mais baratos e rápidos, não são capazes de representar bem o sistema real.

Como visto a pesquisa quantitativa com simulação envolve mais que uma disciplina ou área de conhecimento, já que para criar e utilizar a simulação é necessário um conhecimento e experiências multifacetadas e multidisciplinares (ABDURAHIMAN *et al.*, 2000).

Neste contexto, Marconi e Lakatos (2002) classificam a pesquisa de acordo com a quantidade de disciplinas necessárias para realizar a pesquisa. Deste modo à pesquisa pode ser do tipo Monodisciplinar ou Interdisciplinar. No caso desta pesquisa existe a necessidade de envolver diferentes áreas de conhecimento como Logística, Gestão da Cadeia de Suprimentos, simulação computacional e modelagem. Desta forma, a pesquisa é classificada como interdisciplinar.

O Quadro 5.1 apresenta o enquadramento da pesquisa de acordo com a teoria.

Parâmetros	Utilizado na pesquisa
Objetivo	Descritiva
Natureza	Pura ou Fundamental
Abordagem	Quantitativa
Método	Experimental
Quanto à quantidade de disciplinas envolvidas	Interdisciplinar
Quanto ao método quantitativo	Axiomático
Quanto ao tipo do método quantitativo	Descritivo

QUADRO 5.1 - ENQUADRAMENTO DESTA PESQUISA.

5.2. INTRODUÇÃO AO PROMODEL

O ProModelPC foi desenvolvido em 1988 para utilização no sistema operacional DOS na modelagem de sistemas manufatureiros, por isso seu nome PROduction MODELer (HARREL *et al.*, 2002). Com o aumento da utilização da simulação na indústria e os avanços da informática na década de 90 surgiu o ProModel para Windows. Ele possuía todas as características do anterior, mas agora contava com as vantagens multimídias do Windows. Com crescimento do uso da simulação por vários setores industriais criou-se o MedModel e o ServiceModel para atender os setores de saúde e de serviços (HARREL *et al.*, 2002).

O ProModel está apto a realizar todos os tipos de simulação, desde as mais simples a as mais complexas (PRICE e HARREL, 1999). O que proporciona essa flexibilidade ao ProModel é a capacidade de introduzir equações na lógica da simulação. Outro ponto forte é a facilidade e simplicidade dos comandos do programa (PRICE e HARREL, 1999). Tornando o ProModel um programa muito simples para simular. Outra característica marcante do programa é a fácil visualização da lógica construída por meio de visualização gráfica, além da separação dos principais elementos de modelagem, proporcionando uma maior flexibilidade e ampliando as possibilidades de modelagem (BERMON, 1997).

Essas características fazem do ProModel uma excelente ferramenta para simular qualquer sistema. Desta forma, nos últimos anos têm sido utilizado para simular cadeias de suprimentos de forma precisa e eficiente (BERMON, 1997).

O ProModel oferece outras ferramentas externas ao programa como sistema de otimização (SimRunner), emissão de relatórios e adequação de valores aleatórios a curvas de distribuição (Stat::Fit) (BERMON, 1997; PRICE e HARREL, 1999).

5.2.1. OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DA MODELAGEM EM PROMODEL

O ProModel possui inúmeros elementos para modelar um sistema. Os cinco primeiros são indispensáveis para qualquer modelagem (HARREL *et al.*, 2002). Os elementos são (BERMON, 1997) (PRICE e HARREL, 1999):

- a. Informações Gerais – define as unidades de tempo e de distância. Determina o nome do modelo e a biblioteca de ícones e gráficos. E também configura a lógica de início e término do modelo.
- b. Locais – são pontos fixos onde as entidades são “trabalhadas” e os recursos são “utilizados”. Eles podem ser também áreas de enfileiramento, armazenamento ou esteiras.
- c. Entidades – são os itens processados no sistema. Eles podem ser peças, pessoas, documentos, etc.
- d. Processamento – é a lógica que define as operações do modelo. Nele é definida a correlação entre as atividades, assim como os dados relevantes de processamento como o tempo de operação, a forma de movimento, etc.
- e. Chegadas – este elemento controla a chegada das entidades no sistema.
- f. Recursos – é um elemento que executa uma ação. Diferentemente, dos locais ele pode se mover pelo modelo em busca de tarefas. Geralmente, os recursos são pessoas, mas também pode assumir a função especial de ponte rolante ou grua.
- g. Redes de Percurso – são os “caminhos” que os recursos e as entidades

utilizam para deslocar.

5.3. DESENVOLVIMENTO DE UMA SIMULAÇÃO

Para desenvolver um modelo é preciso seguir uma certa seqüência de passos bem definidos. Riis, Johansen e Mikkelsen (1995) utilizaram o trabalho de Greenblat e Duke como base para desenvolver os princípios de um jogo simulado. Além disso, os autores, fazem uso da experiência adquirida sobre o tema, principalmente na área de gerenciamento da produção, para determinar descrever os quatro passos necessários para criar uma simulação. Para os autores os quatro passos são: inicialização, planejamento, criação e operação.

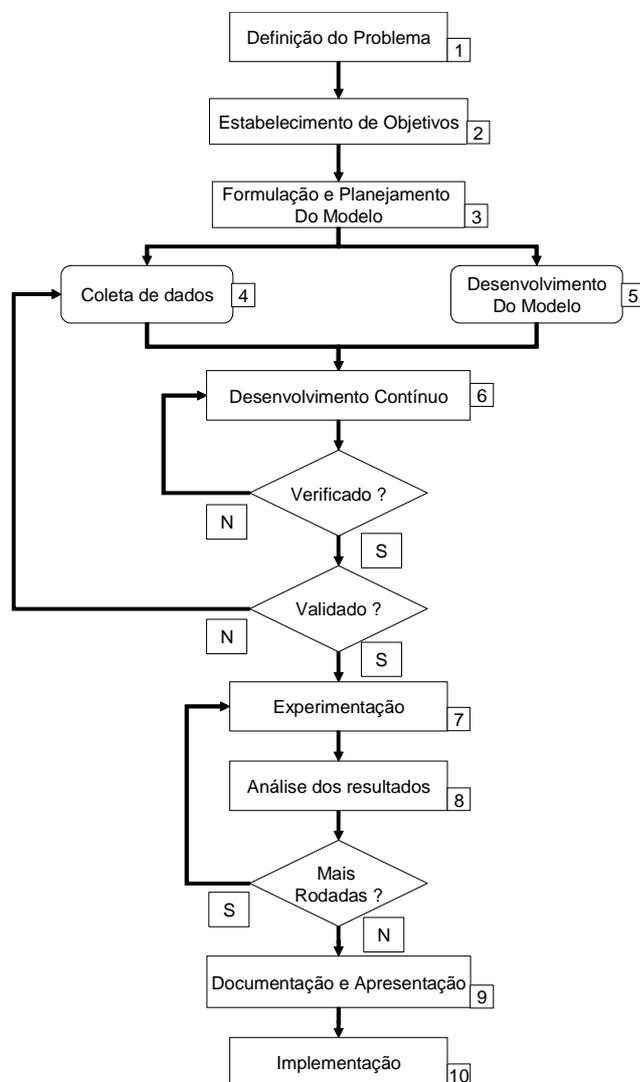
Harrel *et al.* (2002) suportados pelo trabalho de Banks e Carson (1984) descrevem os passos para a execução de um projeto de simulação. Os autores apresentam 10 etapas para execução de um projeto de simulação. As etapas e as seqüências delas estão na Figura 5.2. Nesta pesquisa foi adotada a seqüência e as etapas propostas por Harrel *et al.* (2002).

Inicialmente, é preciso avaliar alguns fatos importantes na elaboração, criação e execução de uma simulação. Riis, Johansen e Mikkelsen (1995) destacam os principais fatos que devem ser considerados para a criação ou seleção de uma simulação já existente:

- Realismo;
- relevância com relação aos objetivos pedagógicos;
- complexidade;
- interface como o usuário;
- ser de fácil operação;
- fazer o máximo uso dos recursos computacionais.

A construção de uma simulação envolve desde planejamento da simulação até a implementação dos resultados. O que ocorre entre essas duas etapas é detalhado a seguir. No entanto, deve se ter em mente que cada projeto de simulação é único, sendo assim, demanda diferentes esforços e habilidades dos executores, mas, de uma maneira geral, os passos para

elaboração e implementação de uma simulação podem ser representados como o proposto na Figura 5.2.



FONTE: HARREL ET AL. (2002)

FIGURA 5.2 PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO

5.3.1. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 1, 2 E 3

As três primeiras etapas consistem na parte mais importante do desenvolvimento de uma simulação (HARREL *et al.*, 2002). Nestas etapas, definido o problema a ser estudado, assim como, o escopo e o objetivo a ser alcançado, além do planejamento do modelo. Estas etapas são críticas, pois nelas serão fundamentados os demais passos. Sendo assim, caso opte por um objetivo disperso ou mesmo cometa algum excesso nesta fase, toda a

simulação pode ser comprometida. Assim, nestas etapas o objetivo primordial é descobrir o sentido da simulação, em outras palavras, é muito importante saber para que, para quem e com qual finalidade a simulação está sendo criada (RIIS, JOHANSEN e MIKKELSEN, 1995).

Abdurahiman *et al.* (2000) advertem para não incluir muitos detalhes no modelo, pois o mesmo pode torna-se malfeito e muito dispendioso. Por isso, tendo em vista a complexidade e os custos da simulação é preciso responder os dois maiores desafios da simulação: determinar o escopo do modelo e o nível de detalhamento ideal (HARREL *et al.*, 2002).

Deste modo, são definidos os objetivos e o escopo do jogo simulado. Para tanto, é preciso responder algumas questões. Riis, Johansen e Mikkelsen (1995) apontam algumas destas questões:

- Quem são os *Stakeholders*¹⁰ e quais são os seus interesses específicos? Quem são os patrocinadores e os proprietários do SG? Quem são os possíveis interessados no jogo e quais são as perspectiva de benefícios alcançados com o SG?
- Quem são os participantes do SG? e Qual é o *background* (nível de conhecimento), habilidades e motivação dos participantes ?
- Qual é o principal objetivo do SG? O que deve ser passado e ensinado por meio do SG? Qual é o papel e o contexto do jogo?
- Quais temas devem ser tratados no SG?
- Qual é o tempo de conclusão da formulação do SG e como é a relação benefícios / custos?

Nestas etapas, além da delimitação do problema, é aconselhável o uso de materiais complementares para auxiliar a construção do modelo (HARREL *et al.*, 2002). Assim, uma excelente sugestão é o uso de um croqui em papel. Ele pode ajudar a enxergar as relações, as necessidades de transporte e

¹⁰ O termo "*stakeholders*" foi criado para designar todas as pessoas ou empresas que, de alguma maneira, são influenciadas pelas ações de uma organização.

estoque, assim como, facilitar a coleta e o desenvolvimento do modelo que correspondem as duas próximas etapas.

No entanto, Riis, Johansen e Mikkelsen (1995) enfatizam que antes de iniciar a próxima etapa é preciso responder algumas considerações importantes, para não gastar desnecessariamente recursos. As recomendações são:

- O SG é o método apropriado para alcançar os objetivos pretendidos?
- Quais as consequências de um SG mal feito?
- Qual é a importância do apresentador para o SG?
- Quais serão os benefícios alcançados pelos participantes?
- O que fazer com os participantes que possuem uma visão negativa ou preconceituosa de SG?
- O tamanho e complexidade do SG são adequados para o problema tratado?

No limite, essas questões precisam estar claramente respondidas ou conhecidas. Com isso, espera-se desenvolver uma simulação que atenda as necessidades pedagógicas tendo em vista o custo de criação e a possibilidade de utilizar outros métodos mais adequados para o problema tratado.

5.3.2. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 4, 5 E 6

A etapa 4 consiste na coleta de dados além da verificação e validação dos dados disponíveis. Um modelo que contenha dados precisos e atualizados certamente resultará em uma simulação mais precisa e valiosa (HARREL *et al.*, 2002). No entanto, quase sempre alguns dados não estão facilmente disponíveis ou podem ser determinados. Quando isso acontece é preciso fazer pressupostos destes dados. Os pressupostos assumidos precisam passar por um tratamento mais rigoroso, passando por uma análise de sensibilidade para que os valores assumidos não comprometam o modelo (HARREL *et al.*, 2002). Uma maneira de fazer isso é verificando a extensão que o valor assumido

alcança, por meio de alterações no valor do pressuposto, observando as alterações nos resultados (HARREL *et al.*, 2002).

Em paralelo a coleta de dados pode acontecer o desenvolvimento do modelo. Nesta etapa o sistema real que foi abstraído do modelo conceitual será colocado no mundo virtual. Para tanto, é necessário que haja da parte do executor do modelo uma abstração entre os processos reais e os modelados, em outras palavras, o executor precisa correlacionar os fatos do mundo real com a estrutura do modelo e a ferramenta de modelagem (HARREL *et al.*, 2002).

Nesta etapa, são formulados e melhorados os processos, o cenário, os símbolos e os componentes (*templates*) do SG. Para tanto, Riis, Johansen e Mikkelsen (1995), aconselham inspirar em outros jogos para elaborar um novo jogo, assim como utilizar *brainstorm*¹¹ para lidar com a grande necessidade de criatividade.

Os modelos devem ser classificados de acordo com o seu uso. Isso tem como objetivo focar os esforços da modelagem para um objetivo mais específico (FREITAS, 2001). Assim, espera-se economizar tempo e recursos na modelagem, assim como, desenvolver um modelo mais apropriado para o objetivo da simulação. Assim, segundo Freitas (2001) os modelos podem ser voltados para:

- previsão – prevêem o comportamento do sistema no futuro;
- investigação – buscam informações e desenvolvimento de hipóteses.
- comparação – visam avaliar o comportamento das variáveis de controle em diversas situações.

Além da classificação com base na destinação do modelo o autor ainda classifica os modelos como específicos ou genéricos. Os modelos específicos são desenvolvidos para atender uma certa necessidade. Como por exemplo, tem-se a compra de uma máquina ou rearranjo da fábrica. Nesta classificação

¹¹ *Brainstorm* é uma técnica, na qual, os participantes opinam livremente como se fosse uma “tempestade de pensamentos”

os modelo precisam ser precisos e coerentes com o sistema real. Outra característica deste modelo é que na maioria dos casos ele é utilizado apenas uma única vez. Enquanto, que os modelos genéricos são desenvolvidos para serem utilizados por um longo período. Como por exemplo, tem-se a avaliação de uma auto-estrada ou um estudo orçamentário de uma empresa. Este tipo de modelo tem com características flexibilidade e robustez, pois precisa aceitar alterações nos dados de entrada e nos processos para abranger um número maior de casos (FREITAS, 2001).

Após a construção do modelo é preciso verificá-lo. Esta etapa consiste em analisar profundamente as correlações construídas e se o modelo está comportando como o previsto. Para tanto, o modelo tem que está terminado ou pelo menos a maior parte dele. O uso de variáveis extras, rodada lenta para visualizar o movimento das entidades e dos recursos no modelo ou mesmo outros recursos de verificação externos são convidativos (HARREL *et al.*, 2002), pois é preciso enxergar se o processo e as variáveis do modelo estão comportando como previsto. O *software* ProModel possui uma ferramenta de rastreamento que possibilita verificar cada passo lógico dado pelo modelo, essa ferramenta emite um relatório externo com essas informações.

5.3.3. PASSOS PARA IMPLEMENTAR UMA SIMULAÇÃO: ETAPAS 7, 8, 9 E 10

Com o modelo verificado é dado o próximo passo que consiste na validação do modelo. Essa etapa valida o modelo com o sistema real em estudo. Para isso, é necessário comparar o comportamento do modelo com a realidade. Uma das técnicas utilizada baseia-se na comparação dos resultados obtidos no mundo real com o simulado. Outra maneira é através da estimulação de certas variáveis do modelo para ver se ele reage como o sistema real (HARREL *et al.*, 2002)

Depois de validar o modelo, o mesmo é submetido à experimentação. Esta etapa compreende a execução do modelo. Para tanto, define-se os parâmetros de tempo de rodada e número de rodadas (HARREL *et al.*, 2002). Com esses parâmetros definidos e com modelo rodando testa-se soluções para o sistema.

E por fim, as etapas de análise dos resultados e apresentação e a etapa de implementação. Nestas etapas são analisados os resultados obtidos na simulação para cada solução testada. Os resultados podem vir na forma de relatório, gráficos, planilhas, etc. Sendo estes usados para implementar a solução projetada pela simulação. No entanto, a solução só será efetivamente implementada com sucesso se as etapas anteriores foram feitas com o rigor que cada uma exige (HARREL *et al.*, 2002).

Freitas (2001) enfatiza os problemas e erros cometidos durante a modelagem. Esses problemas podem ser classificados como erros, sendo estes, cometidos durante a modelagem, dificultando a conclusão do projeto. Segundo o autor os principais erros cometidos, são:

- pouco conhecimento ou afinidade com o programa de simulação;
- objetivo difuso ou obscuro;
- detalhamento exagerado empregado no modelo;
- resultado baseado em apenas uma ou poucas replicações.

Além disso, existem as dificuldades e as limitações do uso da simulação. Isso se deve principalmente em decorrência da relação custo benefício. Assim, na maioria dos casos a simulação é limitada por (SALIBY, 1989):

- Complexidade da modelagem
- Problemas na programação
- Alto tempo de processamento e baixa precisão dos resultados
- Validação do modelo

A seguir será apresentada a metodologia utilizada pelo autor na construção dos modelos. Ela, por ser uma metodologia empírica, pois foi desenvolvido por meio de tentativas e erros, tem como peculiaridade a evolução ou melhoria com o tempo, além de ser mais prática e aplicável.

5.4. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS

Os passos descritos no capítulo 5.3 foram adotados para nortear a criação dos modelos. Nesse capítulo serão abordados os passos 1 ao 6

(desenvolvimento contínuo) para contemplar o objetivo principal desta pesquisa. No entanto, para contemplar os objetivos complementares todos os modelos foram submetidos até o último passo.

A metodologia desenvolvida foi separada em 3 fases (definição dos atributos e variáveis importantes, definição dos algoritmos e amarração dos elementos dos modelos e aprimoramento e testes do modelo). Cada fase alterou significativamente durante a sua formulação e após a criação dos modelos, deste modo, pode-se dizer que essa metodologia passou por profundas transformações até ser descrita aqui. Esse processo teve enorme importância para a conclusão dos modelos e por conseguinte da pesquisa, pois sem essa “melhoria contínua” não seria possível terminar o trabalho no tempo previsto e nem seria possível criar modelos robustos e de fácil utilização.

A primeira fase, definição dos atributos e variáveis do sistema, está diretamente relacionada com os passos 3 e 4 da Figura 5.2. Nesta etapa, foram definidos os elementos que farão parte do modelo, como por exemplo, elos da cadeia, sistema de transporte e de comunicação e assim por diante. Ainda nessa fase são definidas todas as variáveis do problema como velocidade de carregamento, tempo de transporte, demanda, entre outras variáveis que são importantes para a validação do modelo ou aproximação do modelo com a realidade.

Esta fase é a que mais tem efeito na qualidade do modelo final, pois se as variáveis forem definidas com pouco rigor e atenção, pode-se gerar problemas que vão do aumento da complexidade do modelo a perda de foco, prejudicando o resultado final. De certa forma, essa fase foi caracterizada por inúmeras tentativas para determinar as variáveis e os elementos necessários, tendo, durante as próximas fases, voltar a essa fase e fazer ajustes, principalmente no início do trabalho, onde ainda se tinha pouca habilidade com a criação de modelos em ProModel.

Assim, resumidamente, as principais tarefas desenvolvidas durante esta fase foram, nesta ordem:

- A definição dos elementos (locais);

- A definição dos recursos (sistema modal, força de trabalho, equipamentos de transporte, etc.);
- A definição das entidades (peças, produtos, etc.);
- A definição dos caminhos dos recursos (quando necessário);
- A definição das principais variáveis (podendo ser atributos ou variáveis).

De uma maneira geral essa fase é caracterizada pela definição dos principais elementos do modelo e, dentro do limite, a definição das principais variáveis que, provavelmente, farão parte do processo de análise e avaliação dos resultados da simulação.

Transposta esta fase, os elementos definidos anteriormente são amarração, ou seja, eles são ligados obedecendo uma seqüência lógica da movimentação e da utilização dos recursos e entidades por meio de algoritmos que, por sua vez, têm na sua formulação a lógica, os tempos de processamento e o destino das entidades e recursos. Sendo assim, essa fase é caracterizada pela criação da lógica que corresponde ao coração do modelo, pois a partir dela o modelo começa a tornar um sistema que simula algo.

Ainda nessa fase, dentro do possível, o modelo já começa a ser testado, em outras palavras, começa a rodar o modelo, na maioria das vezes parte dele, para poder analisar mais facilmente. Para isso, ocorrer é preciso determinar as entradas (Chegadas), ou parte delas, para poder rodar o modelo ou parte dele. Uma técnica muito útil que facilita na construção dos modelos é a criação de variáveis, entradas ou até mesmo elementos ou recursos para avaliar melhor a lógica e a amarração. Essa técnica, apesar de dispendiosa ela traz bons resultados, principalmente, para a próxima fase que tem início a seguir.

A fase de aprimoramento e testes do modelo é caracterizada pela simulação do modelo completo. Agora é necessário criar as entradas e a forma de avaliar os resultados. Como o ProModel possui uma ferramenta de análise interna podere-se-ia utiliza – lá, porém ela ter limitações que inviabiliza a comparação entre valores em cada período da simulação. Assim, para contornar essa limitação foi adotado o programa Excel da Microsoft. Para tanto, foi utilizado a ferramenta arquivo externo do ProModel para gerar um arquivo

“txt”¹² para depois servir como *input* pelo Excel para ser analisado e comparado.

A partir desta resumida metodologia de construção de um modelo em ProModel espera-se passar um pouco das dificuldades e atalhos enfrentados durante a confecção dos modelos. No próximo capítulo serão apresentados os modelos que resultaram desta metodologia.

¹² Arquivo que admite somente texto e rodado pelo bloco de notas (*notepad*) do Windows da Microsoft e é lido sem problemas pelo Excel.

6. INICIATIVAS E PRÁTICAS SIMULADAS

Neste capítulo os modelos das práticas e iniciativas serão elaborados e confeccionados. Eles, dentro do possível, representarão os aspectos mais relevantes dos sistemas descritos nos capítulos 2.6 Planejamento e Gestão Colaborativa e 3.5 Práticas de Distribuição. O Anexo A traz dois exemplo de tela do Promodel e o Anexo B os nomes dos arquivos em Promodel das práticas simuladas.

Como os modelos possuem inúmeras variáveis (demanda, *lead time* de entrega e de produção, forma de controle de estoque, etc.) para validá-los serão adotados alguns parâmetros genéricos para estas variáveis, determinados de forma que apenas possa se concluir os passos de verificação e validação, conforme Figura 5.7. Isso é necessário para concluir as etapas de Experimentação (etapa 7), de Análise dos resultados (etapa 8) e, principalmente, de documentação e apresentação dos resultados (etapa 9). Esta última etapa tem grande importância para a pesquisa, pois ela é a parte passível de análise da simulação, pois é a parte que pode ser documentada e apresentada na forma escrita.

Tradicionalmente os modelos desenvolvidos com intuito de representar uma SC podem ser divididos em dois grupos (CHAN *et al.*, 2002). O primeiro grupo consiste na representação de partes da uma SC. Desta forma, os modelos são menos complicados, no entanto, não se pode afirmar que a sua otimização resulta na otimização da cadeia inteira. O segundo grupo corresponde àqueles modelos onde tenta-se representar o mais amplamente possível os aspectos de uma SC. Deste modo, aumenta-se à complexidade, mas em contra partida, fornece melhores soluções para a otimização da SC.

A pesquisa mescla um pouco dos dois grupos, pois dentro do possível as práticas e iniciativas são simuladas em modelos representativos que possuem quase que todos os elementos de uma SC. Entretanto, quando a complexidade, ou mesmo, as limitações do trabalho inviabilizam a simulação de modelos completos, a simulação é feita em modelos com menos elementos.

Em geral, os modelos que simulam uma SC possuem os seguintes propósitos (SHAPIRO, 2001):

- Verificar os efeitos da variação da demanda na cadeia;
- Verificar a relação dos custos na cadeia e avaliá-los;
- Verificar a relação entre os recursos ao longo da cadeia;
- Verificar como parte ou toda a cadeia se comporta em função de parâmetros e políticas.

A pesquisa contempla todos esses propósitos, pois tanto os modelos das práticas de distribuição como os modelos de planejamento e gestão colaborativa abordam na sua construção ou na análise dos dados que foram feitos externamente (Excel).

Para analisar corretamente os impactos das práticas e iniciativas na SC é preciso especificar os medidores de desempenho que avaliam corretamente a SC. De uma forma geral, Chan *et al.* (2002), sugerem que fundamentalmente os indicadores precisam medir o nível de serviço da SC em relação ao cliente. Assim, esses autores ressaltam que os bons indicadores são aqueles que estão diretamente relacionados com atendimento ao cliente. Desta forma, destacam-se o *lead time* e o nível de atendimento. Esses autores também sugerem os indicadores confiabilidade, velocidade, custo e qualidade para avaliar a SC. Atualmente, estes indicadores são amplamente adotados quando se pretende avaliar qualquer SC. No entanto, esses autores aconselham para simulação o uso dos indicadores de confiabilidades (medidos pelo nível de atendimento) e velocidade de entrega (medido pelo tempo de ciclo de atendimento).

Os próximos tópicos abordarão as práticas e iniciativas da SCM. O primeiro trata das práticas de distribuição como distribuição direta, via CD (Centro de Distribuição), cross-docking e *Milk Run*. O segundo tópico trata das questões relacionada com a gestão colaborativa na SC. Nele serão discutidos as práticas EDI (*Electronic Data Interchange*), ECR (*Efficient Consumer Response*), VMI (*Vendor Managed Inventory*) e CPFR (*Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*).

6.1. PRÁTICAS DE DISTRIBUIÇÃO SIMULADAS

Cada sistema descrito em Práticas de Distribuição (Capítulo 3.5) são modelados e simulados nestes capítulo. Mas antes é preciso deixar claro que a simulação não contemplará alguns fatores importantes, pois os modelos são criados desconectados da realidade (teórico – modelo conceitual) e nem pretendem ser comprovados ou confrontados com a realidade. Por fim, vale a pena ressaltar que os modelos seguem a proposta de ensinar e servir como ferramentas de pesquisa, sendo assim, eles são modelos, dentro do possível, genéricos e robustos, para que possibilidades e cenários possam ser testados e analisados posteriormente.

Alguns dados gerais dos modelos que são adotados para padronizar a modelagem, estão no Quadro 6.1. Outro aspecto importante dessa fase é a determinação da demanda. O Quadro 6.2 ilustra a demanda de cada cliente e o resultado dessa demanda em cada fornecedor. Pode-se dizer que cada fornecedor produz um tipo de produto. Desta forma, os clientes demandam os três produtos dos três fornecedores. Note que as quantidades demandadas por cada cliente são múltiplas de 30 ($120 \times 3 = 60$; $30 \times 3 = 90$; $40 \times 3 = 120$), pois 30 é a capacidade do caminhão, sendo assim, a demanda não seria o fator decisivo na quantidade de cargas não completas, pois toda a demanda seria múltipla de 30. Os valores da demanda e da capacidade do caminhão foram determinados de forma genérica, pois não é objetivo desta pesquisa utilizar dados reais ou extraídos da realidade e sim construir os modelos.

Variável		Característica	Valor
Número de caminhões		Infinitos	
Capacidade do caminhão		Constante	30 unidades
Distância entre os elos		Sempre igual	50 metros nos modelos com CD e 100 metros nos sem CD
Velocidade do caminhão		Constante	1 metro por minuto
Demanda para cada produto	Cliente 1	Variada	Veja Quadro 6.2
	Cliente 2	Variada	Veja Quadro 6.2
	Cliente 3	Variada	Veja Quadro 6.2
Tempo de rodada		Constante	200 horas
Intervalo entre pedidos		Constante	100 minutos
Número total de pedidos		Constante	120 pedidos

QUADRO 6.1 DADOS GENÉRICOS DOS MODELOS

	Demanda			
	Fornecedor 1	Fornecedor 3	Fornecedor 3	Total
Cliente 1	2.207	2.384	2.344	6.935
Cliente 2	3.489	3.584	3.581	10.654
Cliente 3	4.681	4.651	4.774	14.106
Total	10.377	10.619	10.699	

QUADRO 6.2 DEMANDA TOTAL DOS FORNECEDORES E CLIENTES

6.1.1. REMESSA DIRETA – ENTREGA DIRETA (TRADICIONAL)

A simulação foi construída de acordo com a Figura 3.7 – Rede de Entrega Direta. No entanto, para facilitar a simulação adotou-se apenas 3 clientes e 3 fornecedores.

Os principais parâmetros adotados estão no Quadro 6.1 e os resultados obtidos estão no Quadro 6.3.

Os demais fatores relevantes desse sistema como tempo de entrega e gasto com CD não são considerados, pois o tempo de entrega é constante e o gasto com CD é nulo.

	Demanda total	Números de carga completa	Números de carga não completa	Média de produtos transportados por caminhão	Nível de ocupação do caminhão (%)	Estoques entre os elos
Fornecedor 1	10.377	178	340	20	66,8	0
Fornecedor 2	10.619	179	340	20	68,2	0
Fornecedor 3	10.699	167	344	21	69,8	0

QUADRO 6.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DIRETA

O nível de ocupação do caminhão fica em torno de 68%. O número de viagens é relativamente alto (518) em tese se a carga fosse consolidada seriam necessárias perto de 354 viagens. Nesse sentido, poderia simular algo como consolidação da carga no fornecedor para otimizar a utilização do meio de transporte. Mas com isso aumentaria os estoques nos fornecedores e nos clientes, pois agora o fornecedor teria que esperar acumular mais produtos para transportar e o cliente teria que estocar mais para suportar um *lead time* maior.

6.1.2. ENTREGA DIRETA COM *MILK RUN*.

O Quadro 6.4 traz os resultados obtidos por essa prática. Diferentemente da prática anterior os números de cargas consolidadas é maior atingindo um resultado, ficando em torno de 86% a ocupação do meio de transporte, conseqüentemente, há um melhor aproveitamento do sistema de transporte.

	Demanda total	Números de carga consolidada	Números de carga não consolidada	Média de produtos transportados por caminhão	Nível de ocupação do caminhão (%)	Estoques médio no sistema
Fornecedor 1	10.377	297	116	25	83,8	0
Fornecedor 2	10.619	304	117	25	84,1	0
Fornecedor 3	10.699	290	110	27	89,2	0

QUADRO 6.4 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DIRETA COM MILK RUN

6.1.3. ENTREGA VIA CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

Algumas considerações extras são necessárias para esse modelo. Nesse modelo, o estoque inicial de cada produto no CD é de 200 unidades. O sistema de abastecimento do CD busca suprir os estoques quando ele atinge qualquer valor abaixo do estoque máximo (200 unidades). Os resultados estão no Quadro 6.5.

Origem	Destino	Demanda total	Números de carga completa	Números de carga não completa	Média de produtos transportados por caminhão	Nível de ocupação do caminhão (%)	Estoque médio na origem
Fornecedor 1	CD	10.377	290	110	26	86,5	0
Fornecedor 2		10.619	304	117	25	84,1	0
Fornecedor 3		10.699	297	116	26	86,4	0
CD	Cliente 1	6.935	175	111	24	80,8	100
	Cliente 2	10.654	113	302	26	85,6	100
	Cliente 3	14.106	422	109	27	88,5	100

QUADRO 6.5 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM CD

Em comparação ao sistema de distribuição direta que tem um índice de ocupação do caminhão mais baixo esse método é melhor, no entanto, nele existe um estoque intermediário que pode tornar esse sistema mais

dispendioso que a distribuição direta.

6.1.4. ENTREGAS VIA CD UTILIZANDO *MILK RUN*

O Quadro 6.6 traz o resultado da simulação. Note que o número de viagens ficou próximo de ótimo e, ainda, não existe diferenças entre os números de viagens e os clientes.

Origem	Destino	Demanda total	Números de carga completa	Números de carga não completa	Média de produtos transportados por caminhão	Nível de ocupação do caminhão (%)	Estoque médio na origem
Fornecedor 1	CD	31.695	996	114	29	95,2	0
Fornecedor 2							
Fornecedor 3							
CD	Cliente 1	31.695	996	114	29	95,2	100
	Cliente 2						
	Cliente 3						

QUADRO 6.6 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM CD E *MILK RUN*

6.1.5. CROSS-DOCKING

O resultado encontra-se no Quadro 6.7. Diferentemente do sistema de entrega via CD não existe estoque intermediário. De uma maneira geral o nível de ocupação ficou parecido com o da distribuição via centro de distribuição, no entanto, no *Cross-Docking* não forma estoque intermediário.

Por fim, é preciso deixar claro que os modelos foram construídos com o propósito de ensinar e possibilitar pesquisa. Deste modo, eles apenas foram simulado com um número reduzido de variáveis e com parâmetros genéricos, pois caso fosse simulados vários cenários a quantidade de resultados seria enorme. Assim, cabe aos usuários desses modelos simular diferentes cenários como, por exemplo: com diferente demanda, problemas no transporte, diferentes sistemas modais, entre outros.

Origem	Destino	Demanda total	Números de carga completa	Números de carga não completa	Média de produtos transportados por caminhão	Nível de ocupação do caminhão (%)	Estoque médio na origem
Fornecedor 1	CD	10.377	290	110	26	86,5	0
Fornecedor 2		10.619	304	117	25	84,1	0
Fornecedor 3		10.699	297	116	26	86,4	0
CD	Cliente 1	6.935	175	111	24	80,8	0
	Cliente 2	10.654	302	113	26	85,6	0
	Cliente 3	14.106	422	109	27	88,5	0

QUADRO 6.7 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO CROSS-DOCKING

6.2. PLANEJAMENTO E GESTÃO COLABORATIVA SIMULADA

O Quadro 6.8 traz os principais elementos de cada sistema (com ou sem EDI). O Quadro 6.9 traz os demais parâmetros adotados. A Figura 6.1 ilustra a cadeia a ser simulada.

Elementos	Sistema sem EDI	Sistema com EDI
Cálculo da quantidade de MP a ser comprada	Quantidade a ser comprada = Nível de estoque pretendido – (total de MP no estoque + total de MP em trânsito)	Quantidade a ser comprada = Nível de estoque pretendido – (total de MP no estoque + total de MP em trânsito)
Tempo de elaboração do pedido	Exponencial (1,1) min	Não aplicável
Tempo de selecionar fornecedor e sistema modal	Exponencial (1,2) min	Não aplicável
Tempo de conclusão do pedido	Exponencial (1,1) min	Não aplicável
Tempo de envio do pedido para a expedição	Exponencial (1,2) min	Não aplicável
Tempo de comunicação com o fornecedor	Exponencial (1,2) min	Exponencial (1,2) min

FONTE: ADAPTADO DE OWENS E LEVARY (2002)

QUADRO 6.8 ELEMENTOS DOS SISTEMAS COM E SEM EDI

Parâmetro	Valor	Unidade
Estoque pretendido de matéria-prima (MP)	1.000	Unidades
Estoque inicial	500	unidades
Distância entre fornecedor-cliente	100	Metros
Velocidade de transporte	10	Metros/ min
Tempo entre pedidos	Exponencial (1, 2)	Minutos
Demanda	Norma (30, 5)	Unidades

QUADRO 6.9 PARÂMETROS DIVERSOS DA SIMULAÇÃO COM E SEM EDI

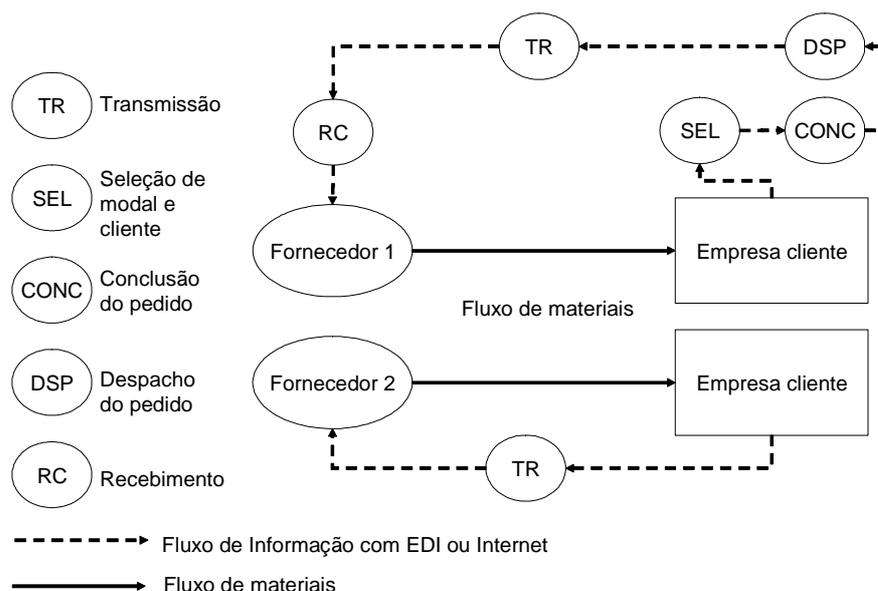


FIGURA 6.1 ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA COM E SEM EDI

Para a análise dos dados foi adotada a proposta de análise de Owens e Levary (2002). Os dados estão no Quadro 6.10. Na simulação é adotado que um minuto equivale a um dia. Os resultados demonstram que a cadeia sem EDI tem um acréscimo no estoques e ainda varia mais os estoques com EDI.

	Sem EDI	Com EDI
Tempo de simulação	2986 min (equivalente a dias)	2986 min
Quantidade média transportada	107	220
Estoque médio	1074	760
Estoque máximo	3143	1835
Estoque mínimo	328	223

QUADRO 6.10 RESULTADO DA SIMULAÇÃO COM E SEM EDI.

6.2.1. BASEADAS NO REABASTECIMENTO (ECR)

A simulação da prática ECR é baseada no trabalho de Antonio e Pires (2005). Sendo assim, a simulação conta com dois modelos. O primeiro tem apenas a estrutura básica da cadeia de suprimento como transporte,

fabricação, estocagem e a transmissão do pedido entre os elos adjacentes. Já o segundo modelo tem a mesma estrutura, mas, diferentemente do primeiro, passa a contar com a colaboração entre o varejista e fabricante.

Similarmente, Khator e Deshmukh (2002) desenvolveram uma simulação de uma cadeia com quatro elos, semelhante ao encontrado no Quadro 6.11, porém no *software* de simulação STELLA. Na simulação, os pesquisadores compararam o efeito da implementação de um sistema de informação entre os elos. Entretanto, no modelo construído neste artigo, diferentemente do modelo de Khator e Deshmukh (2002), o *lead time* de transporte e produção/movimentação do produto são variáveis. Assim como o tempo de transporte o *lead time* de processamento depende do elo em questão. A distribuição normal que corresponde à velocidade do transporte e o tempo de processamento para cada elo estão no Quadro 6.11. Os níveis de estoque encontrado no Quadro 6.11 para cada elo representam a quantidade estocada que cada elo possui no início da simulação e também a quantidade que cada elo busca manter durante a simulação.

	Lead Time				
	Cliente	Varejo	Distribuidor	Fábrica	Fornecedor
Nível de estoque (unidades) (Estoque máximo pretendido)		50	50	60	60
Tempo de processamento (min)	0	30 x nº de produtos	50 x nº de produtos	70 x nº de produtos	80 x nº de produtos
Velocidade de Transporte (m/ min) (Distância entre os elos 2880 m)	0	N(2, 0.2)	N(2, 0.2)	N(2, 0.2)	N(2, 0.2)

Fonte: Adaptado de Antonio e Pires (2005).

QUADRO 6.11 VALORES DOS TEMPOS DE PROCESSAMENTO, VELOCIDADE DE ENTREGA E ESTOQUE INICIAL DE CADA ELO.

O cálculo do pedido entre os elos é dado pela equação: $Pedido = NE - QE + PEP - ONA$. Assim, o pedido é dado em cada elo pelo nível de estoque pretendido (NE) menos a quantidade em estoque (QE) mais os produtos em processos (PEP) menos as ordens não atendidas (ONA) no momento da

formulação do pedido. O tempo entre pedido é de 1 (um) dia, ou seja, a cada 1 dia na simulação todo o sistema emite uma ordem. Esse modelo de controle de estoque é conhecido como revisão periódica, pois o período de revisão dos estoques é fixo e o lote de compra é dado em função do nível de estoque desejado. As ordens não atendidas são acumulativas, ou seja, o cliente não desiste do pedido ficando em aberto até o fornecedor entregar. No entanto o cliente leva em conta os pedidos em aberto durante o cálculo do pedido para que não aja duplicação de ordens no pedido futuro.

No segundo modelo o elo “Fábrica” passa a contar com o pedido calculado pelo varejista. Deste modo o pedido passa diretamente do Varejista para a Fábrica. Conseqüentemente, o efeito chicote é amenizado.

Para avaliar os dois modelos utilizaram-se os indicadores de desempenho, estoque médio, número de ordens não atendidas e número médio dos pedidos. Espera-se, desta forma, avaliar e comparar os resultados com base no nível de atendimento ao cliente.

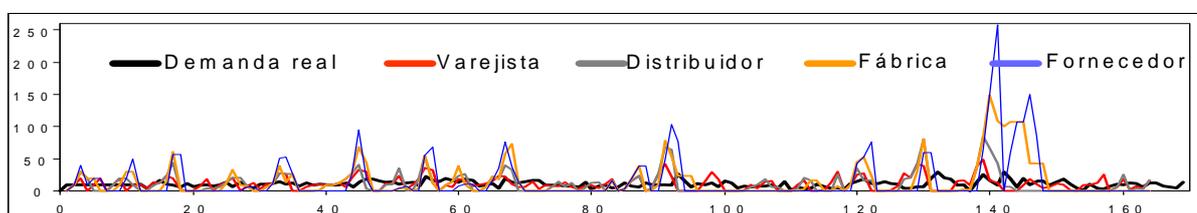
A demanda nos dois modelos segue o padrão apresentado no Quadro 6.12. No primeiro intervalo, a demanda é de 10 unidades durante 10 dias para que o sistema entre em funcionamento (*warm up*). A partir daí a demanda foi dada por uma distribuição normal. Foi criado dois ambientes competitivos, um estável e outro instável, aumentando a variação da demanda. Ainda para evidenciar melhor o Efeito Chicote, em cada tipo de demanda, estável e instável, a demanda sofreu um acréscimo no seu valor médio, passando de 10 para 14 unidades.

		Intervalos						
		1	2	3	4	5	6	7
Períodos (dias)		0 - 10	11 - 40	41 - 70	71 - 90	91 - 120	121 - 150	151 - 170
Demanda (unidades)	Estável	10	N(10, 3)	N(14, 3)	N(10, 3)			N(10, 5)
	Instável					N(10, 6)	N(14, 6)	
Quantidade média da demanda		Constante	Normal	Elevada	Normal	Normal	Elevada	Normal

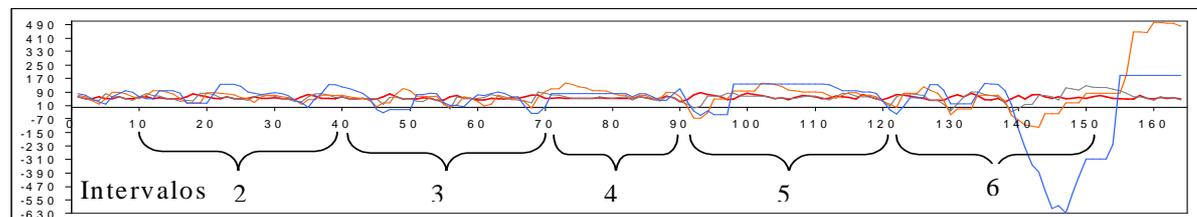
QUADRO 6.12 DEMANDA EM CADA PERÍODO

FONTE: ADAPTADO DE ANTONIO E PIRES (2005)

Os resultados obtidos do primeiro modelo estão na Figura 6.2a, a qual ilustra os pedidos efetuados em cada elo para seu antecessor na cadeia e a curva em preto representa a demanda real. Nota-se que, apesar da demanda não ser totalmente instável, qualquer variação na mesma proporciona um efeito chicote ao longo da cadeia. Nos intervalos (descritos no Quadro 6.12), onde a demanda era mais instável, verifica-se a amplificação da quantidade de produtos demandados ao longo da cadeia, especialmente no intervalo 6, onde a demanda é instável e foi majorada. Em outras palavras, a cadeia sofreu um choque devido ao aumento da demanda.



(A) ORDENS ENTRE OS ELOS E A DEMANDA REAL



(B) ESTOQUES E ORDENS NÃO ATENDIDAS DE CADA ELO.

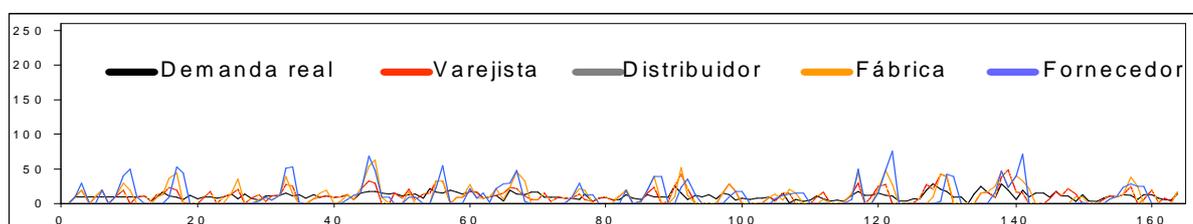
FIGURA 6.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO PRIMEIRO MODELO.

Na Figura 6.2b estão representadas as quantidades em estoque de cada elo durante a simulação. Nota-se que estoque negativo significa ordens não atendidas. Novamente, nos intervalos onde a demanda aumentou (intervalos 3 e 6), ou houve uma maior instabilidade na demanda (intervalos 5, 6 e 7), a variação do estoque e o número de ordens não atendidas aumentaram consideravelmente, especialmente no intervalo 6, onde há um aumento na demanda juntamente com uma maior instabilidade.

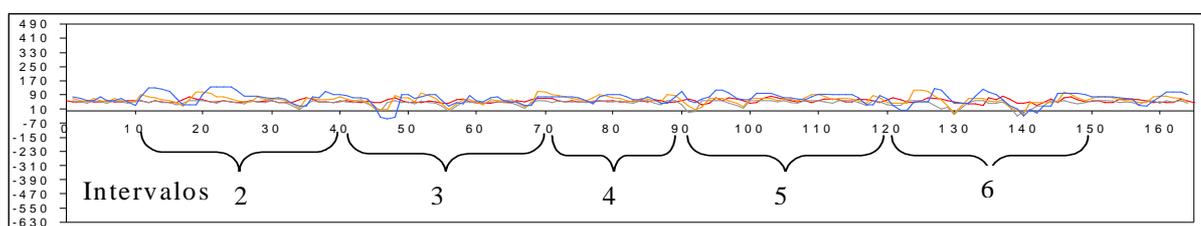
Quando são aplicados às práticas da SCM, os resultados são menos alarmantes em comparação aos anteriores. No segundo modelo, o fabricante conta com um sistema de interligação de dados, passando a enxergar o pedido

do varejista e não mais apenas do elo a sua frente, podendo assim, determinar a programação da produção com base em dados mais confiáveis.

Os resultados obtidos estão na Figura 6.3, a qual, no seu item “a”, ilustra os pedidos feitos entre cada elo e a demanda real do cliente. A Figura 6.3 contém as curvas dos estoques de cada elo durante a simulação. Analisando os gráficos da Figura 6.3 fica claro o resultado obtido. Ambos os gráficos, mesmo nos intervalos críticos (intervalos 3, 5, 6 e 7) o modelo comportou-se melhor. Os pedidos entre os elos ficaram mais próximos da demanda real e o nível de serviço da cadeia melhorou consideravelmente.



(A) ORDENS ENTRE OS ELOS E A DEMANDA REAL.



(B) ESTOQUES E ORDENS NÃO ATENDIDAS DE CADA ELO.

FIGURA 6.3 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO SEGUNDO MODELO.

O Quadro 6.13 aponta as diferenças entre a cadeia tradicional e a colaborativa. Nela estão os valores médios das ordens de compra, os estoques médios e o total das ordens não atendidas para cada elo. Note que houve uma redução de mais de noventa por cento no número de ordens não atendidas na Fábrica e no Fornecedor após a implementação das práticas. E os estoques médios sofreram uma significativa redução ao longo da cadeia. Embora, tenha ocorrido um aumento nas ordens não atendidas no distribuidor, a redução das ordens não atendidas nos demais elos contribuiu para um desempenho melhor da SC.

		Cliente	Varejo	Distribuidor	Fábrica	Fornecedor
Cadeia Original	Média de pedidos	10,56	10,58	10,58	14,29	14,92
	Estoque Médio		54,19	55,56	80,88	75,08
	Ordens não atendidas		0	163	1106	7311
Cadeia colaborativa	Média de pedidos	10,62	10,64	10,64	10,64	10,69
	Estoque Médio		53,86	45,12	60,14	68,54
	Ordens não atendidas		0	222	111	287
Variação entre cadeia original e colaborativa (%)	Média de pedidos	0,6	0,6	0,6	-25,5	-28,4
	Estoque Médio		-0,6	-18,8	-25,7	-8,7
	Ordens não atendidas		0,0	36,2	-90,0	-96,1

QUADRO 6.13 RESULTADO DE CADA TIPO DE CADEIA (ORIGINAL E ECR) E A COMPARAÇÃO

FONTE: ADAPTADO DE ANTONIO E PIRES (2005)

Nota-se que, no período de maior instabilidade, o segundo modelo manteve-se mais estável do que o primeiro, provando-se, portanto, que as práticas utilizadas ajustam-se bem em ambientes instáveis.

6.2.2. BASEADAS EM PREVISÕES (VMI E CPFR)

O modelo confeccionado é semelhante ao da prática de reabastecimento. Contudo o cálculo do pedido é baseando-se na regra de previsão da demanda conhecida como média móvel.

A média móvel é o método mais simples e de fácil compreensão dentre os métodos quantitativos de previsão da demanda existentes (VOLLMANN *et al.*, 1997). Ele se baseia na média de vendas dos últimos “N” períodos, atualizando a fórmula a cada período descartando o mais antigo dado e incluindo o dado mais recente. Esse método, por ser muito simples, é recomendado apenas para ambientes estáveis com pouca sazonalidade (CORRÊA *et al.*, 2001).

Modelo Matemático da média móvel (CORRÊA *et al.*, 2001):

$$D_n = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N D_{n-j+1}$$

Onde:

D é a demanda no período N

N é o número de períodos

Os resultados encontram-se na Figura 6.4 e Quadro 6.14. Os dados da cadeia “original” adotados no Quadro 6.14 foram obtidos do resultado encontrado em Antonio e Pires (2005). Esses dados foram adotados para efeito de comparação.

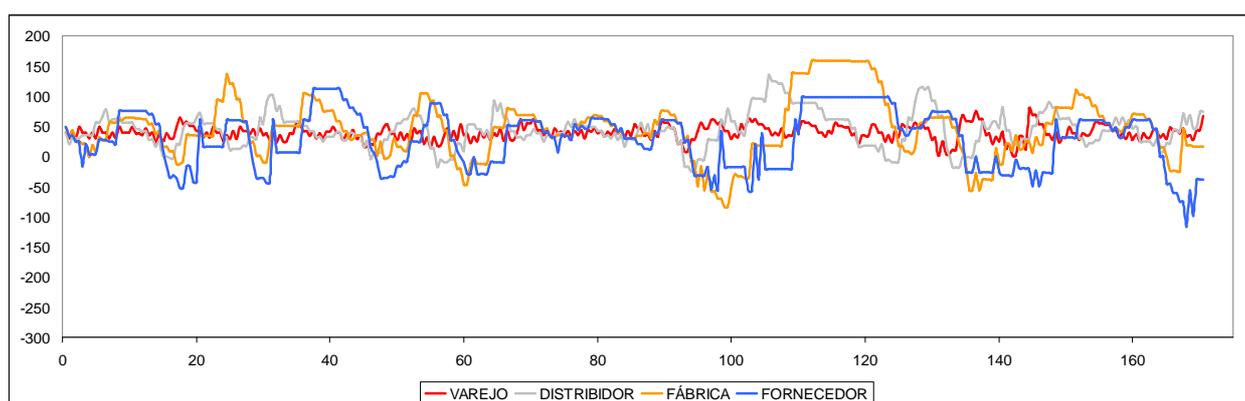


FIGURA 6.4 GRÁFICO DOS ESTOQUES E ORDENS NÃO ATENDIDAS PARA O MÉTODO VMI E CPFR

		Cliente	Varejo	Distribuidor	Fábrica	Fornecedor
Cadeia Original (igual a das práticas de abastecimento)	Média de pedidos	10,56	10,58	10,58	14,29	14,92
	Estoque Médio		54,19	55,56	80,88	75,08
	Ordens não atendidas		0	163	1106	7311
Cadeia com CPFR ou VMI	Média de pedidos	10,56	10,70	12,50	11,06	16,5
	Estoque Médio		39,20	44,70	50,24	39,10
	Ordens não atendidas média		0	153	846	1840
Varição entre cadeia original e “colaborativa” (%)	Média de pedidos	0	1,20	18,20	-22,60	10,60
	Estoque Médio		-27,70	-19,50	-37,90	-47,90
	Ordens não atendidas		0	-6,20	-23,50	-74,90

QUADRO 6.14 RESULTADO DE CADA CADEIA (ORIGINAL E CPFR OU VMI) E A COMPARAÇÃO

Nota-se que as práticas com previsão da demanda reduzem os estoques de toda a cadeia (em média uma redução nos estoques na ordem de 33%), principalmente em comparação com os resultados da cadeia “original”, mas

mesmo quando comparado com cadeia baseada na prática do reabastecimento (Quadro 6.13) o resultado é melhor. No entanto o número médio de pedidos é relativamente maior nesta cadeia em comparação a cadeia original e de reabastecimento. Já as ordens não atendidas os dois modelos (baseado no reabastecimento e nas previsões de venda) reduziram significativamente a quantidade em comparação a original. Os resultados demonstram as vantagens desses métodos em relação a uma cadeia sem colaboração entre os elos.

7. CONCLUSÃO

Cada vez mais novas formas de ensino vêm tendo destaque nas universidades e nas empresas. Contudo, o uso destes métodos ainda ocorre de forma tímida, pois estes métodos demandam muitos recursos financeiros e intelectuais. Sendo isso, um dos principais fatores que leva estes métodos a serem mais utilizados em empresas, com a finalidade de treinar, pois somente quando existem verba e interesses econômicos eles são viabilizados.

A simulação, assim como, os outros métodos de ensino baseados na simulação não podem significar a única solução para o ensino em qualquer instância. Desta forma, os métodos de ensino precisam ser utilizados de forma conjunta, pois os eles complementam uns aos outros. Uma vez que, cada método de ensino estimula uma habilidade específica em cada indivíduo. Sendo assim, devem ser usados em conjunto para proporcionar um ensino mais completo e satisfatório. Assim, é preciso saber mesclar os métodos de ensino tradicionais e novos.

Os modelos foram criados com a intenção de representar, o mais próximo possível, a realidade. No entanto, isso não é possível, pois demandaria muito tempo e recursos. De qualquer forma, os modelos representam consideravelmente bem a parte da realidade ou sistema que tinha como objetivo representar.

Eles foram configurados de forma genérica, sendo assim, os dados não são reais, cabendo ao interessado criar cenários, com dados convenientes, para melhor aproveitar os modelos construídos. Nesse sentido, se o usuário usar valores reais, ou seja, extraídos da realidade, como por exemplo, dados reais de *Lead Time*, tempo de movimentação, rotas, tipo de modal, tempo e frequência de quebra ou manutenção, demanda, variedade de produtos, taxa de erro, etc., o modelo servirá como uma boa ferramenta de pesquisa e, deste modo, poderia aprimorar e avaliara sistemas reais. Mesmo com dados reais, os modelos continuarão sendo modelos conceituais, pois sua confecção foi baseada na literatura. Já se os modelos fossem utilizados para ensino,

ressaltando o excelente aspecto visual que o simulador ProModel proporciona, os modelos poderiam servir para visualizar e comparar diferentes possibilidades (cenários), enxergando em tempo real as variáveis (elementos, entidades, recursos e variáveis) do modelo se alterando e interagindo. Para tanto, os modelos não precisariam de dados reais para alcançar os resultados esperados, no entanto, para uma simulação satisfatória os dados devem seguir um mínimo de aproximação com realidade como proporcionalidade entre elas, comportamento semelhante ao da realidade, entre outras. Contudo, caso sejam utilizados dados reais, o modelo apresentará resultados bem como uma simulação mais realística e satisfatória.

Em suma, os cenários deverão ser parametrizados de acordo com os objetivos pretendidos. Assim, cabe ao usuário determinar as variáveis e como elas devem se comportar.

De qualquer forma, mesmo com parâmetros genéricos, os modelos de gestão colaborativa, quando comparados com uma cadeia “tradicional”, demonstram que as práticas e iniciativas aplicadas na cadeia simulada proporcionam bons resultados como, por exemplo, redução nos estoques, no número de ordens não atendidas, etc. Da mesma forma, os modelos de distribuição, quando comparados, apresentam resultados semelhantes à prática.

Por fim, é possível descobrir novas formas de analisá-los e compará-los, ou seja, as medidas de desempenho adotadas podem ser alteradas, tiradas ou criadas, para possibilitar novas comparações, análises e avaliações. Isso é possível com o auxílio de ferramentas externas como a utilizada na pesquisa (Excel), pois o próprio simulador não possui uma ferramenta de análise e avaliação muito avançada. No entanto, é possível utilizar outras ferramentas de avaliação externa dependendo somente de compatibilidade do programa com os arquivos “txt” gerados pelo ProModel.

7.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa contou com um simulador (ProModel) que é considerado de última geração. No entanto, o programa tem suas limitações quanto à obtenção

dos dados e a possibilidade de analisá-los internamente. Sendo assim, foi adotado o programa Excel da Microsoft como ferramenta de análise dos resultados. Com ele é possível comparar dados, analisá-los e cruzá-los melhorando consideravelmente os relatórios da simulação.

Os modelos foram confeccionados de forma a atender o máximo de cenários possíveis. No entanto, sabe-se que existirão parâmetros ou variáveis que não constam nos modelos, sendo assim, será necessário que o usuário inclua ou adapte o modelo para atender suas necessidades.

Dentro do possível a revisão bibliográfica foi elaborada de forma a contemplar o máximo do conhecimento necessário para parametrizar os modelos, bem como, os modelos foram feitos dentro de um limite de tempo e recursos disponíveis.

7.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os novos métodos de ensino são bem conhecidos, mas como apresentado anteriormente são timidamente aplicados. Deste modo, tanto a simulação quanto os outros métodos precisam ser mais detalhados e se possível aplicados, avaliando desta forma sua funcionalidade. Uma maneira de se fazer isso seria por meio da elaboração de cenários, cases, simulações ou jogos. Com isso parte do propósito da presente pesquisa seria alcançado, pois os modelos criados serviriam para criar um ambiente real e sistêmico.

Os modelos confeccionados poderiam ser parametrizados com dados reais. Desta forma, os modelos poderiam servir para pesquisa, pois poderiam avaliar e testar hipóteses que resultaria na solução de problemas ou elucidação de algum sistema. Com isso a outra parte do propósito da pesquisa seria alcançado, pois os modelos serviriam para pesquisa em logística e SCM.

No mais, os modelos poderiam ser aperfeiçoados e melhorados, abrangendo uma gama maior de possibilidade de criação de cenários. Além disso, os modelos poderiam representar uma cadeia de suprimentos genérica, em outras palavras, ao invés de simular separadamente cada prática, criar-se-ia modelos mais completos, onde seria simulado todas as práticas em apenas um modelo, visualizando, desta forma, os efeitos em toda a cadeia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDURAHIMAN, V.; HIRATA, C. M.; KIENBAUM, G.; PAUL, R. J. (2000) An Intelligent Simulation Modelling Environment. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. VI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. - ENEGEP-, São Paulo, SP, Brasil.

ANGELES, R. (2000) – Revisiting the role of Internet-EDI in the current electronic commerce scene. Logistics Information Management. v. 13, n. 1 pg. 45-57

ANTONIO, Danilo de Gaspari ; PIRES, S. R. I.. (2005) - Uma análise da Gestão da Demanda na Cadeia de Suprimentos através de Simulação. In: XXV ENEGEP, Porto Alegre, RS, Brasil, 29 de Outubro a 01 de Novembro de 2005

ANTONIO, Danilo de Gaspari; WERNECK, A. M. F.; PIRES, S. R. I.. (2005) - Simulação, Cenários, Jogos e Cases aplicados no ensino da engenharia de produção. In. XII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 7 a 9 de Novembro de 2005.

BALLOU, R. H. (2001) – Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Bookman. Porto Alegre.

BARBALHO, S. C. M.; AMARAL, D.C.; ROZENFELD, H. (2003) Ensino baseado em cenários de integração: um balanço entre aspectos positivos e negativos de 10 cursos. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

BECHTEL, C.; JAYARAM, J. (1997). Supply Chain Management: A strategic perspective. The International Journal of Logistics Management. v. 8, n. 1.

BELLAN, ZEZINA S. (2005) – Andragogia em ação: como ensinar adultos sem ser maçante. SOCEP Editora. Santa Bárbara D'Oeste.

BENSON, D. (1997) - Simulation Modeling And Optimization Using ProModel. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference.

BENZING; C.; CHRIST, P. (1997) A Survey of Teaching Methods Among Economics Faculty. Journal of Economic Education. v. 28. n.2.

BERTO, R.M.V.S. e NAKANO, D.N. (2000) A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76.

BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. (1998) Métodos de Pesquisa na Engenharia de Produção. CD ROM do XVIII ENEGEP, Niterói.

BERTRAND; J. W.; FRANSOO; J. C. (2002) Modeling and Simulation - Operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operation & Production Management. v. 22. n. 2.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. (2001) - Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. Atlas. São Paulo.

BRANDÃO, J. E. A. (1997) – A evolução do ensino superior brasileiro: uma abordagem histórica abreviada. Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências. Pioneira. São Paulo.

CHAN, F. T. S.; TANG, N. K. H.; LAU, H. C. W.; IP R. W. L.. (2002) A simulation approach in supply management. integrated manufacturing Systems 13, 2.

CHING, H. Y. (2001) - Gestão de estoques na cadeia Logística integrada - Supply Chain Management. Editora Atlas, São Paulo.

CHOPRA, S.; MEINDL, P.; (2003) – Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações. São Paulo. Prentice Hall.

CHRISTOPHER, M. (2000) – The Agile Supply Chain. Industrial Marketing Management; Vol. 29, p. 37-44.

CHRISTOPHER, M. (2001) Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços: Pioneira. 1 a Edição. São Paulo

COOHEN, S.; ROUSSEL, J. (2004) – Strategic supply chain management: the five disciplines for top performance. New York, McGraw-Hill.

CORRÊA, H. L. (2002) – Supply Chain Management: implementando VMI de forma eficaz. In: Anais do SIMPOI. São Paulo: Fundação Getulio Vargas.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. (2001) – Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP : conceitos, uso e implantação. Atlas. 4 a Edição. São Paulo.

CURRY; B.; MOUTINHO; L. (1992) Using computer simulations in management education. Management Education and Development. v. 23. parte 2.

DIAS, M. A. P. (1995) - Administração de Materiais: Uma Abordagem Logística. Edição Compacta, Editora Atlas, São Paulo. 4a. edição

DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. (2003) – The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains. International Journal of Production economics. v. 85. p.199-215.

DYER, L.; SINGH, H. (1998) – The relational view: cooperative strategy and sources of inter-organizational competitive advantage. The Academy Management Review, Outubro, Vol. 23. n. 4.

FARIA; A. J.; WELLINGTON; W. J. (2004) A survey of simulation game users, former-users, and never-users. *Simulation & Gaming*. v. 35. n. 2.

FEINSTEIN; A. H.; MANN; S.; CORSUN; D. L. (2002) – Charting the experiential territory – Clarifying definitions and uses of computer simulation, game, and role play. *Journal of Management Development*. v. 21. n. 10.

FIGUEIREDO, R. S.; ZAMBOM, A. C.; SAITO, J. R. (2001) A introdução da simulação como ferramenta de ensino e aprendizagem. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. VII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. – Salvador, BA, Brasil, 17 a 19 de outubro.

FLEURY, P. F. (2002) – Gestão estratégica do transporte. Rio de Janeiro: COPPEAD. Disponível em: www.coppead.ufrj.br Acesso em: 20/agosto/05

FLEURY, P. F. (2003) – O sistema ed processamento de pedidos e a gestão do ciclo do pedido. Rio de Janeiro: COPPEAD. Disponível em: www.coppead.ufrj.br Acesso em: 20/agosto/05.

FLEURY, PAULO F. (1999). *Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios da Implementação*. Rio de Janeiro: COPPEAD. Disponível em: www.coppead.ufrj.br Acesso em: 20/abril/04;

FOGARTY, D.W.; BLACKSTONE JR., J.H.; HOFFMANN, T.R. (1991) *Production & Inventory Management*. Cincinnati, South-Western Publishing,.

FREITAS, Paulo. (2001) – Introdução à Modelagem e simulação de sistemas – com aplicações em arena.

GODOY, A. S. (1997a) – Recursos tecnológicos e ensino individualizado. *Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências*. Pioneira. São Paulo.

GODOY, A. S. (1997b) – Ambiente de ensino preferido por aluno do terceiro grau. *Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências*. Pioneira. São Paulo.

GODOY, A. S.; CUNHA, M. A. V. C. (1997) – Ensino em pequenos grupos. *Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências*. Pioneira. São Paulo.

GURGEL, F. C. A. (1996) *Administração dos fluxos de materiais e de produtos*. São Paulo, Atlas.

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; (2002) – *Simulação: otimizando os sistemas*. Instituto IMAM. São Paulo.

HOUAISS, A.; VILAR, M. S. (2001) *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro, Objetiva

JENNING; D. (2002) Strategic management: an evaluation of the use of three learning methods. *Journal of Management Development*. v. 21. n. 9.

KAPP, K. M.; LATHAM, W. F.; FORD-LATHAM, H. N.. (2001). *Integrated learning for ERP success: A learning requirements planning approach*. St Lucie Press – APICS.

KHATOR, S. K.; DESHMUKH, M. (2002) – *System Dynamics Modeling of Agility in a Supply Chain*. VIII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Curitiba, Brazil

KOLB; David, A.; RUBIN; I. M.; McINTYRE; J. M. (1978) *Psicologia organizacional: uma abordagem vivencial*. São Paulo, Atlas.

LAMBERT, D. M. (2004). *The Eight Essential Supply Chain Management Processes* *Supply Chain Management Review*. New York:. Vol. 8, Iss. 6; p. 18

LAMBERT, D. M.; COOPER, M.C. (2000) *Issues in Supply Chain Management*. *Industrial Marketing Management*, 29.pg. 65 – 83.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M.C.; PAGH, J. D. (1998) *Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities*. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, N° 2.

LEE, H. G.; CLARK, T.; TAM, K. Y. (1999) – *Research Report. Can EDI Benefit Adopters?*. *Information Systems Research*. v. 10; n. 2, pg 186

LEE, H. L., PADMANABHAN, V., WHANG, S. (1997a) - *The bullwhip effect in supply chains*. *Sloan Management Review*, Spring, p. 93-102.

LEE, H. L., PADMANABHAN, V., WHANG, S. (1997b) - *Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect*. *Management Science*, v. 43, n. 4, April, p.546-558.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. M. (2002).*Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 5. ed. São Paulo: Atlas.

MARTINS, P. G. e ALT, P.R.C. (2000) - *Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais* Editora Saraiva

MASON-JONES, R.; NAYLOR, B.; TOWILL, D. R. (2000) – *Engineering the leagile supply chain*. *International Journal of Agile Management Systems*, Bradford . Vol. 2 , n. 1, p. 54-61

McCARTHY, T.; GOLIC, S. (2002) – *Implementing collaborative forecasting to improve supply chain performance*. *International Journal of Logistics Management*. Vol. 32. n.6.

MOREIRA, D. A. (1997) – A linguagem da educação: aplicação de algumas idéias de Israel Scheffler. Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências. Pioneira. São Paulo.

MUNDIM, A. P. F.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L.; GUERRERO, V.; HORTA, L. C. (2002) Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional. Gestão & Produção. v. 9. n.1.

OWENS, S. F.; LEVARY, R. R.. (2002) – Evaluating the impact of electronic data interchange on the ingredient supply chain of a food processing company. Supply Chain Management; v. 7; n. 3/4. pg. 200.

PIRES, S. I. R. (2004) - Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management) Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos. Atlas. São Paulo. p.310.

PIRES, S. R. I. (1995) Gestão Estratégica Da Produção. Editora Unimep.

PIRES, S. R. I. (1998) Managerial implications of the Modular Consortium model in a Brazilian Automotive Plant. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, Nº 3, p. 221-232.

PIRES, S. R. I. (2002) New Productive Systems in the Automotive Industry: the current situation of three innovative plants in Brazil. International Journal of Automotive Technology and Management. Milton Keynes: Vol. 2, Iss. 1; p. 46

PIRES, S.R.I. (1998). Gestão da Cadeia de Suprimentos e o Modelo de Consórcio Modular, Revista de Administração-USP, Vol. 33, No. 3.

POHLEN, T. L.; GOLDSBY, T. J. (2003). VMI and SMI programs: How economic value added can help sell the change. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Bradford: Vol. 33, Iss. 7; p. 565.

PRADO, Darci S. (1999) – Usando o arena em simulação. Editora de Desenvolvimento Gerencial, Belo Horizonte. Minas Gerais.

PRICE, R. N.; HARRELL, C. R. (1999) Simulation Modeling And Optimization Using ProModel - Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference

PROENÇA JÚNIOR, D. (2003) Critérios para o uso de jogos pedagógicos. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003

RIIS; J. O.; JOHANSEN; J.; MIKKELSEN; H. (1995a). Simulation Games in Production Management – An Introduction. Simulation Games and Learning in Production Management. Denmak. Chapman & Hall.

RIIS; J. O.; JOHANSEN; J.; MIKKELSEN; H. (1995b) Design of simulation games. Simulation Games and Learning in Production Management. Denmark. Chapman & Hall.

RUOHOMÄKI, V.; 1995 – Viewpoint on learning and education with simulation games. Simulation Games and Learning in Production Management. Denmark. Chapman & Hall.

SALE, M. L.; INMAN, R. A. (2003) Survey-based comparison of performance and change in performance of firms using traditional manufacturing, JIT and TOC. International Journal of Production Research. 41, 4, p. 829 - 844

SALIBY, E. (1989) Repensando a simulação: a amostragem descritiva. São Paulo. Atlas

SHAPIRO, J. F. 2001 Modeling the supply chain. Estados Unidos da América Thomson Learning.

SHIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. (2003) – Cadeia de suprimentos: projeto e gestão. Porto Alegre, Bookman.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2002), Administração da Produção. Atlas, São Paulo.

SOGUNRO; O., A.; 2004 – Efficacy of role-playing pedagogy in training leaders: some reflections. Journal of Management Development. n. 23. v. 4.

SPARLING; D.; 2002 – Simulations and supply chain: strategies for teaching supply chain management. Supply Chain Management: An International Journal. v. 7. n. 5.

TROQUE, W. A. (2004) - Influência das práticas da Gestão da cadeia de Suprimentos sobre a Gestão da Demanda. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – UNIMEP. Santa Bárbara d'Oeste, SP.

TROQUE, W. A.; PIRES, S. R. I. (2003) – Influência das práticas da Gestão da cadeia de Suprimentos na Gestão da Demanda. XXIII Encontro Nacional De Engenharia de Produção - ENEGEP – Ouro Preto, MG, Brasil.

VIANA, J. J. (2002) Administração de materiais: um enfoque prático. São Paulo, Atlas.

VIEIRA, J. G. V.; YOSHIZAKI, H. Y. (2004) – Tentativa de adaptação do CPFR para a realidade brasileira: casos de sucesso e insucesso na cadeia de suprimentos do varejo. XXIV ENEGEP - Encontro Nac. de Eng. de Produção - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov de 2004.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. (1997) - Manufacturing Planning And Control Systems. Irwin McGraw-Hill

WANKE, P. (2004) – Uma revisão dos programas de resposta rápida: ECR, CRP, VMI, CPFR, JIT II. Rio de Janeiro: COPPEAD. Disponível em: www.coppead.ufrj.br Acesso em: 20/agosto/05.

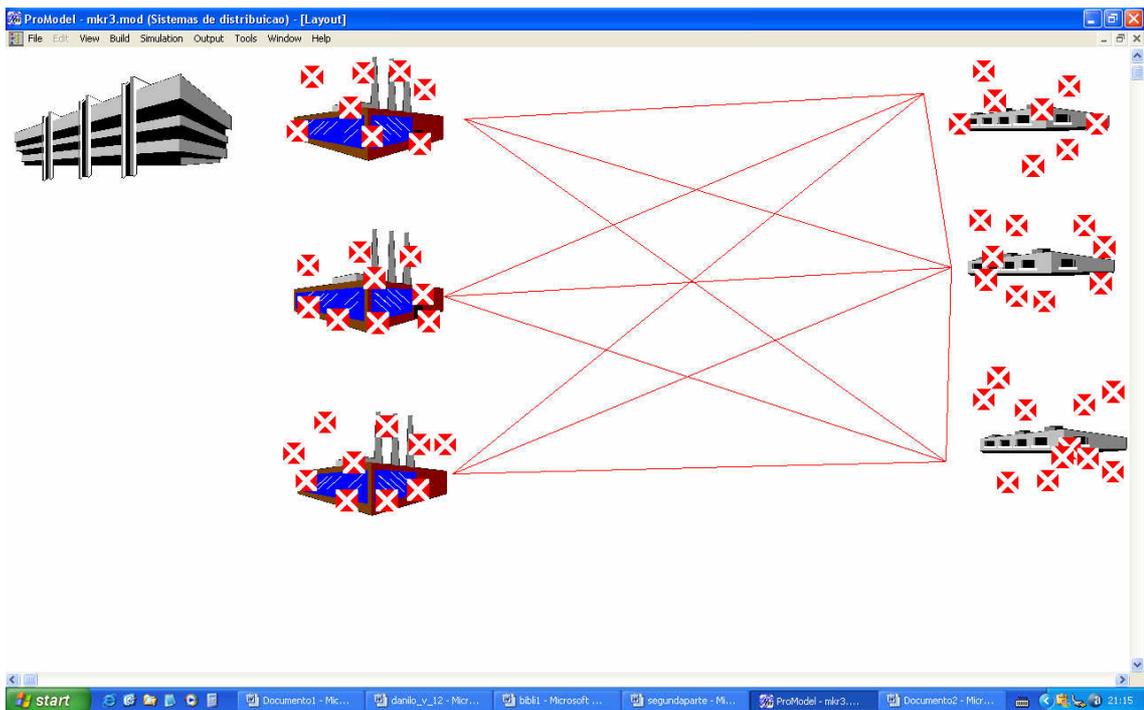
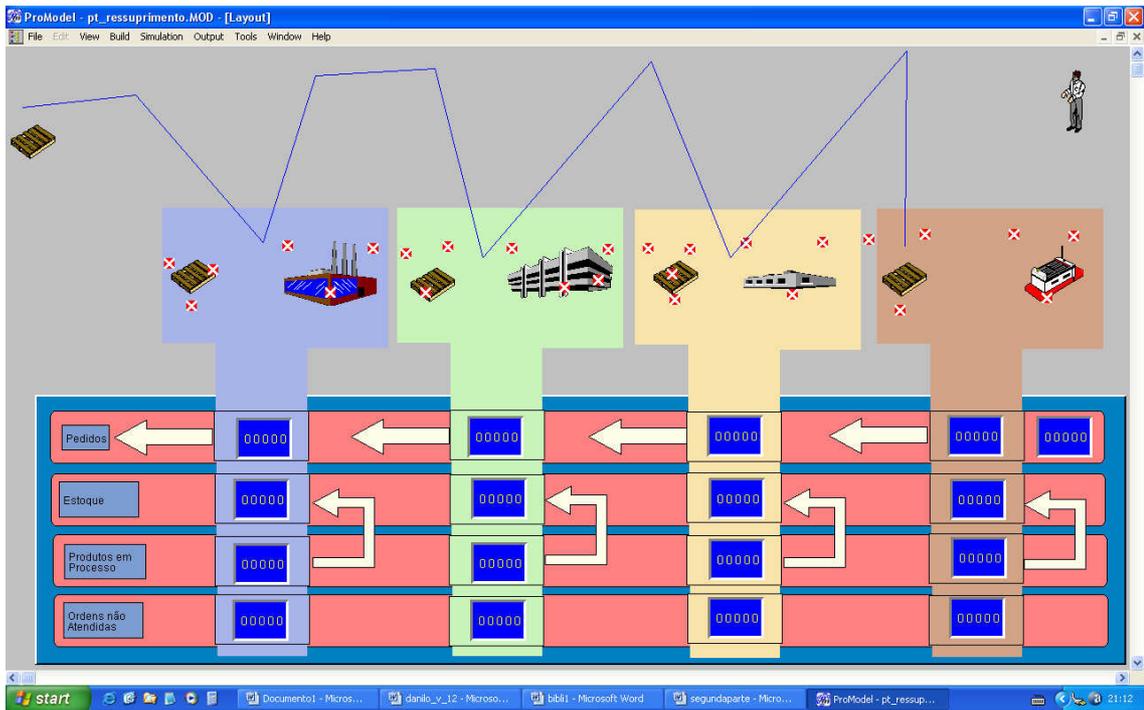
WEISS, J. M. G. (1997) – Aplicações da tecnologia de informação à educação: tendências e perspectivas. Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências. Pioneira. São Paulo.

ZAIRI, M. (1998) – Best practice in supply chain management: the experience of the retail sector. European of Innovation Management. v. 1 n. 2 pg. 59-66

ANEXOS

ANEXO A

EXEMPLOS DE TELAS DO PROMODEL



ANEXO B

TABELA COM OS NOMES DOS ARQUIVOS SIMULADOS

Prática	Arquivo
Distribuição via Centro de Distribuição	Centro_Distribuicao.mod
<i>Milk Run</i>	Milk_Run.mod
ECR	ECR.mod
Cadeia convencional	Original.mod
Cadeia com EDI	EDI.mod
<i>Cross Docking</i>	CrossDocking.mod
<i>Cross Docking</i> com Centro de Distribuição	CD_com_MilkRun.mod
CPFR	CPFR.mod