

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

**GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E AVALIAÇÃO DE  
DESEMPENHO: UMA ABORDAGEM BASEADA NA TEORIA DAS  
RESTRICÇÕES**

**MARCOS CHIMINAZZO**

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO B. DE SOUZA

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

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2005

C538g

Chiminazzo, Marcos

Gestão da cadeia de suprimentos e avaliação de desempenho: uma abordagem baseada na teoria das restrições\_/ Marcos Chiminazzo.- Santa Bárbara d'Oeste, SP:[s.n.], 2005.

Orientador: Fernando B. de Souza.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

1. Gestão da cadeia de suprimentos. 2. Teoria das restrições. 3. Avaliação de desempenho. I. Souza, Fernando B. de. II. Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

Aos meus pais Carlos e Jaymencita.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Fernando Bernardi de Souza, pela orientação e contribuições ao trabalho, mas principalmente por sua dedicação, profissionalismo e amizade.

Ao professor Sílvio Pires pelas contribuições ao trabalho e pela possibilidade de participar de um dos projetos desenvolvidos pelo Instituto Fábrica do Milênio (IFM), com o Grupo de Gestão da Produção, Logística e Cadeia de Suprimentos – GEPLOCS/ UNIMEP.

Ao professor Thomas Corbett Neto, por suas contribuições e pelos preciosos *insights* incluídos neste trabalho.

Aos companheiros integrantes do GEPLOCS /UNIMEP, Daniela, Danilo, Débora, Fernanda, Mario, Paulo e Taiana.

A Danilo De Gaspari Antonio pelo auxílio na simulação do modelo de distribuição.

Aos meus pais, meu irmão Ricardo e a todos os amigos pelo apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIMEP, representada por Nivaldo L. Coppini, às secretárias Marta, Daniele, Velma e colaboradores, pela auxílio prestado.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Não há nada mais difícil de manejar, mais perigoso de conduzir ou mais incerto de suceder do que levar adiante a introdução de uma ordem de coisas, pois a inovação tem por inimigos todos os que se deram bem nas condições antigas, e por defensores frágeis todos aqueles que talvez possam se dar bem nas novas.”

Maquiavel, O Príncipe, 1532

CHIMINAZZO, Marcos. ***Gestão da Cadeia de Suprimentos e Avaliação de Desempenho: Uma Abordagem Baseada na Teoria das Restrições***. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

### RESUMO

A Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM) tem crescido em importância nos últimos anos assim como a necessidade por uma visão mais sistêmica da gestão empresarial. Ainda que a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC) tenha muito a contribuir para a SCM devido à sua concepção particularmente sistêmica sobre a Gestão da Produção, seus conceitos ainda têm sido pouco utilizados nesse sentido. Este trabalho procura contribuir de forma exploratória nesse contexto, consolidando vários novos aspectos tratados na literatura corrente e relacionados ao tema proposto, que incluem um processo de distribuição física, uma forma de se medir o desempenho da cadeia de suprimentos, além de sugerir também um método de programação e controle de produção para a SCM. Muitas das perspectivas trazidas pela TOC vêm complementar as práticas da SCM já conhecidas, enquanto outras possibilitam novas contribuições e abordagens, algumas bastante distintas das empregadas usualmente na gestão da produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão da cadeia de Suprimentos, Teoria das Restrições, Avaliação de Desempenho.

CHIMINAZZO, Marcos. ***Supply Chain Management and Performance Measurement: An Approach Based on the Theory of Constraints***. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

#### **ABSTRACT**

*Supply Chain Management (SCM) has been growing in importance on the recent last years as well as the need for a systemic view in the business administration. Once Theory of Constraints (TOC) has a lot to contribute to SCM, due its systemic approach on dealing with production administration, its concepts had a little use in this sense. This exploratory work is willing to contribute to consolidating new TOC aspects in SCM context, which include physical distribution, a performance measurement method, besides a way of production planning and control applied to SCM. While many TOC concepts seem simply to complement the practices already known in SCM, another can even represent different approaches from the usual business rules in production management.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Supply Chain Management, Theory of Constraints, Performance Measurement

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	XII
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2. JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	4
<b>2. METODOLOGIA DA CIÊNCIA, DA PESQUISA E DO TRABALHO CIENTÍFICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DA CIÊNCIA.....	6
2.1.1. MÉTODOS CIENTÍFICOS.....	8
2.1.1.1. MÉTODOS DEDUTIVO E INDUTIVO .....	8
2.1.1.2. OUTROS MÉTODOS CIENTÍFICOS.....	9
2.2. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: CLASSIFICAÇÕES DO TRABALHO DE PESQUISA.....	10
2.2.1. A PESQUISA DO TEMA PROPOSTO.....	11
<b>3. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....</b>	<b>14</b>
3.1. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: HISTÓRICO E PRÁTICAS.....	14
3.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	19
3.2.1. DIMENSÕES COMPETITIVAS E DESEMPENHO.....	20
3.2.2. ABORDAGENS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	21
<b>4. A TEORIA DAS RESTRIÇÕES E O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA.....</b>	<b>34</b>
4.1. A ABORDAGEM ANALÍTICA E A ABORDAGEM SISTÊMICA.....	36
4.2. TEORIA DAS RESTRIÇÕES E LOGÍSTICA.....	40
4.2.1. DEFINIÇÃO DE RESTRIÇÃO.....	40
4.2.2. O PROCESSO DECISÓRIO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	42
4.2.3. GESTÃO DE ESTOQUES E O PROCESSO PRODUTIVO.....	44
4.2.4. EVENTOS DEPENDENTES E FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.....	47
4.2.5. GARGALOS E RECURSOS COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE.....	51
4.2.6. A VISÃO DA TOC SOBRE OS LOTES ECONÔMICOS.....	55
4.2.7. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES: O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA.....	57
4.2.7.1. O TAMBOR ( <i>DRUM</i> ).....	59
4.2.7.2. O PULMÃO DE TEMPO ( <i>TIME BUFFER</i> ).....	60
4.2.7.3. A CORDA ( <i>ROPE</i> ).....	61
4.2.8. <i>ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING</i> E A TOC.....	62
4.2.9. DEFININDO CAPACIDADE PROTETORA, PRODUTIVA E EXCESSIVA.....	64



4.2.10. A GESTÃO DO PULMÃO E A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO EM RELAÇÃO À PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO: OS INDICADORES OPERACIONAIS DA TOC .....	65
4.2.10.1. A GESTÃO DO PULMÃO .....	65
4.2.10.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NAS OPERAÇÕES DA PRODUÇÃO: OS INDICADORES GDD E IDD .....	67
4.3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ACORDO COM A TEORIA DAS RESTRIÇÕES E AO ALCANCE DA CONTABILIDADE GERENCIAL TRADICIONAL .....	71
4.3.1. O PARADIGMA DA CONTABILIDADE DE CUSTOS .....	72
4.3.2. OS INDICADORES DE DESEMPENHO PARA A TOMADA DE DECISÕES GERENCIAIS: OS INDICADORES FINANCEIROS NA TOC .....	73
4.3.3. MEDINDO A META: UM EXEMPLO .....	76
4.4. OS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TOC .....	81
4.4.1. “MUNDO DOS CUSTOS” VERSUS “MUNDO DO GANHO” .....	86
<b>5. A LOGÍSTICA FOCADA NA TOC E O MÉTODO TPC APLICADO À CADEIA DE SUPRIMENTOS .....</b>	<b>90</b>
5.1. A LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO FUNDAMENTADA NA TOC .....	90
5.1.1. A GESTÃO DOS ESTOQUES NA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	100
5.2. ELEVANDO A SINERGIA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO NA CADEIA .....	102
5.2.1. CENTRALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE RISCO ( <i>RISK POOLING</i> ) .....	103
5.2.2. MANUFATURA POSTERGADA ( <i>POSTPONEMENT MANUFACTURING</i> ) .....	105
5.2.3. SEGMENTAÇÃO DE MERCADO .....	107
5.3. A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA (TPC) .....	111
<b>6. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE ACORDO COM A TOC .....</b>	<b>119</b>
6.1. A COLABORAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	120
6.1.1. VALOR AGREGADO E VENDA SOB O ENFOQUE DA TOC .....	124
6.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS UTILIZANDO-SE OS INDICADORES FINANCEIROS E OPERACIONAIS DA TOC .....	126
<b>7. SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E COMPARAÇÃO DAS VISÕES USUAIS E DA TOC NO CONTEXTO DA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....</b>	<b>129</b>
<b>8. DISCUSSÃO CONCEITUAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>141</b>
8.1. DISCUSSÃO ENTRE A ABORDAGEM TOC E AS ABORDAGENS USUAIS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA .....	142
8.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	145
8.3. LIMITAÇÕES PRÁTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA TOC NA SCM .....	147
8.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA TOC NA SCM .....	148
8.5. CONTRIBUIÇÕES FINAIS .....	150
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>159</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES .....	160

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APR	ÁRVORE DE PRÉ-REQUISITOS
APS	<i>ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING</i>
ARA	ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL
ARF	ÁRVORE DA REALIDADE FUTURA
AT	ÁRVORE DE TRANSIÇÃO
ATO	<i>ASSEMBLE TO ORDER</i>
BSC	<i>BALANCED SCORE CARD</i>
CLM	<i>COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT</i>
CPFR	<i>CONTINUOUS PLANNING, FORECASTING, AND REPLENISHMENT</i>
CR	<i>CONTINUOUS REPLENISHMENT</i>
DDN	DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM
ECR	<i>EFFICIENT CONSUMER RESPONSE</i>
EDI	<i>ELECTRONIC DATA INTERCHANGE</i>
ERP	<i>ENTERPRISE RESOURCE PLANNING</i>
EVA	<i>ECONOMIC VALUE ADDED</i>
GDD	GANHO-DINHEIRO-DIA
IDD	INVENTÁRIO-DINHEIRO-DIA
JIT	<i>JUST IN TIME</i>
MRPII	<i>MANUFACTURING RESOURCE PLANNING</i>
OPT	<i>OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY</i>
PcR	PROCESSOS DE RACIOCÍNIO
PRTM	<i>PITTIGLIO RABIN TODD &amp; MCGRATH</i>
RRC	RECURSO COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE
SCC	<i>SUPPLY CHAIN COUNCIL</i>
SCM	<i>SUPPLY CHAIN MANAGEMENT</i>
SCOR	<i>SUPPLY CHAIN REFERENCE MODEL</i>
TOC	<i>THEORY OF CONSTRAINTS</i>
TPC	TAMBOR-PULMÃO-CORDA
VMI	<i>VENDOR MANAGED INVENTORY</i>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
FIGURA 2 - LOGÍSTICA INTEGRADA .....	15
FIGURA 3 - COMPETIÇÃO ENTRE VIRTUAIS UNIDADES DE NEGÓCIOS .....	17
FIGURA 4 – EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS CONSIDERANDO QUATRO UNIDADES DE NEGÓCIOS. ....	27
FIGURA 5 - LINHA DE PRODUÇÃO COM DOIS RECURSOS BALANCEADOS, CADA QUAL COM CAPACIDADE MÉDIA DE 5 PEÇAS/ H .....	49
FIGURA 6 - FIGURA ESQUEMÁTICA DO TPC PARA UMA SÉRIE DE RECURSOS.....	58
FIGURA 7 – ILUSTRAÇÃO DA GESTÃO DO PULMÃO.....	66
FIGURA 8 – ESQUEMA DE FLUXO DE TRABALHO EXEMPLIFICADO .....	77
FIGURA 9 – ESQUEMA DE UMA ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL .....	82
FIGURA 10– DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM.....	84
FIGURA 11 – ÁRVORE DA REALIDADE FUTURA .....	84
FIGURA 12 – ÁRVORE DE PRÉ-REQUISITOS.....	85
FIGURA 13 – ÁRVORE DE TRANSIÇÃO.....	86
FIGURA 14 – PROTEÇÃO DO GANHO X REDUÇÃO DOS CUSTOS.....	88
FIGURA 15 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A DISTRIBUIÇÃO .....	91
FIGURA 16 - MODELO DE DISTRIBUIÇÃO CENTRALIZADO COM BASE NA TOC.....	97
FIGURA 17 – A ESTRUTURA DO PULMÃO DE ESTOQUES DE ACORDO COM A TOC .....	101
FIGURA 18 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM DE MARKETING .....	108
FIGURA 19 – ÁRVORE GENÉRICA DA REALIDADE FUTURA PARA MARKETING.....	110
FIGURA 20 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	112
FIGURA 21 - CADEIA DE SUPRIMENTOS COM A INFORMAÇÃO DAS CAPACIDADES DE SEUS RECURSOS E ESTOQUES POSICIONADOS DE ACORDO COM O ENFOQUE USUAL .....	114
FIGURA 22 - CADEIA DE SUPRIMENTOS COM POSICIONAMENTO DOS PULMÕES DE ACORDO COM O MÉTODO TPC.....	115
FIGURA 23 – SOLUÇÃO PARCIAL DO TPC PARA A CADEIA .....	116
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS COLABORATIVA .....	121
FIGURA 25 – ILUSTRAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO TOC .....	166
FIGURA 26 – SIMULAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO TOC .....	167

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – ESCALA DO CLIENTE E DA CONCORRÊNCIA .....	28
QUADRO 2 - ESTRUTURA INTEGRADA DE MEDIDAS PARA A CADEIA DE SUPRIMENTO	30
QUADRO 3 – EXEMPLO NUMÉRICO DO EFEITO DAS FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA DOIS RECURSOS TRABALHANDO SEQUENCIALMENTE .....	50
QUADRO 4 – EXEMPLO NUMÉRICO DO EFEITO DAS FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA TRÊS RECURSOS TRABALHANDO SEQUENCIALMENTE.....	50
QUADRO 5 – CÁLCULO DAS HORAS NECESSÁRIAS EM CADA DEPARTAMENTO .....	78
TABELA 1 – RESUMO QUANTITATIVO DAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ENCONTRADAS RELATIVAS AO TEMA TOC NO CONTEXTO DA SCM.....	12
TABELA 2 – RESUMO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS METODOLÓGICOS DA PESQUISA .....	12
TABELA 3 - SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES APRESENTANDO GARGALO E RRC .....	51
TABELA 4 - RESULTADOS OBTIDOS DE ACORDO COM A CONTABILIDADE DE CUSTOS TRADICIONAL.....	79
TABELA 5 - RESULTADOS OBTIDOS DE ACORDO COM A CONTABILIDADE DE GANHO TOC.....	80
TABELA 6 – DADOS HISTÓRICOS DE DEMANDA PARA O PRODUTO A .....	103
TABELA 7 – DADOS HISTÓRICOS DA DEMANDA PARA O PRODUTO B .....	104
TABELA 8 – RESUMO COMPARATIVO : SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO CENTRALIZADO X DESCENTRALIZADO .....	104
TABELA 9 – COMPARAÇÕES DAS VISÕES USUAIS E DA TOC NO CONTEXTO DA SCM .....	130
TABELA 10 – RESUMO DOS PARÂMETROS DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO E CÁLCULO DO ESTOQUE MÁXIMO EM CADA ELO .....	162
TABELA 11 – RESUMO DOS DADOS OBTIDOS COM O SIMULADOR PROMODEL ® ..	164
TABELA 12 – NÍVEL DE SERVIÇO OBTIDO A PARTIR DO SIMULADOR PROMODEL ®	165



# **1.INTRODUÇÃO**

## **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Nas últimas décadas, a acirrada competição industrial tem provocado uma verdadeira “corrida” rumo ao estabelecimento de posições mais sólidas em um mercado cada vez mais globalizado. Com a finalidade de se manterem competitivas, muitas empresas passaram a investir todos os seus esforços em suas próprias competências centrais, repassando, a terceiros, atividades e funções que no passado eram realizadas internamente.

Assim, o crescente aumento de funções e atividades realizadas agora externamente vem criando novos desafios frente às tradicionais formas de gestão empresarial. Alguns custos, que no passado estavam circunscritos à própria companhia, ultrapassaram os limites destas e chegaram ao âmbito de outras empresas. De forma similar, o conceito de qualidade de um produto, antes tratado internamente, passou a ser percebido e avaliado externamente por clientes e fornecedores.

Entre outros aspectos, a relevância das relações entre as empresas e as cadeias de suprimentos a que pertencem passa a ser percebida com maior vulto neste contexto, à medida em que, ao se buscar a sinergia necessária para que se possa adicionar o máximo valor ao cliente final, eleva-se o grau de dependência mútua entre as empresas.

Nesse sentido, a tendência da competição parece, de fato, estar concentrada no nível das cadeias de suprimentos, diferentemente de como essa competição era percebida no passado. Assim, a necessidade de adoção de estratégias apropriadas, bem como a criação de infra-estruturas adequadas a este contexto, torna-se clara.

Do ponto de vista infra-estrutural, a logística, que no passado assumia uma função de retaguarda, assume agora um importante papel integrador entre

fornecedores e clientes na manutenção dessas redes de suprimentos. Da mesma forma, a evolução dos sistemas de informação veio viabilizar o processo de coordenação e tomada de decisões nas cadeias de suprimentos.

Do ponto de vista da gestão, os relacionamentos colaborativos entre os elos de uma cadeia de suprimentos tornam-se preferíveis às posturas adversárias dos parceiros de uma cadeia, visando ao aumento da sinergia existente entre os parceiros de negócios.

Diversas pesquisas têm sido realizadas sobre o tema, as quais incluem a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) e a Medição de Desempenho na Gestão da Cadeia de Suprimentos. Entretanto, muito da visão tradicional da gestão de operações parece ter sido mantida.

O presente trabalho se apóia na visão que, para que melhorias no desempenho das cadeias de suprimentos possam ser realmente percebidas, é preciso que a lógica da procura constante pela melhoria ou otimização local seja substituída pela lógica da melhoria da cadeia de suprimentos como um todo. Torna-se vital compreender, que cada empresa de uma cadeia de suprimentos não deve apenas priorizar seu desempenho em termos de relacionamento ou atendimento das necessidades de sua camada imediata, mas sim trabalhar para agregar valor ao cliente final da cadeia.

Nesse sentido, a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC) destaca-se por meio de uma abordagem claramente sistêmica, que faz uso de modelos logísticos indissolavelmente ligados aos processos de tomada de decisões com base em indicadores de desempenho. Seus pressupostos, muitas vezes malcompreendidos, estão fundamentados na idéia que todo sistema tem seu desempenho limitado por poucos fatores restritivos, os quais devem ser identificados e explorados para que o sistema como um todo possa alcançar um patamar superior de desempenho. Em um sentido inverso, qualquer melhoria desvinculada da restrição da organização ou da cadeia de suprimentos, da qual ela faz parte, teria apenas efeitos localizados, sem resultados globais efetivamente positivos.

Dessa forma, no contexto desta pesquisa, considera-se que a TOC pode auxiliar em termos de contribuições para alguns conceitos e práticas da Gestão da Cadeia de Suprimentos. Esta pesquisa parte da premissa que a Teoria das Restrições, por meio de sua visão sistêmica e de suas abordagens particulares voltadas à logística e à medição de desempenho, pode trazer interessantes contribuições ao campo de conhecimento da Gestão da Cadeia de Suprimentos e, em particular, aos aspectos logísticos e de medição de desempenho associados.

## **1.2. JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES**

Ainda que na TOC, por suas características, pareça haver um importante potencial para as práticas da SCM, o tema Teoria das Restrições voltada à Gestão da Cadeia de Suprimentos constitui-se num campo ainda pouco explorado pela literatura, como poderá ser observado ao longo deste trabalho.

Visto o número bastante reduzido de referências bibliográficas encontradas sobre o tema, este trabalho visou constituir-se, primordialmente, de uma ampla revisão bibliográfica, de forma que se pudesse estruturar um texto reunindo os principais conceitos e informações sobre o assunto. Desta forma, acredita-se que tal texto, por suas características, possa se revestir de um caráter até certo ponto único e pioneiro.

Além de procurar explorar algumas possíveis contribuições logísticas da TOC na SCM, esta pesquisa visa também identificar uma possível adequação dos conceitos da TOC para medição de desempenho na SCM.

Devido ao caráter exploratório deste trabalho, não há aqui a pretensão de se desenvolver novos conhecimentos ou modelos para esse campo de conhecimento, mas sim, de possibilitar alguns *insights* em termos de revisão conceitual e de práticas da SCM. Ainda que tais contribuições possam, muitas vezes, não ter um significado prático imediato, espera-se que suas implicações conceituais possam levar a revisões de algumas práticas de SCM em um futuro próximo.



Com o intuito de se evidenciar as potenciais contribuições desta pesquisa, pretende-se, ao término do trabalho identificar de uma forma lógica, estruturada e segundo as literaturas pesquisadas, as principais diferenças em termos de visão de mundo das abordagens TOC e convencionais da SCM.

### **1.3. OBJETIVOS**

Fundamentalmente, este trabalho visa alcançar dois objetivos:

- Realizar uma ampla revisão bibliográfica a respeito da visão da Teoria das Restrições (TOC) no contexto da Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM).
- Identificar as potenciais contribuições que a TOC pode trazer para a SCM e seus sistemas de medição de desempenho (SMD), destacando suas diferentes visões e abordagens.

O alcance desses objetivos irá seguir uma metodologia cujas características encontram-se no capítulo 2 deste trabalho.

### **1.4. ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS**

O trabalho está estruturado em 9 capítulos. No primeiro capítulo, apresentam-se a introdução, suas justificativas e os objetivos propostos.

Com a finalidade da escolha do método de pesquisa mais adequado ao tema proposto, o segundo capítulo constitui-se de uma revisão bibliográfica sobre metodologia da pesquisa científica e sobre métodos científicos sugeridos pela literatura.

O terceiro Capítulo inicia-se por uma revisão geral dos conceitos de Gestão da Cadeia de Suprimentos, seus objetivos e práticas. Na seqüência, são expostas algumas das propostas de avaliação de desempenho para cadeias de suprimentos sugeridas pela literatura.

No Capítulo 4 são discutidos os princípios da Teoria das Restrições utilizados nos processos de manufatura, assim como o método de planejamento de programação e controle da produção denominado Tambor-Pulmão-Corda (TPC). Os conceitos relacionados à avaliação de desempenho segundo a TOC são abordados na seqüência.

No Capítulo 5 é abordada, conceitualmente, uma estratégia de distribuição para a cadeia de suprimentos com base na lógica da TOC. Discute-se ainda a aplicação do método Tambor-Pulmão-Corda (TPC), o qual foi descrito no Capítulo 4, adequado agora ao contexto da Cadeia de Suprimentos.

O Capítulo 6 discute a utilização dos indicadores de desempenho da Teoria das Restrições para a tomada de decisões na Gestão da Cadeia de Suprimentos.

O Capítulo 7 apresenta e discute alguns dos principais parâmetros tratados no trabalho, salientando as principais diferenças entre as abordagens TOC e tradicional de SCM, sistematizando os conhecimentos adquiridos na forma de uma Tabela.

O Capítulo 8 apresenta uma discussão conceitual da abordagem TOC voltada para algumas questões logísticas e de medição de desempenho para cadeias de suprimentos, traçando-se um paralelo com os métodos usualmente propostos para SCM. Considerações e questões pertinentes foram incluídas, assim como sugestões para futuros trabalhos.

Por fim, o Capítulo 9 identifica as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa. Um apêndice ao trabalho traz uma ilustração da lógica de distribuição física segundo a abordagem da TOC apresentada no Capítulo 5, para melhor compreensão de seus princípios.

## **2. METODOLOGIA DA CIÊNCIA, DA PESQUISA E DO TRABALHO CIENTÍFICO**

A ciência trata do estudo, com critérios metodológicos, das relações entre causa e efeito de um fenômeno qualquer, na qual se propõe determinar as verdades dos fatos e suas aplicações práticas. É uma forma de conhecimento sistemático, dos fenômenos da natureza, sociais, entre outros, para se chegar a um conjunto de conclusões verdadeiras, lógicas, exatas e demonstráveis por meio de pesquisas e de testes (OLIVEIRA, 1999).

Da mesma forma, a pesquisa científica pode ser definida como o procedimento racional e sistemático, que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida tanto quando não se dispõe de informações suficientes para responder ao problema, quanto nos casos em que as informações se encontram em um estado de desordem e não podem ser adequadamente relacionadas ao problema (GIL, 1991).

O trabalho científico contempla a execução da atividade científica de pesquisa propriamente dita, assim como do tratamento escrito de questões abordadas metodologicamente (SALOMON, 2001).

O trabalho científico diferencia-se ainda dos demais trabalhos mais pelo aspecto metodológico que pelo seu conteúdo (LAKATOS e MARCONI, 1991).

### **2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DA CIÊNCIA**

Tratando-se da pesquisa de caráter científico, deve-se diferenciar o conhecimento científico dos outros tipos de conhecimento existentes. De acordo com LAKATOS e MARCONI (1991), o conhecimento científico difere do conhecimento popular, empírico, o qual é embasado na limitação e experiência pessoal, pela premissa de que o primeiro é transmitido por meio de treinamento apropriado, sendo obtido de forma racional, por meio de procedimentos científicos. O conhecimento científico visa ainda explicar "por que" e "como" os fenômenos ocorrem, na tentativa de evidenciar a correlação entre fatos, sob

um aspecto mais abrangente do que àquele relacionada ao simples fato empírico.

De acordo com SALOMON (2001), uma atividade é científica quando produz ciência ou dela deriva ou acompanha seu modelo de tratamento. Para este autor, a ciência é dita “pura” quando procura descobrir a teoria dos fatos. Quando, por sua vez, procura-se aplicar o conhecimento científico a problemas que se associam à ação e à vida humana, identifica-se assim, o que se denomina de “ciência aplicada” e de “tecnologia”.

Para SALOMON (2001), o termo ciência contempla as seguintes definições:

- ser método de abordagem;
- ser um processo cumulativo e não um produto acabado do conhecimento;
- comportar conhecimentos em processamento, mesmo não sistematizados;
- ser um corpo de verdades provisórias, possibilitando revisões constantes e novas descobertas;
- abordar não somente explicações e previsões, mas também classificações, descrições e interpretações;
- não se reduzir apenas à uniformidade empírica, podendo extrapolar a circunscrição do experimento;
- ter o rigor como característica fundamental e exatidão quando se detiver na medição de fenômenos;
- completar-se com atividades derivadas, tornando-se aplicável, não só pela tecnologia, mas também pelos diagnósticos de uma realidade, aplicação de medidas planejadas, ação.

Para LAKATOS e MARCONI (2001), o conhecimento científico envolve as seguintes características:

- é real (factual), porque lida com ocorrências ou fatos;
- constitui um conhecimento contingente, pois as suas proposições ou hipóteses têm sua veracidade ou falsidade conhecida, por meio da experiência e não apenas por meio da razão.
- é sistemático, já que se trata de um saber ordenado logicamente, formando um sistema de idéias (teoria) e não de conhecimentos dispersos e desconexos;
- possui a característica da verificabilidade, a tal ponto que as afirmações (hipóteses) que não podem ser comprovadas não pertencem ao âmbito da ciência;
- constitui-se em um conhecimento falível, em virtude de não ser definitivo, absoluto ou final, e por isso é aproximadamente exato: novas proposições e o desenvolvimento de técnicas podem reformular o acervo da teoria existente.

### **2.1.1. MÉTODOS CIENTÍFICOS**

Todas as ciências caracterizam-se pela utilização de métodos científicos, porém, nem todos os ramos de estudo que empregam métodos são ciências (LAKATOS e MARCONI, 1991).

O método é de certa forma o encaminhamento, a busca, contrapondo-se à obtenção de um resultado qualquer ao acaso. Esse conceito traz implícito que antes de desenvolver o método é preciso estabelecer objetivos claros. O método leva a examinar-se de maneira mais ordenada, questões do Por que ocorre? Como ocorre? Onde ocorre? Quando ocorre? e O que ocorre? (OLIVEIRA, 1999).

#### **2.1.1.1. MÉTODOS DEDUTIVO E INDUTIVO**

De acordo com SALOMON (2001), os métodos podem ser classificados em:

Métodos dedutivos: destinam-se a demonstrar e justificar. Geram enunciados analíticos provenientes de postulados e teoremas, para chegar a uma

conclusão particular. Utiliza-se o método dedutivo em contextos de justificação, possuindo, por critérios de verdade, a coerência, a consistência, a não-contradição (SALOMON, 2001).

Métodos indutivos: destinam-se a verificar. Geram enunciados sintéticos que provêm de constatações particulares e caminham para generalizações, ou seja, da amostra para a população ou universo. São métodos que primeiramente exigem a observação e/ou experimentação, e tratam de problemas geralmente empíricos (observáveis) e, em um segundo plano, transportam-se para o nível da abstração e das formulações lógicas.

#### **2.1.1.2. OUTROS MÉTODOS CIENTÍFICOS**

A dialética é um método de pesquisa que consiste na formulação de perguntas e respostas para trazer à tona todas as incongruências das concepções vulgares ou falsas. Era utilizado na Grécia antiga, na busca da verdade. Por meio desse método, primeiramente defini-se o tema do debate e uma tese é então obtida como resposta à pergunta. Uma nova pergunta é então feita com base no conteúdo da análise desta, chamada de antítese e esse processo ocorre sucessivamente até chegar-se à verdade (OLIVEIRA, 1999).

LAKATOS e MARCONI (1991) mencionam o método hipotético-dedutivo, parte de um problema, no qual é oferecida uma solução provisória (uma teoria-tentativa), passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro, e tal como no processo da dialética, esse processo renova a si mesmo, dando surgimento a novos problemas.

Oliveira (1999) menciona ainda outros métodos, dentre os quais: aplicação direta de uma teoria; método de rever hipóteses; método da renovação; método da transferência dos conceitos; método da transferência por analogia; método da prolongação; método fenomenológico; método teratológico; método da dicotomia; método das matrizes de descoberta; método morfológico; método *brainstorming*.

## **2.2. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: CLASSIFICAÇÕES DO TRABALHO DE PESQUISA**

As pesquisas podem ser classificadas de acordo com os objetivos gerais, podendo ser do tipo, exploratória, descritiva ou explicativa (GIL, 1991).

A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito pela construção de hipóteses. Seu planejamento é bastante flexível de forma que se possa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato estudado. O objetivo principal da pesquisa exploratória é o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições, sendo que, na grande maioria dos casos, envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema de pesquisa e análise de exemplos que “estimulem a compreensão” (GIL, 1991).

A pesquisa descritiva tem como objetivo principal a descrição das características de determinada população, fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Há casos, nos quais as pesquisas descritivas se aproximam das explicativas, indo além da verificação da simples existência de relações entre variáveis, determinando a natureza dessa relação. Da mesma forma, algumas pesquisas descritivas aproximam-se das explicativas, servindo para proporcionar uma nova visão do problema de pesquisa (GIL, 1991).

A pesquisa explicativa, por sua vez, é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, pois busca a explicação das causas das coisas. Assim, o objetivo desta é a identificação dos fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 1991).

Com relação aos procedimentos práticos, a pesquisa pode ser do tipo bibliográfica, levantamento documental, pesquisa operacional, estudo de caso, pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa ação e pesquisa participante (GIL, 1991). Oliveira (1999), acrescenta que as pesquisas podem ser ainda teórica, aplicada ou de campo, pesquisa de motivação e atitudes, pesquisa sobre propaganda, pesquisas de produto, pesquisa sobre vendas e pesquisa de mercado.

Quanto à natureza da pesquisa, esta pode ser classificada como básica ou aplicada, sendo que a pesquisa básica visa gerar novos conhecimentos para a evolução da ciência. A pesquisa aplicada, por sua vez, tem o objetivo de gerar conhecimentos de ordem prática, voltados à solução de problemas específicos (GIL, 1999).

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada em quantitativa e qualitativa. Na abordagem quantitativa, trata-se de informações numéricas por meio de tratamento estatístico. Já um foco qualitativo pressupõe a atribuição de significados às interpretações dos fenômenos estudados (GIL, 1999).

### **2.2.1. A PESQUISA DO TEMA PROPOSTO**

Como poderá ser observado mais adiante neste capítulo, o estudo do tema aqui proposto exigiu, como pré-requisito, que se pesquisasse, ainda que de uma maneira menos extensiva, os temas relacionados à SCM sob sua forma usual, incluindo aí os aspectos relacionados aos SMD a ela voltados. Também, foi necessário realizar uma breve uma revisão conceitual sobre TOC, relacionada a assuntos mais amplamente difundidos pela literatura na área.

Por outro lado, no que tange à pesquisa literária relativa ao tema cerne desta pesquisa, qual seja, estudar as potenciais contribuições que a TOC pode trazer à SCM e suas formas de SMD, muito pouca literatura foi encontrada. A Tabela 1 a seguir ilustra a quantidade e o tipo de literatura encontrada especificamente a respeito do tema TOC no contexto da SCM.

Vale destacar que, para a consecução deste trabalho foram pesquisadas várias bases de dados. Dentre elas estão o Portal Capes, *Emerald*, *Proquest* , além dos periódicos e livros encontrados nas Bibliotecas da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP e da Universidade de São Paulo - USP.



**TABELA 1 – RESUMO QUANTITATIVO DAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  
ENCONTRADAS RELATIVAS AO TEMA TOC NO CONTEXTO DA SCM**

<b>Tipo de Bibliografia</b>	<b>Quantidade encontrada</b>
Livros nacionais	0
Livros internacionais	4
Artigos internacionais (congressos e revistas)	4
Artigos nacionais (congressos e revistas)	3
Artigo eletrônico	1
Sites na internet	3

Como pode ser observado, a abordagem TOC voltada a SCM pôde ser encontrada em um número muito reduzido de referências (quinze ao todo), o que justifica a revisão e a exploração do assunto.

Devido à natureza do tema e vistas a qualidade e quantidade de referências encontradas na literatura corrente, estudou-se a adequação dos métodos de pesquisa revistos neste capítulo, chegando-se a uma configuração metodológica que serviu de guia para este trabalho. Essa configuração é resumida na Tabela 2 a seguir:

**TABELA 2 – RESUMO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Natureza	Básica
Abordagem	Qualitativa
Método	Aplicação direta de uma teoria
Objetivo	Pesquisa Exploratória
Tipo	Pesquisa Bibliográfica

Para concretização dos objetivos propostos neste capítulo e acompanhando as características metodológicas apresentadas, elaborou-se uma estrutura de plano de pesquisa ilustrada segundo na Figura 1 a seguir.

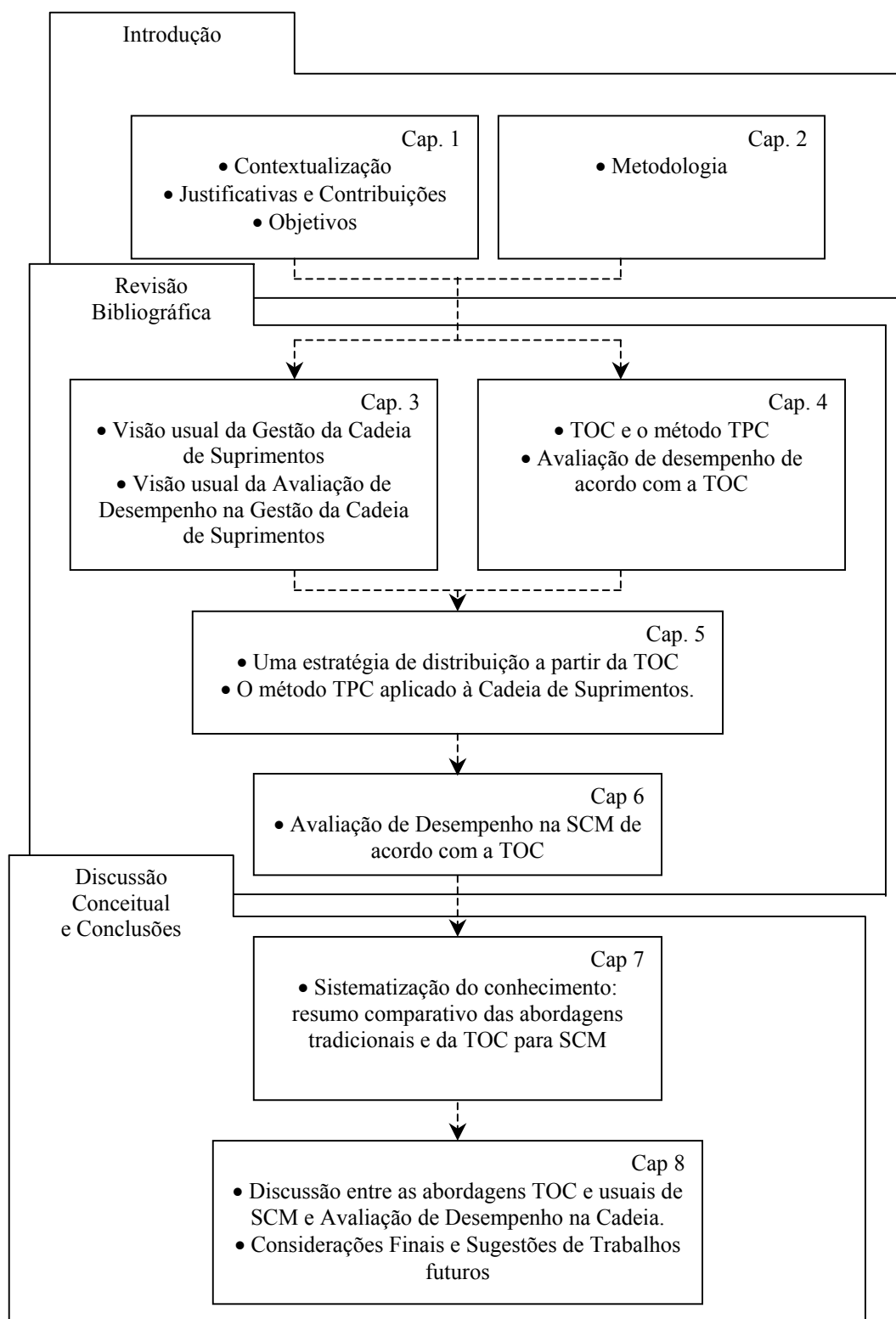


FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

### **3. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

A percepção da gestão logística tem evoluído com o passar do tempo, de uma visão que aborda os fluxos internos de materiais em uma empresa, a uma compreensão mais abrangente que procura tratar as inter-relações dos processos de forma integrada e estratégica ao longo de redes de empresas. Daí origina-se uma nova área de estudos denominada de Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM). As cadeias de suprimentos têm se propagado em um ambiente o qual já não possui limites geográficos de atuação. Com isso, novos requisitos de desempenho são impostos neste contexto competitivo, que origina um amplo interesse pelo assunto, o que inclui o estudo da avaliação de desempenho com escopo nas cadeias de suprimentos. Várias abordagens da avaliação de desempenho têm sido propostas a partir da compreensão desses novos paradigmas, como será discutido.

#### **3.1. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: HISTÓRICO E PRÁTICAS**

A expansão do conceito de logística integrada (LI) para o da gestão da cadeia de suprimentos é ressaltada quando se considera a participação da função logística nas mais importantes decisões empresariais, como é o caso, na formação de alianças estratégicas, parcerias ou consórcios (WOOD e ZUFFO, 1998).

Pires (2004), menciona que um dos fatores relacionados à LI e que foi um dos motivos impulsionadores do interesse pela gestão da cadeia de suprimentos, foi a questão da propagação de erros na gestão da demanda ao longo da cadeia, conhecida como Efeito-Chicote (*Bullwhip Effect*). No efeito-chicote as flutuações da demanda nos fabricantes e fornecedores de matérias-primas tendem a ser maiores que a demanda real que ocorre no ponto-de-venda (PDV). No efeito chicote, ocorre portanto, uma amplificação do nível de estoques nas unidades de negócios mais a montante da cadeia de suprimentos

(*supply chain* – SC). (LEE; PADMANABHAN & WHANG, 1997; HOLMBERG, 2000; FORRESTER, 1958; PIRES 2004; SIMCHI-LEVI, 2000). Isso acontece devido ao fato de cada um dos elos na cadeia só realizar um pedido após receber a informação do seu cliente imediato. Assim, para se precaver das flutuações da demanda, cada empresa considera uma margem de segurança ao realizar seus pedidos, o que resulta em um aumento dos estoques para a cadeia de suprimentos como um todo. Para reduzir esse fenômeno, entre outros aspectos, é necessário que haja um compartilhamento da informação real da demanda do cliente final ao longo da cadeia de suprimentos. A implementação dessa solução, entretanto, envolve aspectos culturais e estratégicos, bem como de algumas práticas para SCM, que vão além da viabilização tecnológica dos processos logísticos, como será discutido.

De acordo com o CLM (2004) a LI está contida no conceito da Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM).

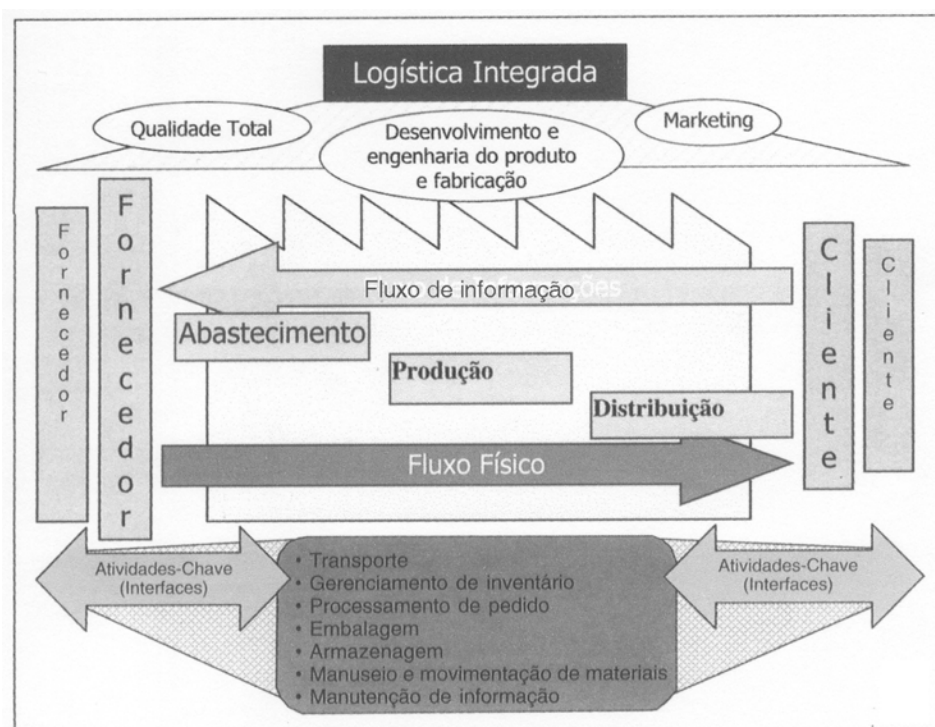


FIGURA 2 - LOGÍSTICA INTEGRADA

FONTE: PIRES E MUSETTI IN: FÁBRICA DO FUTURO, 2001

A Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) propõe uma visão mais ampla da administração de materiais tradicional. Ela ultrapassa a visão interna do fluxo logístico de materiais, estendendo-se para além das fronteiras da empresa e, sobretudo, pressupõe que a competição empresarial ocorre, de fato, no nível das cadeias de suprimentos (PIRES, 1998), e não em nível de unidades de negócios individualmente, como mencionado por Porter (1980).

De acordo com Pires (1998), “... as mais efetivas práticas de SCM visam obter uma virtual unidade de negócios que propicie muitos dos benefícios da tradicional integração vertical, sem as comuns desvantagens em termos de custo e perda de flexibilidade a ela inerentes”. A virtual unidade de negócios citada é representada pelo conjunto de unidades de negócios pertencentes a uma cadeia de suprimentos e tais unidades (empresas) podem ainda participar de outras virtuais unidades de negócios. Assim, cada unidade da virtual unidade de negócios deve preocupar-se com o desempenho da cadeia como um todo e com a competitividade do produto vendido ao cliente final. Nesse contexto, há claramente a necessidade de uma gestão integrada, assim como, do alinhamento das competências distintas entre parceiros de negócios e da necessidade da criação de parcerias estratégicas entre os elos da cadeia (PIRES, 1998).

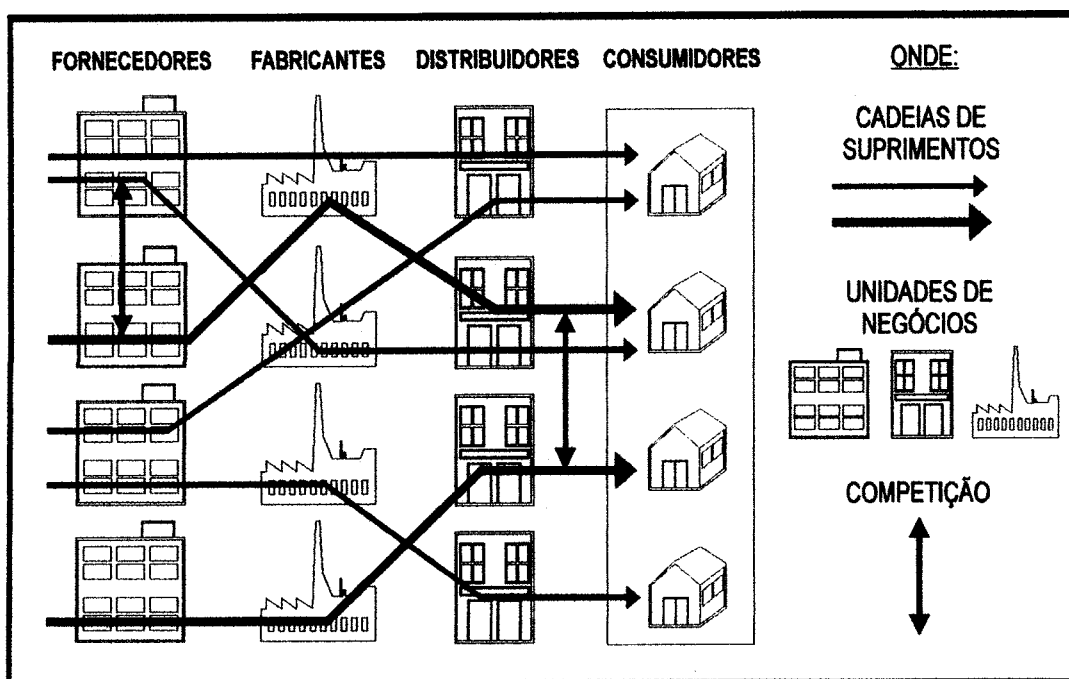


FIGURA 3 - COMPETIÇÃO ENTRE VIRTUAIS UNIDADES DE NEGÓCIOS

FONTE: PIRES, 1998

Dentre práticas para a SCM, são destacadas aquelas que possuem uma fundamental importância na redução do Efeito chicote, ou seja, que possibilitam o aumento da competitividade para a cadeia como um todo:

- EDI (*Electronic Data Interchange*): o propósito de EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados) é o de executar a troca eletrônica de dados entre empresas com parcerias de negócios. O EDI possibilita o sigilo das transações efetuadas em função da utilização de um protocolo específico de comunicação e dentre as vantagens do uso do EDI estão: possibilidade de uma maior agilidade na tomada de decisões e a redução de *lead times*, o que auxilia na diminuição nos níveis de estoques. Algumas das desvantagens são, a necessidade de padronização da documentação, do *software* e do *hardware* a serem utilizados. O EDI tem sido um facilitador tecnológico na implementação de diversas práticas na SCM para a desburocratização e a redução de custos da cadeia de suprimentos (PIRES, 2004).

- *ECR (Efficient Consumer Response)*: o ECR (Resposta Eficiente ao Consumidor) possibilita reposição automática dos estoques nos pontos de venda e, juntamente com o EDI, pode trazer vantagens em termos de gestão da demanda para a cadeia de suprimentos, em termos do conhecimento do comportamento do mercado e na tomada de decisões gerenciais. Com o ECR e o EDI, uma baixa de um produto no estoque, que é contabilizada para faturamento a partir do caixa do cliente, pode ser repassada ao fornecedor desse produto *on-line*, assim, o fornecedor, por sua vez, pode planejar a reposição do produto. A reposição de um item no ECR é puxada a partir da demanda no ponto de consumo, utilizando-se de conceitos como ponto de reposição e do *Just-In-Time* (JIT), sendo que a preocupação na prática do ECR não está apenas em aumentar a velocidade de entrega, mas sim em manter um atendimento rápido dentro de padrões adequados de qualidade e preço. Algumas das vantagens do ECR para os fornecedores, entre outras, são uma melhora na redução dos estoques e nos seus níveis de obsolescência. Para os clientes, pode-se considerar redução de *stock-outs* (faltas nos estoques), maior giro de estoques, redução de preços e melhoria do atendimento em geral (PIRES, 2004).
- *VMI (Vendor Managed Inventory)*: o VMI (Inventário Gerenciado pelo Fornecedor) pode ser definido como uma nova forma de entender a prática do estoque em consignação. Nessa, o fornecedor tem a responsabilidade de gerenciar seu próprio estoque na instalação do cliente, o que inclui o processo de reposição. Para tal, é necessária a coordenação das operações e o compartilhamento de informações fornecedor-cliente, que por sua vez requer relacionamentos de parceria e confiança mútuos (PIRES, 2004).
- *CR (Continuous Replenishment)*: o CR (Reabastecimento Contínuo) veio como uma evolução do VMI, no qual realiza-se uma política de estoques de “propriedade” do fornecedor, embasada nas previsões de vendas a partir da demanda histórica do cliente, o que possibilita a gestão da cadeia em diferentes níveis, como por exemplo, por produtos e por lojas de acordo com as necessidades do negócio (PIRES, 2004).

- CPFR (*Continuous Planning, Forecasting, and Replenishment*): o CPFR (Planejamento, Previsão e Reabastecimento Colaborativo) é uma evolução do VMI e do CR e visa facilitar a colaboração entre empresas, colocando o planejamento da demanda e de suprimentos sob uma única coordenação, resultando, assim, em uma maior integração entre as empresas. Alguns dos benefícios do CPFR são: redução nos custos com estoques, redução nos ciclos de atendimento ao cliente, aumento do nível de serviço ao cliente, redução de *stock-outs* (falta de estoque) e de *overstocks* (excessos de estoques). O CPFR possibilita ainda a postergação na configuração dos produtos (*postponement manufacturing* - manufatura postergada) e facilita a montagem sob pedido (ATO – *Assemble to Order*). Dentre as dificuldades, destaca-se principalmente a mudança de cultura necessária para a melhoria da colaboração dos esforços na cadeia de suprimentos (PIRES, 2004).

Entretanto, para que os resultados das práticas e estratégias competitivas da Gestão da Cadeia de Suprimentos sejam efetivos, estes devem encontrar amparo e controle em um processo de medição de desempenho adequado às características e objetivos da cadeia, o que será discutido mais adiante.

### **3.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.**

Para que a viabilização dessa visão mais abrangente e sistêmica da gestão, representada pela SCM possa ocorrer, outras importantes questões pertinentes têm sido alvos de estudos. Dentre elas, a criação de modelos que visam Sistemas da Medição de Desempenho (SMDs) na SCM. Entretanto, é possível que existam questões ainda mais profundas, como a minimização ou a eliminação dos tradicionais *trade-offs* administrativos para a criação de sistemas de medição mais efetivos. Neste sentido, no contexto da SCM, os modelos de medição de desempenho usualmente conhecidos e empregados em unidades de negócios individuais seriam realmente adequados para a Gestão de Cadeias de Suprimentos?



Em tal área de conhecimentos ainda em plena evolução, as mais distintas abordagens sobre a medição de desempenho têm sido propostas. Algumas delas obtidas na literatura corrente foram resumidas neste capítulo.

### **3.2.1. DIMENSÕES COMPETITIVAS E DESEMPENHO**

Pode-se dizer que as dimensões competitivas são base para a criação dos medidores de desempenho. Em uma realidade a qual a competição abrange dimensões globais, é natural que os padrões de desempenho sigam esta mesma tendência.

As dimensões competitivas no setor industrial são: custo, qualidade, desempenho de entregas e flexibilidade (FERDOWS *et al.*, 1986; FERDOWS & DE MAYER, 1990; PIRES, 2004).

Outra forma de classificar as dimensões competitivas é considerada por Hill (1993), que propõe, de forma sucinta, que há critérios que representam os requisitos mínimos de qualificação necessários para os mercados, assim como, há critérios ganhadores de pedidos, ou seja, aqueles que garantem uma vantagem competitiva em um determinado mercado.

Por outro lado, manter-se a mesma performance em alguma dessas dimensões sem, no entanto, considerar que o desempenho de outra dimensão possa ser prejudicado é uma tarefa difícil. Nesse sentido surgem incompatibilidades (ou *trade-offs*) entre indicadores de desempenho. Como exemplo de um *trade-off*, pode se considerar a relação flexibilidade-custo. Os *trade-offs* representam paradigmas na evolução do processo de avaliação de desempenho e com o passar do tempo, alguns destes paradigmas têm sido quebrados, como é o caso do antigo *trade-off* entre qualidade e custo (PIRES, 2004).

Por tratar-se de um assunto ainda pouco explorado, é possível inferir que a complexidade encontrada na avaliação de desempenho para uma única unidade de negócios, assim como os seus *trade-offs*, seja amplificada, ao se tentar analisar o desempenho em uma cadeia de suprimentos. Nesse contexto, muitos autores mencionam a necessidade da criação de um sistema de

avaliação para a cadeia que ultrapasse a simples visão da aplicação de índices. Uma pesquisa bibliográfica, de algumas das principais propostas de sistemas de avaliação de desempenho, foi realizada para facilitar a compreensão de como estas diferentes abordagens condizem com os objetivos da cadeia de suprimentos.

### **3.2.2. ABORDAGENS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Neste ponto é importante que sejam feitas definições com relação aos termos empregados. O título, avaliação de desempenho na cadeia de suprimentos - e que muitas vezes poderá ser referenciado como avaliação de desempenho usual da cadeia de suprimentos - deve ser entendido como derivado dos conceitos que puderam ser obtidos a partir da literatura sobre o assunto. O termo "usual" é utilizado para que se possa ser enfatizar a diferença conceitual entre os processos de avaliação descritos pela literatura em geral e o que será discutido a partir da abordagem utilizando-se a Teoria das Restrições (TOC).

Na seqüência são citadas algumas abordagens propostas para avaliação de desempenho usuais na cadeia de suprimentos pelos seguintes autores: Stewart (1995); Ayers (2000); SCC (2004); Beamon (1999); Holmberg (2000); Aravechia (2001); Brewer & Speh (2001); Bowersox e Closs (2001); Lambert e Pohlen (2001)

Para Stewart (1995), uma cadeia de suprimentos inclui elementos logísticos e informações, limitados pela demanda em um extremo e pela entrega aos clientes em outro. Menciona, portanto, que o tradicional conceito de cadeia de suprimentos, cujos processos são aquisição, produção, venda, distribuição, serviços e desenvolvimento de produtos, não representam efetivamente uma cadeia de suprimentos e podem representar uma adição de custos desnecessários, distorções e demora para reação às mudanças de mercado. Para ele, uma cadeia integrada deve minimizar atividades relacionadas à sua estrutura que não agreguem valor. A partir de estudos realizados pela consultoria PRTM (Pittiglio Rabin Todd & McGrath), os processos da cadeia de suprimentos devem ser os seguintes: planejar (*plan*), abastecer (*source*),

produzir (*make*) e entregar (*deliver*). Stewart (1995) sugere características-chave e indicadores de desempenho para cada uma destas características (PRTM *apud* STEWART, 1995), que são respectivamente:

- desempenho de entregas: entrega na data requisitada, entrega na data de comprometimento, *lead time* de preenchimento de pedidos;
- flexibilidade e responsabilidade: flexibilidade da produção, ciclo de planejamento, tempo de ciclo de aquisição/produção;
- custos logísticos: custo logístico total, custo de gestão de pedidos;
- gestão de ativos: dias de estoque de suprimento, falta de produtos em dias de venda.

De acordo com Ayers (2000), o modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model* – Modelo de referência de Operações na Cadeia de Suprimentos), baseia-se na existência de quatro processos comuns a todas as empresas, da mesma forma como proposto por Stewart (1995): planejar (*plan*), abastecer (*source*), produzir (*make*) e entregar (*deliver*), sendo que o processo de planejar no SCOR, incorpora os limites da cadeia de suprimentos. O SCC (2004) inclui o processo de retornar (*return*), o que contabiliza cinco processos primários para o SCOR. Como se pode observar, estão presentes aqui os processos básicos da logística integrada, que são abastecer, produzir e entregar (ou distribuir). Por conseguinte, no modelo SCOR são definidos somente os processos primários, de forma que cada empresa da cadeia avalia seu próprio desempenho de processos. Para tal, há um detalhamento dos cinco processos em tarefas, que, por sua vez, são divididas em atividades, em um nível mais operacional.

O modelo SCOR também assume que as cadeias de suprimentos terão características comuns que incluem os seguintes elementos:

- descrição de processos padronizados;

- estrutura de relacionamentos entre estes processos padronizados;
- métricas padronizadas para a medição de desempenho;
- práticas de gestão do “Melhor da classe” (*best-in-class practices*) ;
- padrões de alinhamento para funcionalidades e características de softwares.

Os indicadores de desempenho propostos pelo modelo SCOR são definidos por cada uma das empresas da cadeia a partir do nível de atividades, em duas categorias:

- indicadores relativos aos clientes: confiabilidade, responsabilidade e flexibilidade;
- indicadores relativos à empresa: custos e ativos.

Mediante esses índices, cada empresa pode comparar seu desempenho de processos com seus parceiros. Assim, o modelo SCOR prevê ainda que, por meio de um constante *benchmarking*, seria possível elevar o desempenho de todos os parceiros da cadeia.

Para Beamon (1999), uma cadeia deve buscar simultaneamente a habilidade de responder rapidamente a mudanças no ambiente, manter altos níveis de atendimento ao cliente e alta eficiência. A autora propõe a utilização de um conjunto de quatro características para a escolha de indicadores, com intenção de criar um sistema de avaliação:

- abrangência (*inclusiveness*): verifica se o indicador inclui todos os aspectos pertinentes à medição;
- universalidade (*universality*): verifica se há a possibilidade de comparações sob o ponto de vista de várias condições operacionais;
- mensurabilidade (*measureability*): verifica se os dados requeridos são mensuráveis;

- consistência (*consistency*): verifica se há consistência dos indicadores com os objetivos da organização.

Com base nessas características, a autora sugere o uso de três indicadores para alinhar a estratégia da cadeia com o sistema de medição de desempenho. São eles: recursos, saídas e flexibilidade. Os recursos estão diretamente relacionados à eficiência, sendo críticos para a lucratividade. Sem saídas satisfatórias os clientes tendem a mudar para outras cadeias de suprimentos. A flexibilidade, por sua vez, está relacionada à capacidade de responder às mudanças, pois a incerteza está presente em todos os ambientes. Como um contra-exemplo do uso do sistema de Beamon (1999), imagina-se uma cadeia que opera a um mínimo custo, mas, no entanto, está fornecendo simultaneamente uma resposta ruim no quesito desempenho de entregas ou ainda demonstra pouca flexibilidade no atendimento às flutuações da demanda. Nesse contexto, o critério custo para a autora não é abrangente, ou seja, não compreende todos os aspectos pertinentes à cadeia e, portanto, não produz um alinhamento adequado entre indicadores e estratégias, como foi proposto.

Holmberg (2000), propõe uma abordagem a partir de um processo de raciocínio sistêmico e menciona que os problemas existentes na cadeia advêm da falta desse conceito. Cita também que as cadeias parecem ser gerenciadas como se fossem formadas por muitos sistemas independentes, afirmando que as estratégias devem ser traçadas tomando-se por base as necessidades do cliente final. Agindo de forma independente, as empresas negligenciam a amplitude de suas interdependências com as outras empresas e, portanto, perdem oportunidades de compartilhamento das informações que trariam vantagens a uma melhor gestão da cadeia como um todo. Uma empresa mede, por exemplo, a sua eficiência interna quanto aos embarques para os clientes, mas, em geral, não mede se essas entregas foram pontuais sob o ponto de vista dos clientes. Há, claramente, uma falta de conexão entre os objetivos individuais e os da cadeia, que, nesse exemplo, Holmberg (2000) chama de fragmentação externa na medição de desempenho.

De forma análoga, dentro de uma empresa, há também uma fragmentação interna da medição. Enquanto acionistas utilizam-se de indicadores financeiros, os técnicos de chão-de-fábrica utilizam-se de informações sobre fluxos de materiais. Portanto, em empresas dentro da cadeia, também não há uma integração homogênea entre operação, tática e estratégias em termos de um sistema de avaliação de desempenho. Um exemplo utilizado pelo autor para ilustrar a fragmentação da informação na cadeia é o efeito Forrester ou Efeito Chicote (*Bullwhip Effect*), já citado. Nesse sentido, para que os efeitos da fragmentação da informação sejam reduzidos, o autor sugere que haja uma troca extensiva de informações entre os parceiros da cadeia, o que poderia auxiliar no desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Holmberg (2000) não propõe a utilização de indicadores de desempenho. Por outro lado, indica alguns problemas relativos ao uso de indicadores em função da falta de visão sistêmica, como:

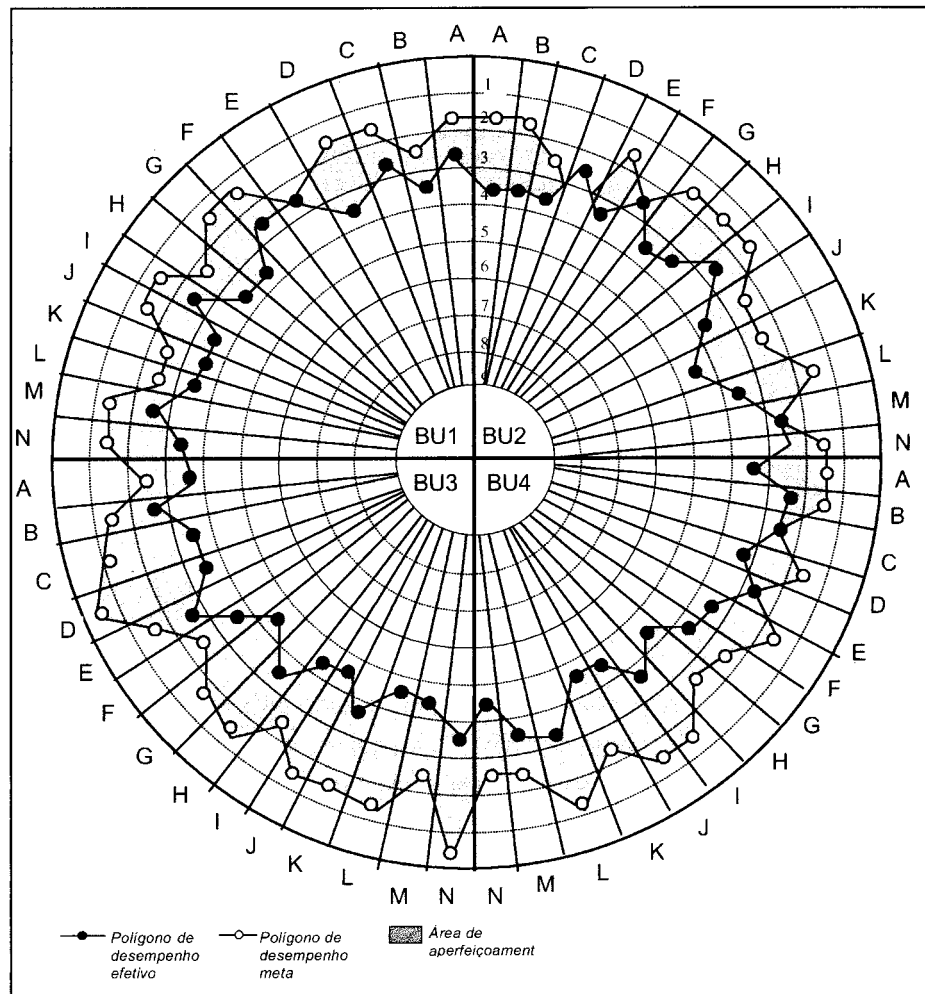
- a ligação tênue entre os objetivos estratégicos e os indicadores utilizados na cadeia;
- a utilização de um grande número de indicadores isolados e incompatíveis entre si;
- a ênfase em indicadores financeiros;
- a focalização em uma única empresa e não na cadeia como um todo.

Aravechia (2001) propõe uma ferramenta na forma de um diagrama radar para avaliar o desempenho da cadeia (Figura 4). Baseia-se principalmente no modelo proposto por Pinto (1998) para a avaliação do desempenho para uma unidade de negócios estendendo-o para a cadeia de suprimentos. Aravechia (2001) utiliza-se de um modelo de radar de três divisões e nove anéis concêntricos, no qual se refere respectivamente às prioridades competitivas de Hill (1993) e aos indicadores de Beamon (1999), ambos já mencionados. O autor classifica ainda os indicadores em critérios relativos ao cliente (CL) e relativos à concorrência (CO), (Quadro 1). Os critérios CL são aqueles usados

por clientes e consumidores para se avaliar a performance da empresa. Os critérios CO têm por base os determinantes dos resultados obtidos. Ambos os critérios variam de 1 a 9. Os critérios CL, com base na classificação de Hill (1993), variam de 1 a 3 para os ganhadores de pedidos, de 4 a 6 para os critérios qualificadores e de 7 a 9 para os critérios menos importantes. Nos critérios CO, baseados na classificação das categorias de Beamon (1999), um desempenho superior ao da concorrência varia de 1 a 3, um desempenho equivalente à concorrência varia de 4 a 6 e um desempenho inferior à concorrência varia de 7 a 9.

As letras BU representadas no diagrama correspondem às unidades de negócios (*business units*) e as letras de A até N representam os critérios de Beamon (1999), relacionados simultaneamente ao cliente e à concorrência. Pesos também podem ser atribuídos a cada um dos critérios desse modelo pela variação dos ângulos dos setores nos quadrantes.

Do ponto de vista estratégico, o autor argumenta que é preciso que haja um alinhamento dos indicadores que são usados pelos membros da cadeia para com as metas dessas empresas.



*FIGURA 4 – EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS CONSIDERANDO QUATRO UNIDADES DE NEGÓCIOS.*

*FONTE: ARAVECHIA (2001)*



<b>Escala do Cliente (CL)</b>		
Critérios ganhadores de pedidos	1	Proporciona uma vantagem crucial aos clientes, é o principal impulso da competitividade
	2	Proporciona uma importante vantagem aos clientes
	3	Proporciona vantagem útil junto ao cliente, sendo sempre considerado
Critérios qualificadores	4	Está ao nível do bom padrão do setor industrial
	5	Está em torno da média do padrão do setor industrial
	6	Está a pouca distância do restante do setor industrial
Critérios menos importantes	7	Normalmente não é considerado pelos clientes
	8	Muito raramente é considerado pelos clientes
	9	Nunca é considerado pelos clientes
<b>Escala da Concorrência (CO)</b>		
Desempenho superior à concorrência	1	Consistente e consideravelmente melhor do que o concorrente mais próximo
	2	Consistente e claramente melhor do que o concorrente mais próximo
	3	Consistente e marginalmente melhor do que o concorrente mais próximo
Desempenho equivalente à concorrência	4	Com freqüência, marginalmente melhor do que a maioria dos concorrentes
	5	Aproximadamente o mesmo da maioria dos concorrentes
	6	Com freqüência a uma distância curta atrás dos principais concorrentes
Desempenho inferior à concorrência	7	Usual e marginalmente pior do que os principais concorrentes
	8	Usualmente pior do que a maioria dos concorrentes
	9	Consideravelmente pior do que a maioria dos concorrentes

**QUADRO 1 – ESCALA DO CLIENTE E DA CONCORRÊNCIA**

**FONTE: ARAVECHIA (2001)**

Brewer e Speh (2001) baseiam-se no *Balanced Scorecard* (BSC), adequando-o para avaliar o desempenho na cadeia. Para os autores, cada empresa deve definir seus objetivos em relação à cadeia devendo seus membros verificarem em conjunto, se há convergências ou divergências de objetivos, de forma que todos os parceiros possam obter bons resultados. Esse processo deve ser calcado na confiança e na colaboração dos parceiros, de forma que cada um tenha como objetivo o desempenho da cadeia como um todo. Para tal, os autores afirmam que é necessário superar alguns obstáculos:

- desconfiança: podem ser criadas equipes interorganizacionais colaborativas para desenvolver e implementar indicadores no âmbito da cadeia de forma a quebrar as históricas relações adversárias das empresas com fornecedores e clientes;
- falta de entendimento: por meio de treinamento e de um relacionamento colaborativo, os indicadores de desempenho podem ser entendidos e aceitos pela média gerência, para que as diferentes áreas funcionais possam se adequar à cadeia;
- falta de controle: vinculando-se o reconhecimento aos indicadores da cadeia pode-se reduzir a resistência dos gerentes para a utilização de indicadores “desconhecidos” e sobre os quais eles não possuem um total controle (Holmberg, 2000);
- sistemas de informação: a união de gerentes de sistemas pode facilitar a obtenção de dados relativos ao desempenho da cadeia, possibilitando inclusive o desenvolvimento de indicadores comuns;
- falta de indicadores padronizados: um processo de colaboração entre os membros da cadeia pode facilitar a criação de indicadores comuns. Somente por meio de indicadores comuns é que se pode obter dados importantes sobre a cadeia;
- dificuldades em relacionar indicadores de valor ao cliente: deve-se descartar indicadores que não possuam uma relação direta com o cliente final;
- decisão de por onde iniciar: deve-se iniciar o processo pelos indicadores logísticos internos de desempenho em cada uma das empresas. Em seguida desenvolver indicadores que tenham abrangência nos limites funcionais das empresas e posteriormente indicadores para a cadeia;

Bowersox & Closs (2001) propõem modelos de avaliação de performance no contexto da logística. Afirmam que deve haver uma estrutura de avaliação integrada para toda a cadeia, pois as perspectivas, tanto de um fabricante

quanto de um atacadista, de um serviço prestado a um cliente por eles, são diferentes das perspectivas do próprio cliente. Os autores sugerem quatro tipos de índices que mensurem resultados e diagnósticos conforme o Quadro 2. Os tipos de índices estão relacionados às dimensões de desempenho. Os resultados referem-se às medidas de todos os processos e os diagnósticos são atividades específicas dentro do processo.

<i>Resultados</i>	<i>Diagnósticos</i>
<b>Qualidade e satisfação do cliente</b>	
Pedido Perfeito	Entrega na data prometida
Satisfação do cliente	Custos de garantia, devoluções e descontos
Qualidade do produto	Tempo de resposta a consultas do cliente
<b>Tempo</b>	
Tempo de ciclo do pedido	Tempo de ciclo de compras/ fabricação
	Tempo de resposta na cadeia de suprimentos
	Realização do plano de produção
<b>Custos</b>	
Custos totais da cadeia de suprimentos	Produtividade com agregação de valor
<b>Ativos</b>	
Tempo de ciclo de caixa	Precisão das previsões
Estoque em dias de suprimento	Obsolescência do estoque
Desempenho do ativo	Utilização de capacidade

**QUADRO 2 - ESTRUTURA INTEGRADA DE MEDIDAS PARA A CADEIA DE SUPRIMENTO**

**FONTE: PRTM APUD BOWERSOX & CLOSS (2001)**

Lambert e Pohlen (2001) mencionam que a maioria dos indicadores tidos como da cadeia de suprimentos são, na realidade, índices logísticos internos às empresas, dentre os quais estão: giros de estoques, prazos, taxas de ocupação, etc, portanto, são inadequados para avaliar a performance e o alinhamento dos objetivos de desempenho da cadeia. Esses autores citam ainda que as empresas começaram recentemente a medir os seus desempenhos externos e que esses esforços, entretanto, estão limitados à medição do desempenho no primeiro nível de fornecimento (*first tier supplier*). Os autores fazem uma discussão sobre o indicador giro de estoques, por exemplo. Na cadeia, a utilização desse indicador deve compreender o aumento do valor agregado no sentido de montante à jusante, então, o desempenho no

giro de estoques em nível de varejo teria, no âmbito da cadeia, um efeito maior do que nos estágios mais a montante desta. Considera-se, além disso, que o giro de estoques na cadeia deve reconhecer o risco de manter estoques mais a jusante da cadeia. Aconselha-se que, ao manter estoques mais a montante da cadeia, postergando-se a manufatura, reduz-se os riscos de prejuízo no desempenho de entregas aos clientes.

Lambert e Pohlen (2001) sugerem uma metodologia para alinhar o desempenho da cadeia aos processos-chave entre pares de empresas. Alguns desses processos-chave, por sua vez, têm base em processos de negócios.

De acordo com Lambert, Cooper e Pagh (1998), pode ser necessário integrar e gerenciar entre empresas todos os processos de negócios, enquanto que para outras empresas pode ser necessária a integração de um único ou de poucos processos. Oito processos de negócios são definidos por Croxton *et al.* (2001):

- gestão do relacionamento com o cliente: são identificados os clientes-chave e os segmentos que serão o foco da empresa para que se desenvolva um adequado pacote de bens e serviços às suas necessidades;
- gestão do serviço ao cliente: nesse processo são fornecidas informações aos clientes como: produtos disponíveis, datas de entrega e a situação dos pedidos. As informações podem ser fornecidas em tempo real por interfaces com a produção e com a logística;
- gestão da demanda: esse processo inclui previsão da demanda e sincronização com a produção, aquisição, distribuição e pela execução de planos de emergência para interrupções nas operações;
- atendimento aos pedidos: pode-se criar parcerias para dentro da cadeia para atender aos clientes e reduzir o custo total de entrega;
- gestão do fluxo produtivo: compreende as atividades necessárias para gerenciar o fluxo produtivo para implementar e gerenciar a flexibilidade. Inclui a produção e a flexibilidade suficiente para atender às metas de mercado;

- gestão da relação com os fornecedores: pode-se manter relacionamentos diferenciados com fornecedores, sendo alguns mais estreitos e outros mais tradicionais;
- desenvolvimento de produtos e comercialização: com os ciclos de vida dos produtos reduzidos, a competitividade pode ser mantida desenvolvendo-se os produtos certos nos menores prazos possíveis, o que reduz os prazos de lançamentos no mercado. Deve ser proporcionada a integração entre clientes e fornecedores no desenvolvimento de produtos;
- gestão do retorno: o autor menciona que o retorno pode representar vantagem competitiva para a empresa.

Quanto às categorias de indicadores embasadas nos processos de negócios acima descritos, as propostas por Lambert e Pohlen (2001) são:

- mapeamento da cadeia de suprimentos: pretende-se compreender as rotas mais críticas de materiais e informações para o sucesso na cadeia. Esse mapeamento é realizado desde o ponto de origem até o consumo. Considera-se para tal os oito processos de negócios discutidos e, dentre esses, os que podem produzir sinergia na cadeia são: os processos de gestão do relacionamento com o cliente e os processos de relacionamento com fornecedores;
- a análise das ligações na cadeia: são analisados os pares, cliente-fornecedor, para que possam ser identificadas as possíveis fontes de valor. Os autores avaliam como a receita de vendas, o custo de produtos vendidos, as despesas e os ativos afetam o EVA (*Economic Value Added*) das empresas;
- desenvolvimento da demonstração de resultados para cada empresa: a idéia é que cada empresa demonstre como os relacionamentos afetam a sua lucratividade. Para tal, cada uma qual irá desenvolver seus demonstrativos de resultados a serem apresentados às outras organizações;

- Realinhamento de processos na cadeia: os processos de negócios poderão ser re-alinhados para que os objetivos de desempenho da cadeia sejam alcançados;
- Alinhamento de indicadores financeiros com indicadores não-financeiros: os autores sugerem que sejam analisadas relações de causa-efeito das ações tomadas nas empresas e que os indicadores para a cadeia sejam desmembrados para os níveis mais baixos da organização. O desempenho nesses níveis deve ser alinhado com os objetivos dos processos da cadeia e com as metas financeiras. Em cada um dos processos-chave, o EVA e os demonstrativos dos resultados deverão ainda ser complementados por indicadores não-financeiros.

#### 4. A TEORIA DAS RESTRIÇÕES E O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA

Os princípios fundamentais da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints – TOC*) foram concebidos pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt que, no final da década de 70, trabalhou para solucionar problemas de manufatura a partir de um *software* de programação, com base na capacidade finita dos recursos fabris. Essa solução ficou conhecida como OPT (*Optimized Production Technology*), o qual tornou-se, por muito tempo, sinônimo de Teoria das Restrições.

A simples utilização de uma solução pronta na forma de um *software*, no entanto, não pôde auxiliar os gerentes na sustentação dos processos de melhoria nas empresas. Assim, a utilização do OPT pelas empresas não tornava claro alguns conceitos gerenciais inerentes ao *software* que, por sua vez, necessitariam ser comunicados e implementados. Esses conceitos foram aos poucos se tornando mais claros e lógicos para Goldratt que, no início da década de 90, os batizou de Teoria das Restrições.

A partir da publicação do livro “A Meta”, escrito por Eliyahu Goldratt e Jeff Cox (GOLDRATT & COX, 1986), a ainda não assim denominada Teoria das Restrições expôs sua essência, como uma série de conceitos conhecidos como “Cinco Passos de Focalização” e “Os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições”. Em “A Meta”, tais abordagens de resolução de problemas se limitaram a descrever a solução para programação da produção conhecida como método Tambor-Pulmão-Corda (TPC). Porém, o escopo de aplicação dessas abordagens se expandiram ao longo dos anos, resultando no desenvolvimento de soluções em outras áreas como *marketing*, gestão de projetos, distribuição e gestão da cadeia de suprimentos, entre outras.

Segundo Spencer & Cox (1995), a TOC deve ser considerada atualmente muito mais que um *software* de programação com base na capacidade finita dos recursos, compondo, na realidade, diversos aspectos relacionados à:

- logística: cinco passos do processo de focalização, análise V-A-T, método Tambor-Pulmão-Corda, Gestão do Pulmão;
- processos de raciocínio como método de solução de problemas: Árvore da Realidade Atual, Diagrama de Dispersão de Nuvem, Árvore da Realidade Futura, Árvore de Pré-requisitos e Árvore de Transição;
- “Mundo do Ganho”: Ganho, Inventário, Despesa Operacional, cálculo de *mix* de produção, indicadores Ganho-Dinheiro-Dia e Inventário-Dinheiro-Dia.

Os indicadores financeiros tais quais Ganho, Inventário e Despesa Operacional, assim como os indicadores operacionais Ganho-Dinheiro-Dia, Inventário-Dinheiro-Dia, podem ainda ser classificados como um sistema de avaliação de desempenho da TOC, enquanto que os processos de raciocínio, a gestão do pulmão e a utilização dos cinco passos para a gestão da restrição podem ser classificados como sistemas para melhoria contínua do desempenho (MABIN & BALDERSTONE, 2003).

Serão vistos, neste capítulo, os três ramos da TOC mencionados. Dentre eles, os aspectos logísticos e do Mundo do Ganho serão abordados mais detalhadamente. Alguns dos componentes que constituem os processos de raciocínio também serão apresentados e ilustrados, pois correspondem aos pressupostos utilizados em alguns dos processos decisórios descritos ao longo do trabalho.

Há, além disso, um outro aspecto importante e cuja discussão é relevante, que é a abordagem sistêmica da TOC, cujo enfoque refere-se à compreensão e crítica de certos paradigmas muitas vezes enraizados na cultura empresarial vigente. Nesse sentido, será visto a seguir uma breve apresentação conceitual sobre Teoria de Sistemas.

Cabe enfatizar ainda que não concerne aos objetivos deste capítulo realizar discussões conceituais sobre a Teoria dos Sistemas ou sobre as teorias administrativas vigentes. Não obstante, os conceitos que se seguem têm somente o objetivo de facilitar a compreensão daqueles aqui abordados.



#### 4.1. A ABORDAGEM ANALÍTICA E A ABORDAGEM SISTÊMICA.

Na forma como são avaliados os problemas do dia-a-dia, estão imersos paradigmas inerentes à própria cultura, os quais muitas vezes impedem de se obter soluções mais adequadas àqueles problemas. Para que possam ser enfatizadas as diferentes formas de pensar foram resumidas as origens, as definições, os respectivos enfoques e as comparações entre os pensamentos analítico e sistêmico.

De acordo com Ackoff *apud* Silva (1997), as teorias administrativas e a forma de pensar generalizada na primeira metade do século 20 podem ser enquadradas na “Era das Máquinas”. O pensamento vigente era o analítico, com base nas doutrinas do reducionismo e do mecanicismo. Na doutrina reducionista pode-se afirmar que os objetos e fenômenos, as suas propriedades, experiências e conhecimentos são compostos de elementos menores e indivisíveis. Como exemplo tem-se a definição de átomo dada pela física. A doutrina mecanicista por sua vez consiste na relação causal e determinista, na qual há uma preocupação maior com as causas das coisas do que com seus efeitos, ao passo que, tudo o que ocorre, nesse sentido, é sempre determinado por algo que o precedeu (determinismo). Assim, há uma visão hermética do mundo, vendo-se as partes de um todo como mecanismos, cujo comportamento é completamente determinado pelas próprias estruturas desses mecanismos e pelas leis causais a que se aplicam.

Assim, a análise pressupõe que para se solucionar um problema é preciso subdividi-lo em problemas menores, os quais recebem soluções particulares. Então, uma vez resolvidos os problemas menores, o maior estará solucionado. Na administração de empresas convencional, por exemplo, é suposto que a solução dos problemas de suprimentos, produção, distribuição, *marketing* e finanças, de forma independente e isolada, proporciona o sucesso da empresa.

No método analítico, que é usualmente empregado na solução de problemas, pode-se explicar ou compreender algo pela decomposição de suas partes

independentes e indivisíveis. Dessa forma, as explicações sobre o comportamento e as propriedades do todo são extraídas das explicações do comportamento e propriedades das partes. Portanto, se um problema a ser resolvido, for reduzido a um conjunto de subproblemas independentes, a solução para o todo não é nada mais que a soma das soluções para suas partes. Por exemplo, a temperatura do corpo pode ser explicada como função da velocidade das partículas de matérias das quais ele é composto (ACKOFF *apud* SILVA,1997).

De acordo com Ackoff *apud* Silva (1997), ainda, na década de 1940 começou a haver a transição da “Era da Máquina” para a “Era dos Sistemas”, cujo enfoque é mais abrangente. Assim, o reducionismo deu lugar ao expansionismo e o método analítico e mecanicista deu lugar a uma maneira sintética e teológica de pensar. No expansionismo, a preocupação com o sistema é maior do que a preocupação com as suas partes e, cada objeto ou fenômeno, compõe um todo maior que deve ser considerado antes do estudo das suas partes.

A síntese, por sua vez, estuda o objeto ou fenômeno verificando o sistema no qual ele se insere e a função que desempenha nesse sistema. Por exemplo, para administrar um departamento de uma empresa é preciso conhecer o papel que este desempenha, assim como sua importância na empresa, só depois disso então é possível questionar ou organizar as suas partes. A visão teológica complementarmente estuda o comportamento auto-determinado e voltado para objetivos, procurando explicar o comportamento pelo produtor, produto ou propósito não atingido.

De acordo com Ackoff *apud* Silva (1997), sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados de qualquer espécie, por exemplo, conceitos, objetos ou pessoas. As propriedades de um sistema são:

i) o comportamento da parte influencia o todo;

ii) o comportamento de cada elemento e o modo pelo qual ele afeta o todo dependem das propriedades e comportamentos de pelo menos outro elemento do conjunto;

iii) todo possível subgrupo de elementos do conjunto tem as duas primeiras propriedades.

De acordo com as definições i, ii e iii apresentadas, qualquer subgrupo ou elemento de um sistema tem um efeito sobre o todo, que por sua vez é afetado pelo funcionamento de mais um subgrupo. Portanto, as partes de um sistema não podem ser organizadas independentemente umas das outras. Como consequência disso, um sistema tem características que as suas partes ou subgrupos não podem ter isoladamente, o que significa que um sistema é mais que a soma de suas partes. Portanto, estruturalmente, pode-se falar de partes de um sistema como se ele fosse divisível, no entanto, funcionalmente, o sistema forma um todo indivisível já que algumas de suas características poderão se perder pela separação de quaisquer de suas partes. (ACKOFF *apud* SILVA, 1997).

De acordo com a Enciclopédia Mirador Internacional (1981), sistema é "... um conjunto ou uma totalidade de objetos, reais ou ideais, reciprocamente articulados e interdependentes uns em relação aos outros". Há ainda três noções ou idéias fundamentais na definição de sistema: a de totalidade, a de unidade e a de interdependência das partes ou elementos constitutivos.

O sistema representa uma unidade, entretanto nem toda unidade é sistemática. Nesse sentido, a idéia de totalidade sistemática, não é, pois, totalmente quantitativa, porque implica, além da idéia de unidade, a de comunidade, de ação recíproca entre os elementos que o compõem, explicando o lugar que cada um ocupa e a função que desempenha no conjunto (ENCICLOPÉDIA MIRADOR, 1981).

As idéias de totalidade e unidade, por si mesmas, não bastam para caracterizar o sistema. A totalidade una ou unidade do todo é sistemática quando os

elementos que a compõem são reciprocamente articulados e interdependentes uns em relação aos outros, pois, a essência ou sistematicidade do sistema consiste nesse inter-relacionamento dos elementos que o constituem. No sistema, as partes estão ligadas umas às outras em relação de dependência recíproca, porque só são o que são na medida em que desempenham a função que as caracteriza. O exercício dessa função depende ainda do exercício simultâneo das funções dos demais elementos do sistema, uma vez que a substituição ou alteração arbitrárias do local ocupado por estes elementos pode destruir o sistema (ENCICLOPÉDIA MIRADOR, 1981).

Uma biblioteca, por exemplo, é uma coleção partes (livros) que, acrescentados uns aos outros, constitui uma totalidade (justaposição de livros) e uma unidade (biblioteca), no entanto, esta não é um sistema, pois os elementos que a constituem são independentes uns dos outros e podem ser separados e distribuídos sem deixar de ser o que são. Assim, encontrar-se determinado livro antes ou depois de outro não resulta na natureza do próprio livro, sendo que a posição de seus elementos uns em relação aos outros não é determinada por sua natureza ou essência, mas por um agente exterior, podendo ser outra diferente da que é (ENCICLOPÉDIA MIRADOR, 1981).

“...é entendido na abordagem sistêmica, que a solução de um problema não é alcançada mediante a subdivisão deste em problemas menores, mas pelo estudo do problema maior do qual ele faz parte.” (ACKOFF *apud* SILVA, 1997).

Comparando-se resumidamente os dois enfoques, na abordagem analítica, as partes de um todo são consideradas como independentes e indivisíveis, representando partes das propriedades do todo, que, quando adicionadas umas às outras, resultam no próprio todo. Por outro lado, na abordagem sistêmica, considera-se que a solução de um problema não é alcançada pela subdivisão deste em problemas menores, mas pelo estudo do problema maior do qual faz parte. No sistema há uma relação interna, necessária e de interdependência entre as partes de um todo, sendo este todo indivisível, porém interdependente em relação a outro subsistema, o que dá a característica a um sistema de ser mais que a simples soma de suas partes.

As diferentes abordagens apresentadas irão auxiliar na compreensão de como a TOC trata os problemas de chão-de-fábrica, e de como estes são tratados usualmente. A visão sistêmica, que será apresentada, é particularmente útil para o desenvolvimento e compreensão dos conceitos logísticos preconizados pela TOC.

## **4.2. TEORIA DAS RESTRIÇÕES E LOGÍSTICA**

O contexto da abordagem sistêmica auxilia na compreensão da logística TOC. Compreendendo-se o objetivo de um sistema e quais são as poucas variáveis que influem diretamente na consecução desses objetivos, a TOC formula um processo decisório que visa compreender como as decisões locais afetam globalmente um sistema. O que resulta desse processo decisório é um método de programação da produção conhecido como Tambor-Pulmão-Corda (TPC). A abordagem de gestão do pulmão, diretamente relacionada a este método, por sua vez, está vinculada ao processo de avaliação de desempenho do sistema, como será visto oportunamente. Cabem, antes disso, algumas definições e considerações preliminares sobre os princípios da TOC.

### **4.2.1. DEFINIÇÃO DE RESTRIÇÃO**

A TOC parte do princípio de que, assim como qualquer sistema possui um objetivo definido, há um propósito na criação de uma empresa e que toda ação tomada em qualquer parte desta deve ser julgada pelo seu impacto sobre este propósito, isto é, sobre sua meta (GOLDRATT, 1990).

Goldratt (1986) afirma ainda que a meta de uma empresa é “ganhar dinheiro tanto no presente quanto no futuro”, menos para aquelas empresas que não têm por finalidade o lucro.

De acordo com o mesmo autor, em um contexto de competição industrial, muitas empresas, com a finalidade de estabelecer suas metas, se equivocam, despendendo esforços em muitas direções distintas destas, como, por exemplo, pela busca excessiva de alta produtividade e qualidade em todos os

lugares, entre outras considerações comumente apresentadas como metas (GOLDRATT e FOX,1989).

Segundo este autor, uma restrição é, então, qualquer coisa que limite um sistema a atingir seu máximo desempenho em relação à sua meta (GOLDRATT, 1991).

De acordo com a APICS *Dictionary apud* Cox III & Spencer (2002), restrição é “qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito à sua meta”.

Nesse contexto, a TOC propõe uma analogia, a qual compara uma organização a uma corrente de elos físicos (GOLDRATT, 1991). Assim, uma organização é composta de “elos interligados” ou subsistemas, de forma semelhante a uma corrente de elos, assim sendo, quando um esforço é aplicado à corrente, esta tende a romper-se em seu elo mais fraco. Se as empresas em geral têm como meta a obtenção de lucros contínuos, uma corrente tem o propósito de suportar o esforço de tração.

Analogamente à corrente, uma empresa possui “elos fracos”, que limitam a obtenção de sua meta. Se não fosse dessa forma, ou seja, se não existissem restrições em uma empresa que a limitassem na direção de sua meta, esta possuiria lucro infinito, o que não é factível em um cenário real. Goldratt (1991) afirma, portanto, que em todo sistema haverá sempre ao menos uma restrição que limitará o desempenho deste sistema.

Quanto aos tipos de restrições existentes, estas poderão ser físicas, como limitação de recursos produtivos, materiais e demanda de mercado, ou não físicas, tais como restrições provenientes de políticas da empresa, cultura ou de comportamento. (GOLDATT, 1991). Ainda segundo o APICS *Dictionary apud* Cox III & Spencer (2002), “...as restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou a falta de material, mas elas podem ser também de ordem gerencial, como procedimentos, políticas e normas”.

As restrições físicas podem, contudo, ser normalmente consideradas como um reflexo de restrições não físicas, como por exemplo, comportamentos ou procedimentos organizacionais (GOLDRATT, 1991; CSILLAG, 1991).

Assim, considerando-se que as alterações no desempenho das poucas restrições presentes em um sub-sistema, no caso uma malha produtiva, por exemplo, podem afetar e limitar diretamente o desempenho do sistema como um todo (empresa), deve haver um processo que auxilie a relacionar a tomada de decisões locais quanto à melhor utilização destas restrições, no que se refere ao alcance da meta global da empresa, o que será apresentado a seguir.

#### **4.2.2. O PROCESSO DECISÓRIO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

A TOC propõe o uso de um conjunto de cinco passos na forma de um algoritmo, para direcionar um processo de melhoria contínua em uma empresa (GOLDRATT, 1991; CORBETT NETO, 1997; SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002; RAHMAN, 2002). Como será visto mais adiante na programação Tambor-Pulmão-Corda, tal processo decisório é bem adequado a ambientes envolvendo restrições físicas, também denominados recursos com restrição de capacidade. Os cinco passos constituintes do Processo Decisório são:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.

Sabendo-se que são as poucas restrições de uma empresa que limitam o desempenho do sistema como um todo, nada mais coerente do que identificar primeiramente quais são as restrições do sistema.

2. Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema.

Nessa etapa pretende-se definir como melhor explorar as restrições, de forma que estas trabalhem em seus máximos desempenhos, sem que, para isso, haja necessidade de realizar investimentos adicionais.

3. Subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior.

Neste passo pretende-se compreender que, sendo o recurso restritivo aquele que possui a menor capacidade do sistema, todos os demais podem ser considerados não-restritivos, por possuírem capacidade superior a do recurso restritivo. Portanto, estes devem ser gerenciados adequadamente para que o recurso restritivo não pare por falta de material, o que afetaria o desempenho do sistema como um todo. Por outro lado, estes recursos não-restritivos também não devem produzir mais do que a restrição é capaz de consumir, pois isso geraria estoques desnecessários no processo.

#### 4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema.

Uma vez que o sistema como um todo está agora operando segundo um fluxo máximo (passos 1 e 2) e um mínimo de inventário para sustentar este fluxo (passo 3), qualquer melhoria deve estar relacionada com a elevação da restrição. Aqui, elevar a restrição significa investir dinheiro para se obter mais daquilo que está limitando o desempenho do sistema, como adquirir um outro equipamento para auxiliar nas atividades restritivas. Conseqüentemente, após aplicado esse passo, o desempenho do sistema terá que estar em um patamar superior.

5. Se, nos passos anteriores, uma restrição for quebrada, voltar ao passo 1, mas não deixar que a inércia se torne uma restrição.

A execução do passo anterior pode levar à situação em que a atual restrição deixa de ser o fator limitante, isto é, a restrição mudou de lugar. Nesse caso, deve-se voltar ao passo 1 e identificar a nova restrição. Para Goldratt (1991), as regras e os procedimentos que foram estabelecidos para que a seqüência de 5 passos fosse seguida não devem, neste momento, tornar-se limitantes do sistema. Políticas e procedimentos criados para uma situação anterior (quando a restrição era outra) devem ser reexaminados. É nesse sentido que o autor menciona a preocupação de que a inércia se torne uma restrição.

Esses cinco passos permitem que se estabeleça um sistema de medição de desempenho que leve em consideração a necessidade de exploração da



restrição e de indução das partes de uma empresa a fazerem aquilo que é importante para o todo.

Para que o processo decisório da TOC seja melhor contextualizado, algumas situações abrangendo a administração do chão-de-fábrica serão observadas, assim como suas implicações mais comuns no processo produtivo.

#### **4.2.3. GESTÃO DE ESTOQUES E O PROCESSO PRODUTIVO**

No passado, os gerentes de produção tinham como costume utilizar os estoques como uma forma de se protegerem das incertezas do ambiente empresarial. Tais incertezas podem ser representadas por: desgaste de equipamentos e de ferramentas, quebra de máquinas, falta de material para processamento, problemas de qualidade, variações nos tempos de *setup*, imprevisibilidade na demanda, mudanças nos prazos de entregas e nas especificações de produto para o cliente, atrasos no fornecimento, entre outras variáveis do ambiente de manufatura. Naturalmente, ao se utilizar grandes quantidades de material nas operações de manufatura, cria-se um isolamento entre essas etapas, surgindo, dessa forma, um maior grau de independência aparente entre as etapas do processo.

Em acordo com o elevado grau de competição em que se encontram as empresas, não há, portanto, mais justificativas para esse tipo de postura administrativa. Altos estoques em processo elevam os *lead times* da produção. Se, por sua vez, os *lead times* são longos, a empresa acaba por investir dinheiro em horas extras, superativar recursos produtivos, interromper lotes de processamento e desviar materiais dos roteiros estabelecidos, incentivando um ambiente de urgências. O que ocorre normalmente é que, para solucionar tais situações, os gerentes estimulam ainda mais a elevação dos níveis de estoques como forma de se protegerem de tais situações. Esse aspecto produz *lead times* ainda maiores que os anteriores e este ciclo recomeça de forma mais danosa que antes. Não é preciso dizer ainda que, proporcionalmente, os níveis de investimento sobem drasticamente com a elevação dos inventários (GOLDDATT & FOX, 1989; SOUZA, 1997).

Além disso, como Glodratt & Fox (1989) mencionam, a forma com que os indicadores desempenho vigentes são utilizados nesse contexto impõe a maneira com que a fábrica deve trabalhar. Tais indicadores geralmente focam em eficiências locais como, medidas de utilização de máquinas, de trabalhadores ou de departamentos específicos. Por sua vez, alguns itens acabam sendo produzidos em altas quantidades, enquanto outros, conseqüentemente, serão produzidos em menores quantidades devido à falta de capacidade que normalmente resulta de altas eficiências locais. Ocorre, assim, uma situação de um fluxo de materiais “em ondas” com constantes excessos e faltas. É criada, com isso, uma falsa impressão de que estão surgindo gargalos na produção, de forma que, quando as datas de entrega de produtos ficam comprometidas devido a essas oscilações, há um forte direcionamento da gerência para a conclusão das ordens que ficaram atrasadas.

Nesse momento, os indicadores de eficiências locais são abandonados e a contratação de horas extras torna-se essencial para o cumprimento das datas de entregas, criando-se, dessa forma, uma situação conhecida como “síndrome do final do mês” (GOLDRATT & FOX, 1989; SOUZA, 1997). Como, normalmente, esses atrasos recaem sobre os últimos recursos produtivos, os supervisores desses recursos, visualizando novamente os problemas de forma local, supõem que há falta de capacidade e sentem a necessidade de requerer à gerência uma maior capacidade para atender a demanda requisitada. Devido aos fatos, novos equipamentos são então adquiridos e acabam sendo subutilizados, pois, na realidade, não havia falta de capacidade em tais recursos. A conclusão imediata é que os investimentos realizados em capacidade foram maiores do que o necessário, elevando-se os custos operacionais, reduzindo as margens de lucro da empresa.

Resumidamente, os altos níveis de estoques em processo reduzem o potencial competitivo da empresa sob três aspectos principais, de acordo com Goldratt & Fox (1989) e Souza (1997):

- qualidade de produtos: altos inventários em processamento geram longos *lead times* de produção, longos tempos de fila e super utilização de recursos, o que resulta inclusive em uma baixa flexibilidade do processo de manufatura. Sob esse aspecto, menores são as chances de rastreamento de defeitos em tempo hábil para que haja a possibilidade de retrabalho, antes que esses defeitos já tenham provocado um prejuízo financeiro. Maiores também serão as dificuldades na localização de falhas nos recursos problemáticos;
- desempenho de entregas: quanto maior o inventário no sistema, maior é o tempo de processamento desde a liberação da matéria-prima até a fabricação do produto final, devido a um elevado tempo de espera em filas. Conseqüentemente, um ambiente como esse tem pouca flexibilidade para atender às exigências do mercado em termos de desempenho de entregas;
- manutenção de baixos preços: preços inferiores aos da concorrência representam vantagem competitiva. As empresas que possuem altas margens podem optar por dois caminhos distintos. A princípio, pode-se reduzir a margem de lucro, criando um diferencial competitivo e impedindo assim a entrada de novas empresas no ramo. Outra opção é operar com preços próximos ao padrão de mercado, utilizando-se das altas margens em investimentos que poderão trazer vantagens a longo prazo, como pesquisa, publicidade, etc. Preços baixos ou margens altas, independentemente da estratégia empregada, implicam na geração de custos baixos. Tais custos, por sua vez, refletem uma capacidade administrativa de manter níveis ótimos de despesa operacional e de investimentos.

Para que os níveis de inventários no sistema sejam ótimos, torna-se claro que as incertezas devem ser eliminadas ou controladas, de forma que a organização mantenha-se competitiva. No entanto, eliminar todas as incertezas da produção é uma tarefa praticamente impossível, como será comentado. Assim, uma solução seria o projeto e gestão de um sistema fabril no qual os materiais possam fluir de maneira suave e rápida pelos recursos, sem que se

formem longas filas ou que haja excessos de inventário em processo (GOLDDATT & FOX, 1989; SOUZA, 1997).

#### **4.2.4. EVENTOS DEPENDENTES E FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS**

Acreditou-se que, para possibilitar um fluxo suave de materiais pela fábrica e evitar os problemas já discutidos na seção anterior, seria suficiente balancear as capacidades dos recursos fabris entre si com a demanda. Porém, nessa situação, quando todos os recursos parecem estar balanceados e trabalhando em suas máximas eficiências, o resultado final ainda permanece abaixo do esperado. Entre outras considerações, os índices de produção planejados não são atendidos e os *lead times* estipulados para o processo são maiores que os desejados.

As causas para tais problemas acabam normalmente sendo consideradas pela administração como externas à manufatura, tais quais, imprevisibilidade da demanda, alterações nos prazos de entrega, atrasos no fornecimento de materiais, mudanças nas especificações dos pedidos, etc. Nesse sentido, foram vários os métodos desenvolvidos com o intuito de minimizar as incertezas, oriundas principalmente nos movimentos da qualidade total (manutenção produtiva total, controle estatístico de processo, digrama “espinha-de-peixe”, padronização de métodos de trabalho, etc).

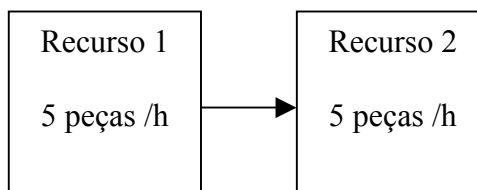
Pode-se afirmar, entretanto, que as empresas simplesmente não possuem recursos suficientes para que todas as variáveis aleatórias que estão presentes nas suas operações possam ser controladas (GOLDRATT & COX, 1986; SOUZA, 1997). Os projetos Seis Sigma talvez sejam, atualmente, os que melhor traduzem esse tipo de percepção.

De fato, há dois fenômenos básicos que explicam as dificuldades enfrentadas com o balanceamento dos recursos: dependência entre recursos e flutuações estatísticas, como discutidos por Goldratt & Cox (1986); Souza (1997); Corbett Neto (1997); Umble & Srikanth (1990).

O primeiro fenômeno refere-se à existência de relações de dependência entre as variáveis em um sistema. Tal dependência ocorre quando um determinado evento subsequente só pode ser iniciado após o término do anterior, como ocorre no caso de dependência entre as variáveis de um sistema de manufatura. De forma similar, também há relações de dependência entre produtos que disputam um mesmo recurso.

O segundo fenômeno está relacionado à aleatoriedade dos eventos, ou seja, eventos imprevistos ou incertos irão sempre ocorrer em sistemas produtivos. Tais incertezas são denominadas “flutuações estatísticas”.

Vistas de forma isolada, as flutuações estatísticas em cada um dos recursos da fábrica são desprezíveis, entretanto, quando são observadas sob o ponto de vista de uma seqüência de operações dependentes, cada variação acima da média de qualquer um dos recursos envolvidos não é absorvida pelo sistema, ao passo que, as variações abaixo da média são absorvidas. Isso significa que adiantamentos em determinadas tarefas não compensam, necessariamente, os atrasos ocorridos em outras tarefas. Conseqüentemente, devido à ocorrência conjunta destes dois fenômenos, dependência entre eventos e flutuações estatísticas, a capacidade média resultante em um sistema é inferior a média da capacidade de cada recurso (GOLDRATT & COX, 1986; SOUZA, 1997; CORBETT NETO, 1997; UMBLE & SRIKANTH, 1990). A Figura 5 a seguir ilustra dois recursos, em seqüência, cujas capacidades estão balanceadas entre si.



*FIGURA 5 - LINHA DE PRODUÇÃO COM DOIS RECURSOS BALANCEADOS, CADA QUAL COM CAPACIDADE MÉDIA DE 5 PEÇAS/ H*

*FONTE: ADAPTADO DE CORBETT NETO, 1997*

Em relação à Figura 5, deve-se considerar que cada um dos recursos pode produzir 4 ou 6 peças/hora, o que resulta em uma média de 5 peças/hora. No Quadro 3 é feita uma combinação dessas capacidades produtivas, demonstrando o efeito das flutuações em eventos dependentes no resultado final da linha.

No Quadro 3, pode-se notar que, mesmo que cada recurso individual produza, em média, 5 peças por hora, o sistema como um todo acaba por produzir, em média, apenas 4,5 peças por hora. Esses resultados, ainda que não reflitam uma situação com um longo tempo de simulação e os impactos resultantes de eventuais e prováveis aumentos de estoque, demonstram a tendência inexorável de que a capacidade do sistema é sempre, em média, inferior à capacidade individual dos recursos produtivos.

Raciocínio semelhante pode ser feito quando o número de recursos em linha passa de dois para três, como ilustrado pelo Quadro 4. Deve-se reparar que a capacidade tornou-se ainda menor. Conclui-se, portanto, que quanto maior o número de recursos na fábrica, maior é o impacto das flutuações acumuladas durante o processo.

	Recurso 1	Recurso 2	Resultado
	4	4	4
	4	6	4
	6	4	4
	6	6	6
Média	5	5	4,5

*QUADRO 3 – EXEMPLO NUMÉRICO DO EFEITO DAS FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA DOIS RECURSOS TRABALHANDO SEQUENCIALMENTE*

*FONTE: CORBETT NETO, 1997*

	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Resultado
	4	4	4	4
	4	6	4	4
	4	4	6	4
	4	6	6	4
	6	4	4	4
	6	6	4	4
	6	4	6	4
	6	6	6	6
Média	5	5	5	4,25

*QUADRO 4 – EXEMPLO NUMÉRICO DO EFEITO DAS FLUTUAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA TRÊS RECURSOS TRABALHANDO SEQUENCIALMENTE.*

*FONTE: CORBETT NETO, 1997*

Devido às flutuações estatísticas e a dependência entre as variáveis em um sistema, uma fábrica não pode ser perfeitamente balanceada no que se refere à capacidade de seus recursos, pois sempre existirão recursos com maior capacidade disponível que outros (SOUZA, 1997; UMBLE & SRIKANTH, 1990). O balanceamento de recursos é uma tarefa difícil de ser conseguida devido às variações no *mix* e nos volumes produtivos, entre outros aspectos. Os dois fenômenos anteriormente descritos (flutuações estatísticas e dependência de variáveis) não impedem o balanceamento, mas limitam as vantagens que

poderiam ser obtidas com este. De acordo com Goldratt & Cox (1986), surge assim o primeiro princípio da TOC no que tange às práticas administrativas nos sistemas produtivos.

Princípio 1: balanceie o fluxo de produtos e não a capacidade de produção.

Como já foi discutido a TOC afirma que sempre haverá ao menos uma restrição em um sistema. Na seqüência, são discutidas algumas peculiaridades das restrições físicas envolvidas no processo decisório de cinco passos e as relações entre gargalos e não-gargalos.

#### 4.2.5. GARGALOS E RECURSOS COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE

Como já explicado, sabendo-se que as flutuações e a dependência entre variáveis dificultam consideravelmente o balanceamento dos recursos e que sempre existirão restrições, é possível, então que surjam dois tipos conhecidos de restrições físicas, definidas como gargalos de produção e recursos com restrição de capacidade (RRC). Um gargalo de produção pode ser definido como qualquer recurso com capacidade menor ou igual à demanda nele solicitada. Um RRC, por sua vez, é aquele que estabelece o máximo fluxo em uma malha produtiva, sendo uma malha produtiva definida como o conjunto de linhas de produção que tem pelo menos uma operação em comum. A diferença fundamental, entretanto, nas definições entre um gargalo e um RRC, está no fato que a parada de um recurso com restrição de capacidade implica, necessariamente, em perda de ganho para o sistema como um todo.

*TABELA 3 - SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES APRESENTANDO GARGALO E RRC*

	Recursos		
	R1	R2	R3
Capacidade diária necessária para produzir X (horas)	30	24	6
Capacidade diária disponível (horas)	24	24	24



Na Tabela 3, supõe-se a produção de um produto X, o qual é processado seqüencialmente pelos recursos R1, R2 e R3. Pode-se observar que, enquanto as operações R1 e R2 são gargalos (capacidade disponível igual ou inferior à carga demandada), a operação R1 é considerada um recurso com restrição de capacidade (RRC) nesse processo (maior carga de trabalho dentre todos os recursos). De acordo com a TOC, haverá ao menos um recurso restritivo em uma malha ou rede produtiva, o qual impõe o máximo fluxo possível e, ainda que R1 e R2 sejam gargalos, o recurso R1 dita o ritmo do sistema como um todo.

Ainda de acordo com Umble & Srikanth (1990), o tempo é um outro fator a ser considerado para a análise e determinação de gargalos e RRCs, além da capacidade dos recursos. Mesmo um recurso não-gargalo, cuja produção média que lhe é exigida seja inferior à sua capacidade, este pode, contudo, ser considerado um RRC. Isso ocorre se a programação da produção impõe a um recurso não-gargalo picos de trabalho e períodos de ociosidade de forma que se torne inviável deslocar os picos de carga para dias subseqüentes.

Algumas conclusões podem ser obtidas nesse sentido. Se um recurso não-gargalo for programado para produzir somente o necessário para atender à demanda, esse recurso vai possuir, naturalmente, alguma capacidade ociosa. Por outro lado, o tempo desperdiçado em um recurso gargalo reflete-se em um tempo perdido para companhia como um todo. Tal perda gera diminuição de ganho para a empresa, devido aos produtos que poderiam ter sido produzidos e vendidos durante esse período. No caso da parada de um recurso não-gargalo, somente haverá perda para o sistema se essa parada ultrapassar o tempo de ociosidade natural deste recurso perante o ritmo do sistema. Pode-se resumir, portanto, outros dois princípios da TOC :

Princípio 2: o tempo ganho em um recurso gargalo é um tempo ganho para todo o sistema.

Princípio 3: o tempo ganho em um recurso não-gargalo é apenas uma ilusão.

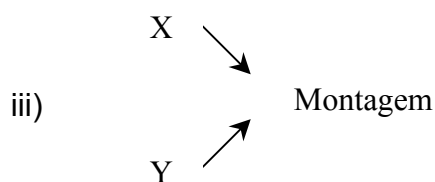
Devido à forma tradicional de se medir o desempenho, que foca em ótimos locais ao invés de focar em ótimos globais - que inclusive está relacionado à idéia de balanceamento de recursos - as empresas incentivam recursos não-gargalos a produzirem acima das necessidades da demanda de mercado. Para que se possa compreender quais são os efeitos que a superativação de um recurso não-gargalo pode trazer, são descritas na seqüência, quatro combinações entre gargalos e não-gargalos (GOLDRATT & COX, 1986; CORREA & GIANESI, 1993). Nesse exemplo, os gargalos são representados pela letra "X" e os não-gargalos são representados pela letra "Y". Considera-se a interação entre esses recursos simbolizada por uma seta cujo sentido indica o fluxo de peças de um recurso para o próximo.

i)  $Y \rightarrow X$

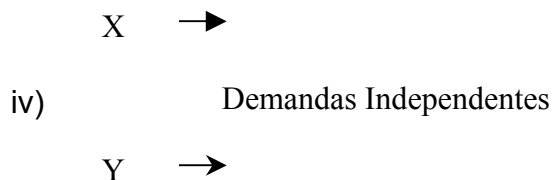
Em (i), se material for liberado para a fábrica de forma a atender padrões de desempenho locais, com a intenção de manter Y continuamente ocupado, haverá um estoque de material em frente ao recurso X. De fato, segundo a TOC, o recurso Y deveria ficar ocupado somente o suficiente para manter X completamente ocupado. De outra forma, o inventário e as despesas operacionais no sistema se elevariam sem que isso refletisse em um aumento do ganho para o sistema.

ii)  $X \rightarrow Y$

De acordo com a TOC, em (ii) o recurso X deve trabalhar todo o seu tempo disponível para que a máxima demanda de mercado seja atendida e, assim, este deve oferecer material suficiente para Y processar. Do ponto de vista da gerência, Y irá trabalhar abaixo de sua capacidade máxima o que trará um resultado final ideal de desempenho esperado. Entretanto e, contraditoriamente, isso não é normalmente desejado pela gerência do ponto de vista de desempenhos locais.



Em (iv), se o recurso Y for ativado para produzir acima da capacidade de X, haverá acúmulo de material antes da etapa de montagem. Embora seja necessário que X produza utilizando-se de 100% de sua disponibilidade para atender à demanda de mercado, mais uma vez, a mesma utilização de Y deve ser evitada para que não haja elevação dos inventários e das despesas operacionais desnecessariamente, sem que isso possa elevar o ganho do sistema.



No caso (iv), nem o recurso X e nem o recurso Y alimentam um ao outro ou a uma montagem, porém atendem a demandas de mercado independentes. Novamente, sendo Y um não-gargalo, este possui excesso de capacidade em relação à demanda do produto que processa e se for ativado para que utilize 100% de sua capacidade, trará como resultado uma elevação nos estoques de produtos acabados.

Os métodos de avaliação de desempenho tradicionais, sobre os quais são tomadas decisões, normalmente desconsideram os efeitos das interações entre os recursos produtivos. A simples ativação de recursos contribui para uma elevação do desempenho local, sem que isso resulte necessariamente em uma

elevação do desempenho global da empresa. A ativação de um recurso, portanto, difere do que a TOC denomina de “utilização”. Assim, ao contrário da ativação, a utilização de um recurso, para a TOC, deve repercutir diretamente e positivamente nos objetivos globais do sistema produtivo (GOLDRATT & COX, 1986; UMBLE & SRIKANTH, 1990). Outros dois princípios são a partir daí considerados:

Princípio 4: o nível de utilização de um recurso não-gargalo é controlado por alguma outra restrição do sistema.

Princípio 5: os recursos devem ser utilizados e não simplesmente ativados.

#### **4.2.6. A VISÃO DA TOC SOBRE OS LOTES ECONÔMICOS**

Outros importantes princípios da TOC podem ser observados sob o véu dos paradigmas de como são concebidos tradicionalmente os lotes econômicos na gestão logística da produção.

O conceito de lote econômico tradicional considera que dois fatores influenciam no dimensionamento dos lotes de produção, os custos de *set up* e os custos do carregamento de estoques. Tradicionalmente, considera-se que os custos de *set up* diminuem na proporção do aumento do tamanho dos lotes, ao passo que os custos de carregar estoques aumentam diretamente com o aumento da quantidade de material liberado no processo. Normalmente, são considerados como custos de carregar estoques, os custos de estocagem, de manutenção de estoques, seguros, impostos, obsolescência, etc. De acordo com o conceito de lote econômico, ainda haveria um ponto cujas somas dos custos mencionados resultaria em um custo total mínimo, ou ótimo. De acordo com Umble & Srikanth (1990); Glodratt & Fox (1989) e Souza (1997), as premissas que embasam esse conceito são falsas. Seguem os argumentos:

- custos de carregamento de estoques: como já discutido, os verdadeiros custos de carregar estoques não se limitam aos custos do ambiente de manufatura, mas afetam principalmente a capacidade da empresa responder às exigências de mercado, assim como afetam a qualidade dos produtos

fabricados e a capacidade da empresa de manter baixos preços. Portanto, os custos de estocagem tradicionalmente considerados são vistos pela TOC como insignificantes, se comparados aos efeitos da perda de capacidade competitiva da empresa como um todo;

- não há diferenças entre os tipos de recursos: no cálculo de lote econômico, não há distinção entre recursos gargalos e não-gargalos. Como discutido nos princípios 2 e 3, são estes dois tipos de recursos que irão determinar os custos de *set up* do sistema;
- o conceito de lote: de acordo com a TOC, é necessário fazer uma distinção entre a quantidade de produtos que é processada em um recurso antes que esse recurso tenha que ser preparado para produzir um produto diferente e entre a quantidade de produtos que é transferida de um recurso a outro. O primeiro tipo de lote é denominado lote de processamento e, o segundo, de lote de transferência. Tradicionalmente, os modelos de lotes econômicos consideram que o lote de processamento é igual ao lote de transferência e que, portanto, haveria um único tipo de lote.

Além disso, a TOC afirma que não é possível fixar o tamanho dos lotes de processamento devido às inúmeras variáveis presentes no processo de manufatura. Estão, dentre estas, as já citadas interações entre produtos e recursos e as flutuações estatísticas. Daí, outros dois princípios para a gestão da produção podem ser assim definidos:

Princípio 6: o lote de transferência não necessita ser e, muitas vezes, não deveria ser, igual ao lote de processamento.

Princípio 7: os lotes de processamento devem ser variáveis tanto ao longo do roteiro de produção quanto ao longo do tempo.

#### **4.2.7. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES: O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA.**

O método Tambor-Pulmão-Corda (TPC) tem por base a lógica de programação finita para a maximização da produção por meio da operação gargalo. Para a criação de tal sistema de programação, são utilizados os cinco passos do processo decisório citados. Esse procedimento fundamenta-se nas principais restrições que afetam a produção, tais como, limitações na demanda de mercado, limitações no suprimento de materiais para a manufatura e em relação à capacidade dos recursos produtivos. O primeiro passo do processo decisório, “identificar a(s) restrição(ões) do sistema” resume-se a identificar os elementos que restringem o desempenho do sistema produtivo como um todo.

O segundo passo, “explorar a(s) restrição(ões) do sistema” significa extrair o máximo das restrições no que se refere a evitar desperdícios no uso dos RRCs, como quebras de máquinas, paradas por falta de material, etc. Para o método TPC, este tipo de recurso recebe o nome de “Tambor” (*Drum*), pois dita a “batida” ou o ritmo da produção. O Tambor é considerado como o programa das atividades do(s) RRC(s), ou seja, a seqüência de tarefas a serem executadas nesse(s) recurso(s) de acordo com a demanda de trabalho a ser processada, tendo por objetivo atingir o máximo fluxo produtivo. Por outro lado, no caso de não existirem restrições internas à empresa, o Tambor é considerado como sendo a própria demanda de mercado (GOLDRATT & FOX, 1989; SOUZA, 1997). Para garantir que o Tambor não pare, deve-se protegê-lo das incertezas do processo e das flutuações estatísticas a ele inerentes. Cria-se para isso, um “Pulmão” (*Buffer*) antes do RRC do processo produtivo. O “Pulmão”, por sua vez, não se refere a um estoque físico de peças, mas implica em uma antecipação temporal na liberação de materiais para o RRC, o que gera um período de segurança (*time buffer*) necessário para amortecer as possíveis incertezas e flutuações no processo.

O terceiro passo, “subordinar tudo o mais a decisão anterior”, visa assegurar que todos os demais recursos trabalhem de acordo com o RRC (Princípio 4) e que estes operem segundo a meta global da organização e não segundo suas

próprias capacidades. A sincronização das operações pode ser obtida pelo que a TOC denomina de “Corda”. A Corda interliga as primeiras operações da malha produtiva ao RRC, de forma que o material seja liberado para a fábrica em função da taxa de consumo deste último. Assim, material é liberado com uma antecipação de um pulmão de tempo. Deverá haver cordas sincronizando o RRC com as possíveis montagens e com as liberações de materiais para as operações não-restritivas da malha produtiva. Por sua vez, a programação dos recursos não-gargalos já está implícita no TPC (Princípio 4). Assim, os recursos não-gargalos anteriores ao RRC irão processar peças liberadas pela Corda o mais rapidamente possível para atender ao Tambor, enquanto que os recursos não-gargalos, que estão localizados após o RRC, receberão apenas as peças que forem liberadas por este último. Conseqüentemente, ordens de produção só serão necessárias em locais como os RRCs e nos locais de liberação de materiais.

Outros dois princípios podem ser expressos, partindo-se do fato de que o(s) RRC(s) ditam o desempenho do sistema:

Princípio 8: as restrições governam o Ganho e o Inventário.

Princípio 9: os programas devem ser estabelecidos pelo exame de todas as restrições simultaneamente. Os *lead times* resultam de um programa e não podem ser prédeterminados.

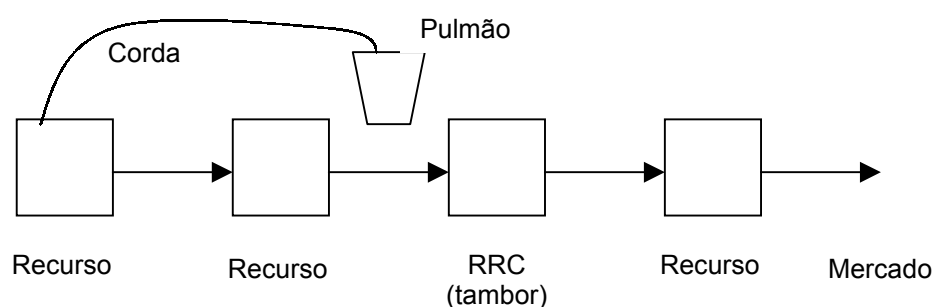


FIGURA 6 - FIGURA ESQUEMÁTICA DO TPC PARA UMA SÉRIE DE RECURSOS

#### 4.2.7.1. O TAMBOR (*DRUM*)

O tambor estabelece o programa a partir da demanda de mercado e das necessidades de capacidade da fábrica. De acordo com a TOC, nessa etapa de programação, deverá ser priorizada a produção dos produtos mais lucrativos. É importante salientar que a TOC não faz uso de critérios de rateio das despesas para a tomada de decisões do melhor *mix* de produtos (o que será melhor explicado mais à frente), contudo, utiliza como critério o ganho do produto dividido pelo tempo que o produto consome no RRC para tal. Além disso, como será visto, o ganho é definido como o preço de venda menos os custos totalmente variáveis (GOLDRATT, 1991).

De acordo com Cox III & Spencer (2002), o programa mestre de produção da empresa deve considerar, desde o primeiro momento, as possibilidades do sistema refletidas pela capacidade disponível dos RRCs e pelas demandas de mercado. Assim, segundo os autores, para a elaboração do programa mestre de produção deve-se:

- 1) Determinar a restrição (usando uma análise de capacidade).
- 2) Determinar quais os componentes cujos roteiros passam pela restrição.
- 3) Utilizar a contribuição (ganho) por minuto de restrição para cada produto afim de determinar a prioridade de utilização da restrição.
- 4) A partir dessas prioridades, construir um gráfico de Gantt para a utilização da restrição.
- 5) Programar todos os itens finais que não contenham componentes a serem processados pela restrição (produtos livres).
- 6) Criar o pulmão de restrição e elaborar uma programação de liberação de material para trás (*backward scheduling*).
- 7) Elaborar uma programação de expedição para frente (*forward scheduling*) considerando o tempo da restrição mais um pulmão de expedição.



Para assegurar que o tambor “bata” no ritmo correto, entretanto, é necessário que este seja protegido das incertezas inerentes aos processos. Cria-se assim o pulmão de tempo.

#### **4.2.7.2. O PULMÃO DE TEMPO (*TIME BUFFER*)**

Para se utilizar ao máximo o RRC, é necessário que este não fique ocioso por qualquer razão. Para isso, um Pulmão de Tempo deve assegurar que o programa do RRC (Tambor) seja cumprido, o que é realizado liberando-se materiais e componentes algum tempo antes do que foi programado para ser consumido no RRC. Cabe ressaltar, que esta característica diferencia a TOC de outras metodologias de planejamento e controle da produção, pois, independentemente do número de componentes diferentes que devem passar pela restrição, não há necessidade de se manter estoque físico de todos os componentes a serem processados pelo RRC. Torna-se necessário apenas que o material programado para o consumo nesse recurso já tenha sido liberado para a fábrica dentro do intervalo do pulmão de tempo estipulado. Haverá, portanto, somente o correspondente a um pulmão de tempo em termos de quantidades de materiais para serem processados pelo RRC e não estoques equivalentes a todos os tipos de materiais (SOUZA, 1997).

De acordo com Goldratt (1991), existem poucos locais em um sistema a serem protegidos por pulmões. Neste particular, são considerados três tipos de pulmões. O primeiro corresponde ao pulmão de recurso, que tem por finalidade proteger o RRC e está localizado em frente a este, na forma de estoques de materiais em processo. O segundo tipo de pulmão tem por finalidade proteger a restrição de mercado de forma que não haja problemas com os prazos de entrega. É chamado de pulmão de expedição e está localizado nos armazéns de produtos acabados. O terceiro tipo de pulmão visa à sincronização das operações de montagem entre recursos gargalos e não-gargalos, de maneira que, as peças que passaram pelo RRC não necessitem “esperar”, na operação de montagem, por peças advindas de recursos não-gargalos. Esse terceiro tipo é chamado de pulmão de montagem e está localizado em frente a operação de montagem. Para que não estejam sub ou superdimensionados, os pulmões de

tempo deverão ser continuamente monitorados (GOLDRATT & FOX, 1989; SOUZA 1997). Tal aspecto, relacionado à melhoria contínua do desempenho do processo produtivo é denominado de gestão do pulmão e será discutido mais adiante.

Umble & Srikanth (1990) enfatizam que muitos poucos locais devem ser protegidos por pulmões em sistemas regidos pelos princípios da TOC. E, portanto, não há necessidade de proteger todas as operações de um sistema para que todo o sistema esteja protegido.

Nesse contexto, não é suficiente somente achar a restrição e protegê-la para que esta produza o máximo, mas é imprescindível delimitar o tamanho desta proteção (pulmão), sincronizando as operações da produção, o que completa o método TPC. Esse controle é obtido por meio do conceito de corda.

#### **4.2.7.3. A CORDA (*ROPE*)**

A corda é o sistema de informação simplificado que possibilita a sincronia entre as restrições e os demais recursos. Identificadas as restrições e dimensionados os pulmões de tempo, torna-se imperativo considerar o terceiro passo no processo decisório, que é o de subordinar todos os demais recursos às restrições. Assim, a corda deve garantir que não haja nem mais e nem menos material em processo do que aquele que já havia sido estipulado dentro dos pulmões de tempo. Uma vez que os momentos de liberação de material já estão definidos pelos pulmões, a função da corda é estabelecer a subordinação dos programas das restrições. De acordo com Umble & Srikanth (1990), há somente quatro tipos de locais dentro da fábrica que necessitam ser programados:

- pontos de liberação de material;
- RRCs;
- pontos de divergência (não necessitam de pulmões, devendo somente estar sob controle no TPC). Os pontos de divergência são “locais” de

processamento, nos quais um componente, com determinado código, pode originar mais que um tipo de componente diferente.

- pontos de montagem.

O maior paradigma administrativo por detrás da prática da corda está no fato de que, para se alcançar um ótimo desempenho organizacional global, a grande maioria dos elementos do sistema não deve operar com níveis de desempenho locais maximizados (SOUZA, 1997), ou seja, deverá haver sempre alguma ociosidade presente no sistema, a qual é responsável por uma capacidade protetora adequada para garantir que os recursos restritivos não parem de funcionar. Do ponto de vista da gerência, o maior impacto cultural deve-se ao fato de que o conceito de corda exige que o material seja liberado na fábrica somente para atender ao programa das restrições (tambor) e não para fornecer trabalho aos funcionários (GOLDRATT e FOX, 1989). A ociosidade presente no sistema, por sua vez, pode ser compreendida como uma proteção, perante as variabilidades inerentes a este.

#### **4.2.8. ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING E A TOC**

Os *softwares* APS (*Advanced Planning and Scheduling* – Programação e Planejamento Avançados) surgiram na década de 1990 como uma extensão natural do MRPII (*Manufacturing Resource Planning*), do ERP (*Enterprise Resource Planning*) e do MES (*Manufacturing Execution Systems*) (SADOWSKY, 2004). Apesar de muitas abordagens propostas, ainda não há consenso sobre a definição de APS (SADOWSKY, 2004, VISOPT, 2004). O ponto mais ressaltado sobre o software APS é a possibilidade de soluções computacionais em tempo real, (planejamento avançado) alinhando-se o planejamento em nível de chão-de-fábrica com o planejamento de negócios proporcionado pelo ERP.

De acordo com Syspro (2004), ainda para prover o planejamento avançado, o APS deve alinhar as funções de negócio do ERP ao chão-de-fábrica, possibilitando o acesso a informações em tempo real das atividades do chão-

de-fábrica, assim como as funcionalidades do controle de qualidade. Nesse sentido, no contexto da cadeia, o APS deve possibilitar um alinhamento da produção e do planejamento de suprimento com a demanda (PRESCIENTSYSTEMS, 2004). De acordo com a literatura da empresa SAP o objetivo do APS é de auxiliar a empresa no planejamento de produção, de preços, de programação e de distribuição de produtos. O APS da SAP, chamado de APO (*Advanced Planner and Optimizer* – Planejador e Otimizador Avançados), realiza atualizações sobre a demanda dos clientes nos varejistas em tempo real, criando “gatilhos” que levam em consideração muitas variáveis complexas, que auxiliam na programação de entregas de matérias-primas e os ciclos de produção para prever o *mix* adequado de produtos necessários para atender à demanda futura dos clientes. O APO consiste de oito níveis de aplicativos: projeto de redes, planejamento da demanda, planejamento da rede de suprimento, planejamento de produção e programação detalhada, disponibilidade global, planejamento de transporte e programação de veículos e colaboração na cadeia de suprimentos.

Em alguns APSs, como é o caso do APO, são utilizados algoritmos matemáticos complexos, enquanto que em outros, utiliza-se o conceito de programação considerando a capacidade finita de recursos (*finite capacity scheduling*) ou cálculo de capacidade com base em restrição de capacidade (*constrained-based*), como é o caso do Drummer (LINTER, 2004) e do Preactor APS (PREACTOR, 2004).

Cabe lembrar que os algoritmos do MRPII, nos quais derivam os conceitos de ERP e de APS segundo algumas definições, são algoritmos heurísticos, embasados em capacidade infinita, enquanto que a abordagem TOC de cálculo de capacidade finita, parte do pressuposto de um cálculo de capacidade considerando de antemão as possíveis restrições do sistema. Poder-se-ia dizer ainda que o TPC e a logística de distribuição TOC, de forma integrada, como será visto no Capítulo 5, possuem alguns princípios de um APS, quando alinham o desempenho do negócio em toda a rede de suprimentos e as

decisões operacionais por meio de um método de programação de chão-de-fábrica.

A logística TOC, entretanto, como foi proposta didaticamente pelo método TPC, funciona bem quando os RRCs na fábrica são bem destacados. Por outro lado, a existência de constantes acúmulos de picos seqüenciais de trabalho nos recursos fabris deve ser tratada computacionalmente. Pode ser dito que o algoritmo da solução anterior, quando há picos de cargas, foi proposto por Goldratt (1991). Não se pode fazer menção, entretanto, em considerar-se esse algoritmo como um APS ou um princípio deste, devido às lacunas existentes na literatura sobre o assunto.

#### **4.2.9. DEFININDO CAPACIDADE PROTETORA, PRODUTIVA E EXCESSIVA.**

De acordo com Goldratt (1991), como um RRC não possui qualquer capacidade protetora interna superior a dos outros recursos, esse recurso deve ser protegido pela combinação de estoques e pelas capacidades protetoras dos outros recursos. Há, portanto, no TPC, uma combinação entre capacidade protetora e estoques. Se há pouca capacidade protetora nesses recursos não-restritivos para proteger o RRC, maiores deverão ser os estoques para a proteção à sua disposição.

No caso de haver interrupção no fornecimento de material para o RRC, este logo irá consumir o estoque à sua disposição. Entretanto, se uma nova interrupção ocorrer, o RRC pode ficar exposto e os outros recursos dessa malha deverão processar os materiais solicitados pela taxa de consumo da restrição mais o que seria necessário para a recomposição do pulmão. Dessa forma, a capacidade disponível pode ser compreendida sob o ponto de vista de três conceitos distintos:

- capacidade produtiva: necessária a fim de atender à demanda;
- capacidade protetora: necessária para proteger o sistema contra as flutuações estatísticas (apenas o RRC não possui capacidade protetora, pois é programado para trabalhar no limite de seu desempenho);

- capacidade excessiva: é qualquer capacidade que sobre, após considerar-se as anteriores.

No entanto, para que o nível de estoques no sistema permaneça ótimo, de forma que os cinco passos sejam executados na íntegra, propiciando assim, um processo de melhoria contínua sustentada no processo produtivo, é necessário que os pulmões sejam constantemente gerenciados.

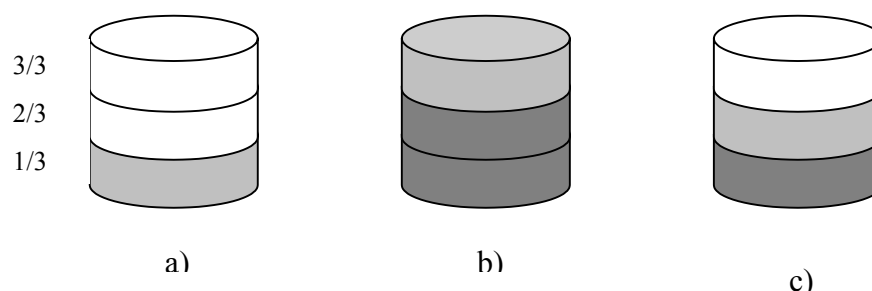
#### **4.2.10. A GESTÃO DO PULMÃO E A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO EM RELAÇÃO À PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO: OS INDICADORES OPERACIONAIS DA TOC.**

A avaliação de desempenho no método TPC está intimamente relacionada à gestão dos pulmões. Por meio desta, viabiliza-se um processo de melhoria contínua no sistema que auxilia em reduções sucessivas de estoques (tamanho dos pulmões) e, conseqüentemente, culminam na otimização do processo como um todo. Por tratar-se de um pulmão de tempo, sua adequada gestão, possibilita a identificação e a medição de falhas no programa em termos de itens entregues em atraso ou que foram antecipados em relação ao estipulado na programação. Diferentemente de outros métodos de gestão de produção, não são mantidos estoques físicos de todos os itens a serem produzidos. Também é possível antever possíveis falhas na programação, problemas de qualidade, entre outros aspectos, como será discutido.

##### **4.2.10.1. A GESTÃO DO PULMÃO**

A gestão do pulmão tem por finalidade identificar as possibilidades de melhoria no desempenho do processo produtivo de forma que isso repercuta em melhorias na performance global do sistema.

De acordo com Goldratt e Fox (1989), pode-se dividir o pulmão em três níveis como ilustrado na Figura 7. As cores indicam o nível de preenchimento. Quanto mais escura, mais cheia está a divisão do pulmão.



*FIGURA 7 – ILUSTRAÇÃO DA GESTÃO DO PULMÃO*

O material planejado para estar no primeiro terço do pulmão deve estar sempre presente nele. Espera-se, por outro lado, que a maioria do material esteja sempre ausente no último terço do pulmão (Figura 7c). A idéia é então, que o segundo terço do pulmão esteja sempre parcialmente preenchido, de forma que as operações críticas estejam protegidas ao menos das flutuações estatísticas menos extremas. Assim, se o pulmão estiver continuamente abaixo de um terço de sua capacidade (Figura 7a), este estará subdimensionado, o que significa risco de parada do processamento no RRC. No caso em que o nível do pulmão esteja acima de dois terços de sua capacidade, este estará superdimensionado em relação ao necessário. Neste caso o material pode estar sendo liberado para a fábrica com muita antecedência, e então, estaria havendo um acúmulo desnecessário de inventários (Figura 7b).

No decorrer do processo produtivo, podem ocorrer lacunas ou falhas no pulmão causadas pela interrupção no fluxo de materiais. Ao localizar os centros produtivos ou fornecedores responsáveis pelas falhas, pode-se focalizar um processo de melhoria contínua para esses casos, que é direcionado pela gestão do pulmão.

Esse processo possibilita, com o passar do tempo, uma redução gradual no tamanho dos pulmões, redução esta que ocorre à medida em que as causas dos problemas vão sendo identificadas e corrigidas. Conseqüentemente, esse processo de redução nos níveis de proteção do sistema proporciona uma redução nos custos associados à manutenção de inventários para tal. É

importante notar que, no TPC, todo o material que passa pelo RRC está adiantado de um pulmão de tempo, o que possibilita a identificação de problemas com uma antecipação de tempo equivalente, aproximadamente, ao dimensionamento do pulmão de recurso.

A seguir serão apresentadas algumas formas de avaliação de desempenho segundo a TOC.

#### **4.2.10.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NAS OPERAÇÕES DA PRODUÇÃO: OS INDICADORES GDD E IDD**

De acordo com Goldratt e Fox (1989) e Goldratt (1991), deve haver uma “ponte” entre as medidas locais de desempenho e as medidas globais que direcionam uma empresa para a sua meta. As medidas locais na TOC, em nível de chão-de-fábrica, são medidas financeiras que visam uma consistência com o objetivo de maximizar o ganho na restrição. Se a elaboração dos componentes Tambor, Pulmão e Corda está relacionada à fase de planejamento, o Gerenciamento de Pulmão e seus indicadores operacionais visam atender às necessidades de controle da produção, identificando e eliminando falhas, corrigindo rumos e medindo o impacto dos eventuais desvios.

Fogarty *et al.* (1991) ressaltam a importância do acompanhamento do programa de produção na medição do desempenho. Nesse sentido, a TOC sugere dois indicadores que visam avaliar como o desempenho operacional afeta diretamente os indicadores globais.

Goldratt (1991) afirma que os indicadores de desempenho local não devem julgar o resultado final mas sim, o impacto que a área que está sendo medida tem sobre o desempenho final. Ainda de acordo com Goldratt (1991), deve-se ter o cuidado em diferenciar o julgamento de um plano e a execução desse plano. Assim, o desempenho do próprio programa deve ser avaliado pelos indicadores G, I e DO em conjunto, como já mencionado, enquanto que o julgamento apropriado do desempenho local, ou seja, da execução do plano,



deve ater-se aos desvios em relação ao que foi previamente planejado. Os indicadores a seguir são utilizados para tal fim, ou seja, medir os impactos globais de desvios locais na execução do programa de produção.

De acordo com Goldratt (1991), tais desvios podem ocorrer de duas diferentes maneiras: “Fazer o que não era para fazer”, que acarreta na geração desnecessária de inventário, e “Não fazer o que era para ser feito”, que pode provocar perda nas vendas, ou seja, perda no ganho da empresa.

O primeiro tipo de desvio deve ser controlado e medido pelo indicador inventário-dinheiro-dia ou *Inventory Dollar Days* (IDD), cuja finalidade é mensurar o que foi produzido ou entregue em avanço ao que foi programado. Qualquer produção antecipada ao que foi programado, muitas vezes devido à busca por uma otimização local, irá gerar estoques desnecessários e estes serão identificados e medidos pelo indicador IDD (FOGARTY *et al.*, 1991).

O segundo indicador é o ganho-dinheiro-dia (GDD) ou *Throughput Dollar Days* (TDD), cuja finalidade é quantificar o segundo tipo de desvio, medindo o que foi produzido em atraso em relação ao programa. Se um recurso, por algum motivo, sofrer um atraso em relação ao que foi programado, este colocará em risco o alcance do ganho da empresa. O GDD busca quantificar financeiramente o impacto desse atraso (FOGARTY *et al.*, 1991).

Ambos, IDD e GDD são medidos relativamente ao pulmão e essa medição em relação ao programa é feita com base no montante emprestado e durante o tempo em que o dinheiro ficou “emprestado” entre setores. Isso ocorre da mesma forma que o empréstimo de dinheiro no mercado financeiro. Se a empresa empresta ao departamento usuário os recursos necessários para produzir inventário, o departamento usuário deverá pagar à empresa pelo montante emprestado, durante o período de tempo em que este ficou retido na forma de inventário (FOGARTY *et al.*, 1991).

Em uma operação não-restrição, o efeito da utilização do IDD e do GDD é o seguinte: quando o material chega, o trabalhador verifica se a ordem (*job*) está

presente nos documentos do pulmão. Se esta estiver presente como parte do programa do pulmão, o trabalhador não será cobrado do IDD por processá-lo. Por sua vez, o GDD será computado se mais de meio pulmão (pulmão este por ele abastecido) tiver sido consumido. Se, por outro lado, o trabalho em mãos não alcançou meio pulmão, o colaborador pode evitar a penalidade, processando-o e passando-o à frente antes que a marca de meio pulmão seja alcançada. Se, ao receber o material, a marcação de meio pulmão tiver sido alcançada, o colaborador é cobrado pelo GDD até que o trabalho seja passado para a próxima estação. O colaborador tem assim um incentivo para trabalhar mais rapidamente de forma a evitar o GDD ou para eliminar uma cobrança existente (FOGARTY *et al.*, 1991).

O uso do IDD é particularmente efetivo para eliminar a tendência, por parte dos trabalhadores, em processar material desnecessariamente, simplesmente para evitar ociosidade. Essa tendência tem se mostrado um hábito em muitas empresas, a qual tem sido incentivada com base nos índices de utilização de máquinas, segundo Fogarty *et al.* (1991).

Com o IDD, o funcionário incorre em uma penalidade e logo percebe que não é bom trabalhar em avanço ao programado. O colaborador tem ainda o incentivo de trabalhar cuidadosamente, pois se o trabalho for feito imprópriamente, a estação causadora do defeito será penalizada em GDD até que o defeito seja reparado ou o componente possa ser substituído. Se, por outro lado, um componente que passa pela restrição foi produzido com defeito, ele nunca poderá ser substituído, pois a restrição não possui tempo disponível para produzir um componente substituto (FOGARTY *et al.*, 1991).

Caso o colaborador trabalhe em duas estações ao mesmo tempo, o GDD induzirá o trabalhador a processar o trabalho que está mais próximo da primeira data de entrega (assumindo-se valores iguais para as ordens de produção consideradas, ou seja, o valor unitário dos itens multiplicados pelo número de itens em cada ordem). Se o trabalhador agir de forma a minimizar o GDD, este estará fazendo exatamente o que a alta gerência desejaria que

estivesse fazendo, o que possibilita um controle de chão-de-fábrica sem a necessidade de intervenção da gerência (FOGARTY *et al.*, 1991).

Em uma restrição, o colaborador tem um duplo incentivo para realizar o trabalho na seqüência apropriada. Se um trabalho é feito com antecedência, este carrega, simultaneamente, um IDD, pela antecipação do trabalho, e um GDD, advindo do fato que o trabalho que deveria ter sido processado não o foi, e, na restrição, o tempo desperdiçado não pode ser recuperado (FOGARTY *et al.*, 1991).

Vale observar que o foco dos indicadores é essencialmente o aumento de ganho e o controle dos estoques, e não a redução de custos, em contraste, portanto, com a ampla maioria dos indicadores geralmente utilizados.

Um importante questionamento diz respeito à comparação entre o indicador IDD e o Giro de Estoques. O indicador Giro de Estoques permite saber o nível do inventário mantido em um determinado período. Quanto maior for este índice, menor será o nível de inventário mantido no período. Porém, o Giro de Estoques não pode ser considerado um índice de controle, como mencionado por Goldratt (1991).

O Giro de Estoques representa quantas vezes um determinado tipo de material ou um conjunto de materiais distintos foi adquirido ao longo de um determinado período. Dessa forma, o Giro mede apenas um valor médio do estoque durante o período considerado. Se durante parte do tempo os estoques permaneceram baixos, mas foram compensados por períodos de alta, o seu valor final médio pode se aproximar do desejado, ainda que estes estivessem incoerentes na maior parte do tempo.

Por meio do Giro de Estoques portanto, não é possível identificar se está havendo desvios em relação ao que foi estabelecido no plano de produção. Goldratt (1991) destaca ainda que a capacidade de reunir dados não significa que há, de fato, uma informação que responda às perguntas realizadas. Dessa forma, o fato de se saber, por exemplo, qual é o nível de estoque no sistema

não implica que está havendo controle deste estoque. Para Goldratt (1991), controlar significa, então, "... saber onde as coisas estão *versus* onde deveriam estar, e quem é o responsável por qualquer desvio".

O IDD, por sua vez, segundo Goldratt (1991), por estar subordinado à Gestão do Pulmão, tem a finalidade de controle. Ele não mede, portanto, a quantidade de estoque que está sendo mantida (a mensuração dos pulmões poderia prover esta informação), mas sim quanto de estoque está sendo gerado em excesso ao que foi planejado.

Há, entretanto, poucos relatos de casos de aplicação prática tanto do IDD quanto do GDD, de forma que não se pode afirmar que há um consenso claro sobre a correta utilização e as reais potencialidades destes indicadores como instrumentos de controle da produção.

#### **4.3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ACORDO COM A TEORIA DAS RESTRIÇÕES E AO ALCANCE DA CONTABILIDADE GERENCIAL TRADICIONAL**

Um aspecto importantíssimo, cujo contexto aqui comentado exemplifica a importância da TOC, é a discussão quanto à qualidade das informações produzidas atualmente nas empresas, as quais são utilizadas no processo de tomada de decisões gerenciais. De acordo com Goldratt (1991), há uma grande dificuldade, em um âmbito generalizado, em se fazer uma correta distinção entre dado e informação. Ou seja, é preciso obter-se uma compreensão mais estreita sobre quais informações são realmente importantes para a tomada de decisões em uma empresa e quais delas simplesmente não o são. As dificuldades atuais na obtenção de respostas satisfatórias para a tomada de decisões a partir da contabilidade gerencial tornam necessárias novas soluções. A TOC considera, para tal, indicadores que meçam se há consistência das ações locais para com a meta da empresa.

#### 4.3.1. O PARADIGMA DA CONTABILIDADE DE CUSTOS

Apesar de todos os esforços realizados pelas empresas frente às necessidades vindas de fatores externos de competitividade, ainda existem muitas oportunidades para uma significativa melhoria na forma como as empresas avaliam seus desempenhos, como sugerido anteriormente. De acordo com Corbett Neto (1997), a própria contabilidade gerencial, utilizada atualmente como base para a tomada de decisões nas empresas, tem sofrido muitas críticas por não mais proporcionar respostas satisfatórias às necessidades administrativas da atualidade. Corbett Neto (1997) advoga que, ao longo dos anos, a participação da mão-de-obra direta nos custos vem diminuindo significativamente e, mesmo assim, a grande maioria das empresas continua usando-a para o rateio dos custos indiretos de fabricação, o que representa um dos paradigmas da contabilidade de custos que perdura ainda hoje.

De acordo com o autor, as questões gerenciais no início do século XIX começaram a girar em torno da mensuração do impacto que um produto teria nos custos totais e nas receitas das empresas. As respostas a essas questões deveriam mostrar como as decisões tomadas localmente poderiam levar a um ótimo global da organização. Assim, defini-se o lucro líquido (LL) da empresa como formado pelo somatório das receitas (R) menos o somatório dos custos das matérias-primas (MP) menos o somatório das despesas operacionais (DO), de forma que os dois primeiros somatórios são feitos sobre a categoria de produtos. O último somatório (DO), que era feito sobre categorias de despesas, passou então, a ser rateado por produto. Assim, as despesas que não podiam ser divididas por produtos foram agrupadas em um único bloco e então rateadas por produtos em função da contribuição dos trabalhadores diretos.

Entretanto, tais despesas não eram significativas nessa época e, portanto, todas as receitas, custos de matérias-primas e despesas podiam ser divididas por produtos, o que possibilitava se conhecer os custos e o lucro da cada produto individualmente. Dessa forma, o rateio dos custos pelos produtos facilitava a tomada de decisões gerenciais, uma vez que as maiores parcelas

dos custos como mão-de-obra e matérias-primas variavam de acordo com o volume de produção.

Na atualidade, entretanto, somente os custos representados por aquisição de matérias-primas variam de acordo com o volume de produção. Diferentemente do passado, a mão-de-obra direta não é mais paga por unidade produzida e os custos indiretos de produção são a parcela mais significativa dos custos da empresa, portanto, a aproximação feita pelo rateio deixou de ser adequada como era no passado (GOLDRATT, 1991; CORBETT NETO, 1997).

De acordo com Goldratt (1991) e Corbett Neto (1997), pressupôs-se que a falha na contabilidade gerencial era resultado da utilização de uma única base de rateio para a mão-de-obra direta. Daí, o rateio dos custos indiretos pelo volume de produção não ser mais utilizado, mas sim o rateio segundo o grau de importância das atividades relacionadas a esses custos. No entanto, sabe-se que este último método ainda tem por base os mesmos princípios utilizados no rateio tradicional. Corbett Neto (1997) menciona que “o rateio de custos, qualquer que seja o método adotado, não revela qual é a contribuição de uma decisão/ação ao lucro final”. Um importante questionamento pode ser feito neste ponto: mesmo que se possa utilizar métodos de custeio sofisticados, um bom processo de tomada de decisões realmente necessitaria destes para ser eficaz? (CORBETT NETO, 1997). Tal pergunta é oriunda do foco que a TOC dá à gestão, o que inclui todos os custos usuais no item despesa operacional, como será visto.

A tomada de decisões gerenciais na visão da TOC é tratada de uma forma distinta da usual, por meio da análise concomitante dos indicadores financeiros, descritos na seqüência.

#### **4.3.2. Os INDICADORES DE DESEMPENHO PARA A TOMADA DE DECISÕES GERENCIAIS: Os INDICADORES FINANCEIROS NA TOC**

Usualmente são utilizadas três medidas financeiras, em nível de cúpula administrativa, para a avaliação do desempenho das empresas: Lucro Líquido

(LL), Retorno Sobre Investimentos (RSI) e Fluxo de Caixa. Tais medidas porém, úteis à alta administração, não são suficientes para se medir o impacto que as ações operacionais têm sobre o resultado global da empresa, como será exemplificado mais à frente. Goldratt (1991) afirma que as medidas financeiras são importantes para controlar o direcionamento de uma empresa em relação à sua meta e, nesse sentido, estas devem ser levadas em consideração para a tomada de decisões. Uma outra razão, no entanto, para a utilização dessas medidas, deve ser a de que elas possam induzir as partes a fazerem o que é bom para a organização como um todo. Para que isso ocorra, a TOC propõe três medidas:

- Ganho (G): é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro por meio de vendas. Pode ser definido como a receita de venda (R) menos os custos totalmente variáveis (CTV). A idéia por detrás da definição de ganho é que este possa ser efetivamente apurado pela empresa. Para a TOC, o ganho provém de produtos ou serviços efetivamente produzidos e vendidos e diz respeito a uma relação de troca irreversível com o cliente, o que caracteriza uma entrada efetiva de capital na empresa. Isto exclui, assim, as definições nas quais se consideram ganhos contábeis, usualmente utilizadas (GOLDRATT, 1991);

”...ganho não pode ser associado à manobra de dinheiro. Ganho significa trazer dinheiro fresco de fora, daí as palavras adicionais: através de vendas” (GOLDARTT, 1991).

Uma importante consideração neste ponto é a definição de Custos Totalmente Variáveis (CTV) pela TOC. De acordo com Goldratt (1991), “ganho é o preço de venda menos o montante pago a nossos fornecedores pelos itens que entraram no produto vendido, não importando quando compramos esses itens. Além das peças e materiais adquiridos, existem outras quantidades que precisamos subtrair do preço de venda para calcular o ganho. Temos que deduzir subcontratação, comissão paga a vendedores externos, taxas alfandegárias e até de transportes, se não tivermos nosso próprio canal de

transporte. Todos esses montantes não são dinheiro gerado pelo nosso sistema.” (GOLDRATT, 1991).

Ainda de acordo com a TOC, o conceito de ganho tem uma importância significativa para Boyd & Gupta (2004) do ponto de vista da gestão de operações, e no processo de tomada de decisões, o que os autores definem a organização orientada ao ganho. Assim, a orientação ao ganho é uma abordagem organizacional ampla que visa à melhoria deste, preferivelmente à redução de despesas operacionais, como um meio de melhorar o desempenho financeiro e alertar sobre o fato de que as medidas financeiras são limitadas pelas restrições. A orientação ao ganho, nesse sentido, é apoiada pelo uso de um sistema de indicadores de desempenho e sistemas de tomada de decisões que facilitam a maximização do ganho por meio da gestão das restrições.

- Inventário (I): é todo o dinheiro que o sistema investe em coisas que pretende vender. Nesse caso, a única exceção em relação à definição usual de investimento é em relação aos materiais adquiridos. Isso se deve ao fato de que a TOC considera que não há valor agregado a um produto antes que este tenha sido efetivamente vendido. O objetivo é adicionar valor à empresa e não adicionar valor ao produto. Os investimentos são divididos em duas categorias, a dos inventários que estão em estoque em processo e na forma de produtos acabados, e na forma de ativos. Um questionamento nesse ponto é se investimentos (ativos) como máquinas, móveis e equipamentos são coisas que a empresa “pretende vender”. Nesse sentido, do ponto de vista do acionista, a venda de ações corresponderia diretamente à venda de ativos (GOLDARTT, 1991; CORBETT NETO, 1997);
- Despesa Operacional (DO): é todo o dinheiro que o sistema gasta transformando inventário em ganho. Na TOC, a idéia de despesa operacional é relacionada ao dinheiro que sai do sistema e que corresponde a todos os outros “gastos” que não entram no ganho e nem no investimento. A TOC não classifica as despesas em fixas, variáveis ou semivariáveis, só importando se



são totalmente variáveis, aí então são classificadas como CTV (CORBETT NETO, 1997).

De acordo com a TOC, essas medidas fazem convenientemente a “ponte” entre o LL e o RSI. Para tal, em toda decisão, deve-se observá-las conjuntamente. A relação entre as medidas G, DO e I e as medidas globais LL e RSI pode ser escrita como (GOLDRATT, 1991; CORBETT NETO, 1997):

$$LL = G - DO$$

$$RSI = (G - DO) / I$$

As decisões devem, portanto, aumentar o G e reduzir I e DO. Nesse caso, o RSI é considerado o “juiz” na decisão final, pois, qualquer decisão que gere um impacto positivo no RSI estará direcionada à meta do sistema.

De acordo com Iglesias & Barbosa (2003), também devem ser consideradas para a tomada de decisões a avaliação das seguintes relações:  $\Delta G / \Delta I$  (acréscimo de ganho em relação ao acréscimo de investimento dedicado à venda) e  $\Delta G / \Delta DO$  (produtividade ou ganho por acréscimo de despesa utilizada em transformação). Assim, segundo os autores, deve-se considerar decisões que vão proporcionar elevação de G,  $\Delta G / \Delta I$ ,  $\Delta G / \Delta DO$ , e a redução de I e DO.

Os conceitos comentados neste capítulo serão ainda abordados sob o aspecto da cadeia de suprimentos no Capítulo 6, no qual será discutida a avaliação de desempenho na cadeia de suprimentos. Na seqüência, um exemplo da aplicação da TOC na tomada de decisões pode mostrar a relevância prática da aplicação de tais conceitos.

#### **4.3.3. MEDINDO A META: UM EXEMPLO**

A partir de um exemplo adaptado de Goldratt (1991), pode-se exemplificar o que foi discutido anteriormente.

Na empresa esquematizada abaixo são produzidos dois produtos, P e Q. Deseja-se saber qual é o melhor *mix* de produtos, o qual maximiza o lucro da empresa. Os preços de venda são \$ 90 para P e \$ 100 para Q. As demandas para P e Q são de 100 e 50 unidades por semana, respectivamente. Há 4 tipos de matérias-primas e seus custos são \$ 20/unidade para MP1, \$ 20/unidade para MP2, \$ 20/ unidade para MP3 e \$ 5/unidade para MP4. O processo é esquematizado abaixo em termos do fluxo das operações, com as respectivas indicações dos nomes dos recursos e dos tempos de processamento. São necessários 55 minutos para a produção de P e 50 minutos para produção de Q. Há somente uma unidade de cada um dos recursos nos setores A, B, C, D e seus custos operacionais são idênticos. As despesas operacionais são de \$ 6000 e a disponibilidade total de trabalho é de 2400 minutos semanais.

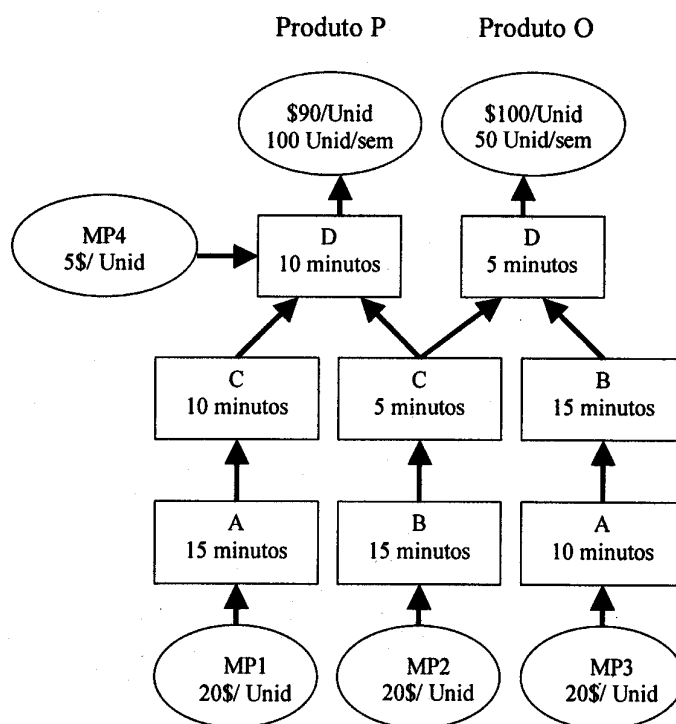


FIGURA 8 – ESQUEMA DE FLUXO DE TRABALHO EXEMPLIFICADO

FONTE: ADAPTADO DE GOLDRATT (1991)

A resposta para esse problema passa, necessariamente, pela verificação se a empresa fictícia tem ou não condições de atender às demandas estabelecidas. O quadro 5 demonstra que, devido à carga de trabalho imposta pela demanda no recurso B, a empresa não consegue atender essas demandas.

Departamento A: Produto P: 15 min x 100 unid = 1500 min Produto Q: 10 min x 50 unid = 500 min Total: 2000 min	Departamento B: Produto P: 15 min x 100 unid = 1500 min Produto Q: 30 min x 50 unid = 1500 min Total: <b>3000 min</b>
Departamento C: Produto P: 15 min x 100 unid = 1500 min Produto Q: 5 min x 50 unid = 250 min Total: 1750 min	Departamento D: Produto P: 10 min x 100 unid = 1000 min Produto Q: 5 min x 50 unid = 250 min Total: 1250 min

**QUADRO 5 – CÁLCULO DAS HORAS NECESSÁRIAS EM CADA DEPARTAMENTO**

**FONTE : ADAPTADO DE GOLDRATT (1991)**

Uma vez que não se pode vender tudo de P e Q, deve-se agora determinar, segundo algum critério, qual dos dois produtos deve ser priorizado em detrimento do outro. Num segundo momento, procurar-se-á atender à demanda total do produto mais rentável e apenas parcialmente atender à demanda do produto menos rentável, até que se esgotem as possibilidades de processamento do recurso B.

Seguindo-se o método convencional da contabilidade de custos, pode-se concluir que o produto Q é o mais lucrativo para empresa, pois possui o maior preço de venda, o menor custo de matéria-prima e, principalmente, o menor tempo de processamento total. Como os custos operacionais são idênticos para os quatro recursos, o tempo de processamento passa a ser o critério de rateio (direcionador de custo) a ser utilizado no cálculo do custo do produto.

Ao se priorizar a produção de Q, a empresa poderá, após vender todas as 50 unidades de Q, produzir e vender apenas 60 produtos P. O resultado final, pode ser visto pela Tabela 4 a seguir, um prejuízo de \$ 300 para a empresa.

*TABELA 4 - RESULTADOS OBTIDOS DE ACORDO COM A CONTABILIDADE DE CUSTOS TRADICIONAL*

Total de mão-de-obra necessária:  
 $(55 \times 100) + (50 \times 50) = 8000$   
 Alocação por minuto de mão-de-obra direta (MOD) = \$ 0,75/min  
 Custos unitários alocados:  
 Produto P:  $55 \times \$ 0,75 = \$ 41$   
 Produto Q:  $50 \times \$ 0,75 = \$ 38$

Produto	P	Q	Total
Preço de Venda (PV)	90	100	
Custo de Matéria-Prima (MP)	45	40	
Ganho (G) = (PV-MP)	45	60	
Tempo de MOD	55	50	
Parcela Alocada	41	38	
Custo Total do Produto	86	78	
LL por Produto	4	<b>22</b>	
Demanda de Mercado	100	50	
Mix de Produto para Venda	60	50	
Margem de Contribuição Bruta	45	60	
Minutos de Restrição B por Produto	15	30	
Disponível na Restrição B	900	1500	2400
Ganho Total	2700	3000	5700
Despesas Operacionais			6000
Lucro Líquido/semana			<b>-300</b>

A resposta para o melhor *mix* depende do ganho por unidade de tempo na restrição, como já anteriormente comentado. Esse índice pode ser calculado dividindo-se o ganho unitário de cada produto pelo tempo consumido por esse no gargalo. Ou seja, a escolha do melhor *mix* de produtos não deve ser realizada com base no produto mais lucrativo e/ou com base no menor custo de MP e/ou no produto com menor tempo de processamento. Da mesma forma, seria errôneo o pressuposto de que quanto menor for o custo de um produto, maior será sua lucratividade, assim como, pressupor que um maior lucro pode ser alcançado pela redução no tempo de produção em qualquer local do processo (CORBETT NETO, 2003).

De acordo com a chamada Contabilidade de Ganho da TOC ou, de forma mais abrangente, no denominado “mundo do ganho”, pode-se observar que o produto P possibilita \$ 3,00 por tempo de uso do recurso restritivo B (ganho de \$ 45 dividido por 15 minutos de processamento), enquanto o produto Q permite \$ 2,00 por tempo no recurso B (ganho de \$ 60, dividido por 30 minutos de processamento). Priorizando-se P, obtém-se um lucro de \$ 300 ou \$ 600 a mais que o obtido via cálculo do custo do produto. A Tabela 5 a seguir apresenta os cálculos mencionados.

*TABELA 5 - RESULTADOS OBTIDOS DE ACORDO COM A CONTABILIDADE DE GANHO  
TOC*

Produto	P	Q	Total
Preço de Venda (PV)	90	100	
Custo de Matéria-Prima (MP)	45	40	
Ganho (G) = (PV-MP)	45	60	
Tempo Total da Restrição B / Produto	15	30	
\$ / minuto de restrição	3	2	
Demanda de Mercado	100	50	
Mix de Produto para Venda	100	30	
Ganho (G) = (PV-MP)	45	60	
Minutos de Restrição B	15	30	
Tempo da Restrição B	1500	900	2400
Ganho Total	4500	1800	6300
Despesas Operacionais			-6000
Lucro Líquido/semana			<b>300</b>

Assim, o produto P é o mais lucrativo e o pressuposto errôneo da contabilidade de custos está no fato de que esta considera que se pode medir o impacto de uma decisão sobre a lucratividade da empresa, ao medir quanto dinheiro esta área (ou decisão) absorve ou libera, o que não é correto (CORBETT NETO, 2003). O leitor pode verificar ainda que, se a demanda do produto Q (menor custo do produto e maior margem de contribuição) for aumentada e a empresa continuar priorizando sua produção, o desempenho da empresa irá piorar ainda mais. De fato, o prejuízo passaria para \$1200.

Para tratar desses aspectos mais conceituais entre o chamado “mundo dos custos”, usualmente considerado como a referência para o processo de tomada

de decisões nas empresas, assim como daqueles relacionados ao “mundo do ganho”, propostos anteriormente, serão revistos alguns princípios do processo de raciocínio da TOC.

#### **4.4. OS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TOC**

A importância dos Processos de Raciocínio está no fato de que estes fundamentam a TOC. O processo de tomada de decisões de cinco passos já apresentado, é bastante útil quando se está tratando de restrições físicas. No entanto, como discutido no início deste capítulo, as verdadeiras restrições de uma empresa são, na maioria das vezes, restrições não-físicas, como políticas errôneas, por exemplo, as quais nem sempre resultam em restrições físicas (Goldratt,1991). Para que tais situações possam ser tratadas, definiu-se um conjunto de ferramentas que incorporam o que é chamado de Processos de Raciocínio (PcR) da TOC.

Fundamentalmente, deve-se buscar responder às seguintes questões gerenciais básicas: “O que mudar?”, “Para o que mudar?” e “Como motivar as organizações a mudar ?” (GOLDRATT & COX, 1986; SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002; RAHMAN, 2002).

O primeiro dos processos de raciocínio, o qual tem como objetivo responder a questão “O que mudar?”, é chamado de Árvore da Realidade Atual (ARA) e possui como pressupostos as seguintes hipóteses básicas (GOLDRATT & COX, 1986; SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002):

- um problema ou “efeito indesejável” (EI) é normalmente um efeito resultante de uma causa raiz (ou sintoma). Assim, um princípio da TOC é que entre os problemas empresariais existe uma relação de dependência e que há, portanto, uma relação causa-efeito entre eles (SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002);

- qualquer processo de resolução eficaz de problemas deve encontrar os poucos elementos que são os responsáveis pela grande maioria dos problemas do dia-a-dia das organizações (SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002).

A ARA incita a diagnosticar, portanto, as causas ou os problemas-raiz por meio das relações entre causa e efeito que interligam os principais efeitos indesejáveis tratados. Segundo a TOC, é sempre possível construir-se uma ARA onde uma entrada leva à existência de um grande número dos efeitos indesejáveis (Figura 9). Tal entrada constitui-se no problema-raiz ou restrição do sistema, nas quais os esforços para a melhoria da organização devem estar focados (SOUZA, 1997; COX III & SPENCER, 2002).

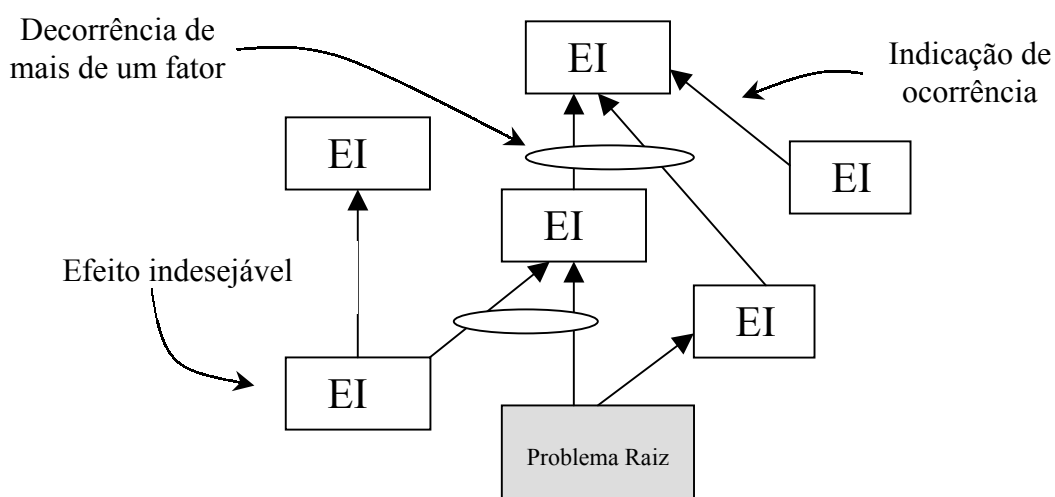


FIGURA 9 – ESQUEMA DE UMA ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL

FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (1997)

Elevar-se uma restrição não-física, por sua vez, não mais faz sentido na busca pela melhoria contínua como no caso de restrições físicas, mas sim, a substituição de uma regra imprópria por outra mais adequada. Isso implica na utilização de outras duas ferramentas: o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e a Árvore da Realidade Futura (ARF), que pretendem responder à segunda questão, “para o que mudar ?” (SOUZA, 1997).

Em uma empresa, os conflitos de interesses internos podem perpetuar a existência de um problema-raiz conhecido, fazendo com que este permaneça aparentemente insolúvel. O DDN pode ser aplicado em tais situações, nas quais os conflitos não permitem a obtenção de uma solução. A idéia por detrás do DDN é, de fato, eliminar-se um determinado problema pela mudança da realidade e não pela simples realização de concessões às partes conflitantes, como é feito usualmente na solução de problemas do cotidiano (SOUZA, 1997).

Por meio do DDN, os pressupostos que geram os conflitos são então verbalizados de forma que esses conflitos possam ser eliminados a partir do desafio aos pressupostos implícitos que o sustentam. Isso pode ser realizado eliminando-se ao menos uma das razões para a existência do conflito. A solução de um conflito é o oposto do problema-raiz encontrado e “se dispersa a nuvem” causadora do conflito pela introdução (injeção) de novas idéias na nuvem, que possibilitem destruir a validade das relações estabelecidas no diagrama, conforme a Figura 10 (SOUZA, 1997).

Supondo-se então que uma injeção realmente exista, são construídos relacionamentos de causa-efeito para que os seus possíveis desdobramentos futuros sejam identificados. Da mesma forma, deve-se garantir que todos os demais efeitos desejados (ED), os quais são os opostos dos efeitos indesejáveis identificados pela ARA, sejam alcançados pela introdução das injeções faltantes, o que inclui a introdução de injeções adicionais para impedir que novos efeitos indesejáveis venham a surgir (SOUZA, 1997). Tal procedimento pode ser representado pela Árvore da Realidade Futura como mostra a Figura 11.



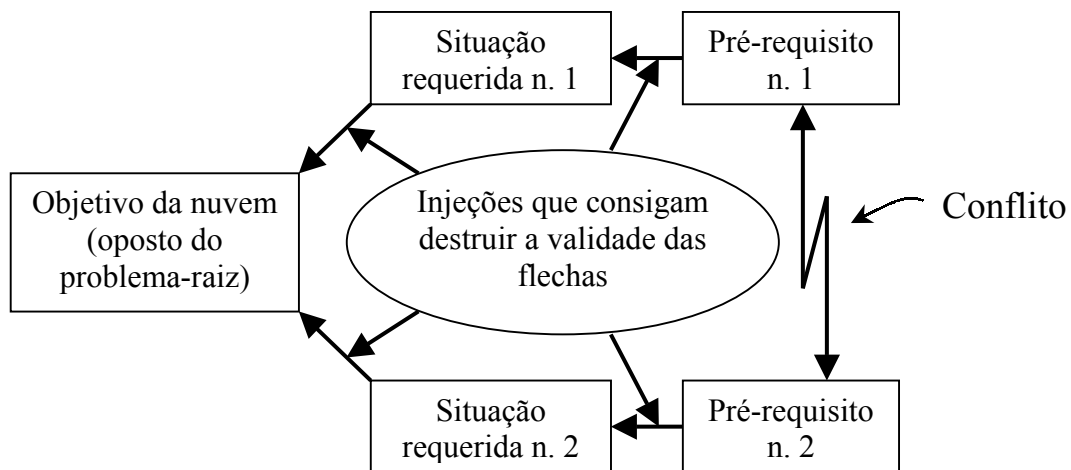


FIGURA 10– DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM

FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (1997)

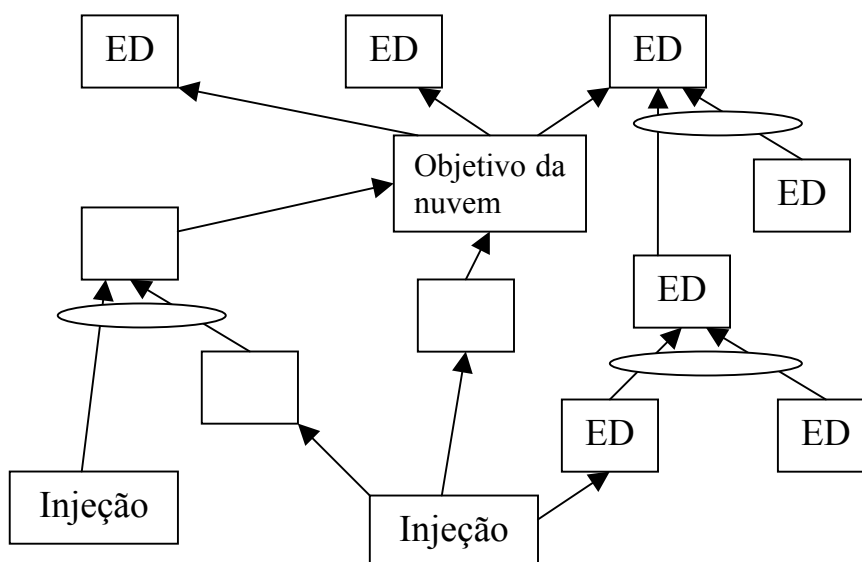
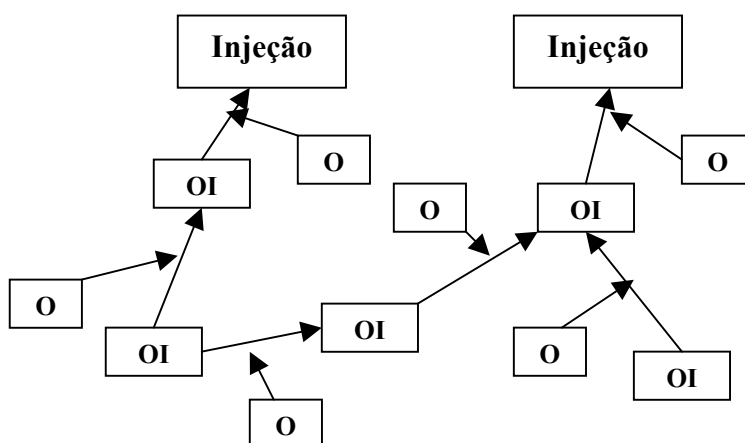


FIGURA 11 – ÁRVORE DA REALIDADE FUTURA

FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (1997)

Entretanto, para que se possa realizar a transição para uma nova realidade, na qual uma restrição política deixe de existir, são utilizadas mais duas

ferramentas relativas ao Pcr: a Árvore de Pré-Requisitos (APR) e a Árvore de Transição (AT), as quais visam responder a questão “Como motivar as organizações a mudar?”. Assim, em muitos casos é necessário que se faça uma subdivisão dos objetivos principais, de forma a resolver-se primeiramente os obstáculos menores que provocam uma dependência cronológica para o alcance dos objetivos intermediários (OI) possam ser atingidos de forma lógica. A ferramenta utilizada para tal é a APR, sendo que esta auxilia, na fase de planejamento de implantação das injeções que serão introduzidas, em um nível mais macroscópico. O nível mais microscópico de detalhamento de como as injeções serão implementadas na empresa, por sua vez, se dá a partir da Árvore de Transição (AT). Os diagramas genéricos dessas duas ferramentas são mostrados respectivamente nas figuras 12 e 13.



*FIGURA 12 – ÁRVORE DE PRÉ-REQUISITOS*

*FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (1997)*

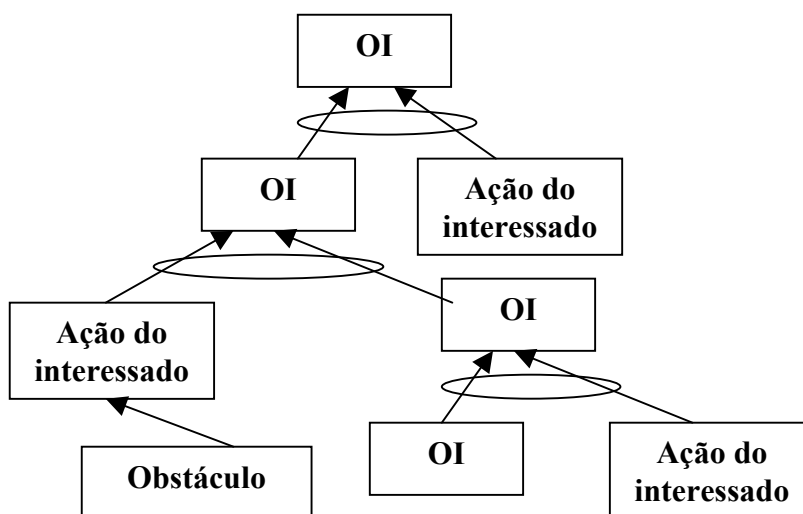


FIGURA 13 – ÁRVORE DE TRANSIÇÃO

FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (1997)

Como será visto, muitos dos processos desenvolvidos pela TOC estão baseados nos PcR. Nesse sentido, uma dos principais conceitos da TOC é o de “mundo do ganho”, que será apresentado na seqüência.

#### 4.4.1. “MUNDO DOS CUSTOS” VERSUS “MUNDO DO GANHO”

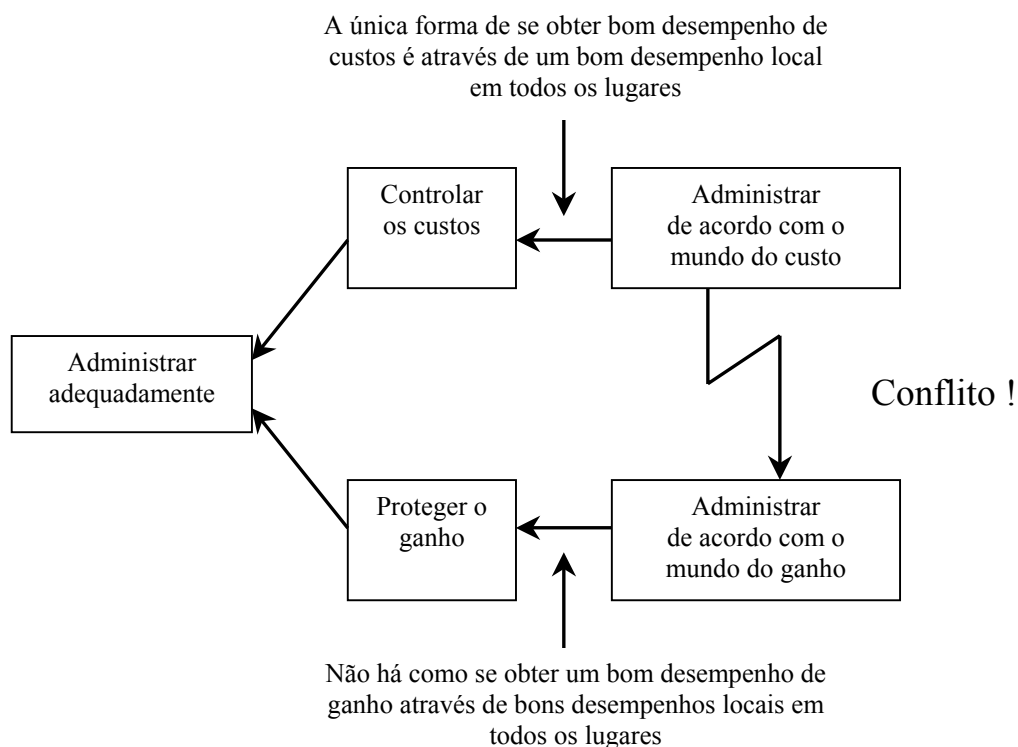
De acordo com a TOC, existem duas situações controversas na administração de qualquer negócio: o controle de custos e a proteção de ganhos. A TOC designa essas duas condições, respectivamente, de “mundo dos custos” e de “mundo do ganho”. Neste particular, pode-se utilizar o diagrama de dispersão de nuvem, já apresentado, para resolver-se o dilema, como será explicado.

Essas situações podem ser apresentadas na forma de um conflito que, se tratado como parte do processo de raciocínio, resulta na eliminação deste pela identificação de suposições incorretas (GOLDRATT, 1991), o que será melhor explicado neste particular, pois representam para a TOC e, principalmente neste trabalho, um paradigma importante nos processos decisórios gerenciais.

No “mundo dos custos”, cujo enfoque é usual (largamente aplicado), considera-se que todos os locais em uma empresa podem ser possíveis saídas de

dinheiro. Administrar-se de acordo com o “mundo dos custos”, então, significa ter-se uma preocupação gerencial com a constante redução de gastos que ocorrem em todos os locais. Esse fato está diretamente relacionado a uma abordagem analítica de pensamento, na qual cada parte do todo é considerada independente das demais, acreditando-se que, a soma dos bons desempenhos na redução de custos de cada parte de uma empresa trará como consequência, um bom desempenho na redução de custos para esta como um todo. Por outro lado, no “mundo do ganho”, defendido pela TOC, a abordagem é sistêmica e conflitante com a anterior. O pressuposto do “Mundo do Ganho” considera que a empresa tal qual um sistema terá seu desempenho equivalente ao desempenho das poucas restrições presentes em seu processo de obtenção de lucros, por considerar que estas afetam as interações e interdependência entre as funções das suas partes constituintes (recursos) e o todo (empresa). Nesse caso, o bom desempenho de cada recurso individualmente não garantirá o bom desempenho da empresa como um todo. Convém ainda ressaltar que, na procura pelo bom desempenho de todas as partes, uma elevação da eficiência /capacidade de um recurso que não seja o recurso restritivo, resultará em um aumento de estoques desnecessário e, conseqüentemente, em um aumento de custos, sem que haja necessariamente, um impacto positivo nos ganhos da empresa.

Para a TOC, o verdadeiro problema enfrentado pelas empresas está no fato de que estas acreditam que, para ter bom desempenho nos seus custos, estas devem ter máximas eficiências em todos os lugares (GOLDRATT, 1998).



*FIGURA 14 – PROTEÇÃO DO GANHO X REDUÇÃO DOS CUSTOS*

*FONTE: ADAPTADO DE GOLDRATT (1998)*

O próprio argumento subjacente ao “mundo do ganho” identifica o pressuposto falso que fundamenta o “mundo do custo”, ou seja, de acordo com a TOC, a única maneira de se aumentar o ganho e reduzir os custos em sistemas, estaria na aplicação dos cinco passos apresentados. Assim, o único lugar onde se deve buscar otimizações locais é na restrição (passo 2, explorar a restrição). O desempenho dos demais recursos fica então, vinculado à exploração da restrição (passo 3, subordinar o resto do sistema ao passo 2), e não segundo as suas próprias capacidades (GOLDRATT, 1998).

No próximo Capítulo, tais considerações e revisões serão expandidas e utilizadas no âmbito da cadeia de suprimentos. Serão abordados alguns conceitos da distribuição física sob a óptica da TOC. Da mesma forma, a cadeia de suprimentos, considerada por Pires (1998) como uma virtual unidade

de negócios, poderá ser revista conceitualmente como um sistema, no qual pode-se aplicar o método TPC. Assim, será possível também vislumbrar a programação de produção, não somente para as unidades de negócios isoladamente, mas para a cadeia como um todo.

## **5. A LOGÍSTICA FOCADA NA TOC E O MÉTODO TPC APLICADO À CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Algumas questões relacionadas aos processos de distribuição (*outbound*) na cadeia de suprimentos são aqui discutidas conceitualmente. Certas considerações sobre a logística de distribuição, segundo a TOC, conservam muita semelhança com o conhecido método de reposição periódica, com a diferença de que não são utilizados os conceitos de lote econômico usuais da literatura. Outros aspectos, como a centralização dos estoques, o compartilhamento de riscos, a segmentação de mercado e o reabastecimento colaborativo na cadeia, são ainda considerados como fatores essenciais para a SCM no contexto apresentado.

Além disso, considerando-se a cadeia de suprimentos como uma extensão do sistema logístico para uma unidade de negócios, será apresentada uma aplicação do método TPC à gestão da cadeia, utilizando-se dos mesmos princípios já discutidos no Capítulo 4.

Do ponto de vista gerencial, a TOC aplicada à SCM poderia constituir-se em um fator de estímulo à colaboração e, em diversos aspectos, para a formação de uma virtual unidade de negócios, que é um dos principais objetivos da gestão da cadeia de suprimentos.

### **5.1. A LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO FUNDAMENTADA NA TOC**

De acordo com Goldratt (2004), o problema da distribuição pode ser representado por um dilema (Figura 15). Assim, para proteger as vendas no sistema de distribuição é suposto que sejam mantidos altos inventários. Há então, três pré-supostos que sustentam esta relação: os tempos de reabastecimento são longos, os fornecedores não são confiáveis e as previsões de vendas são imprecisas. Assim, deve-se reduzir consideravelmente o tempo de reabastecimento, assim como elevar a

confiabilidade nos fornecedores e encontrar um mecanismo que eleve a confiabilidade das previsões (GOLDRATT, 2004).

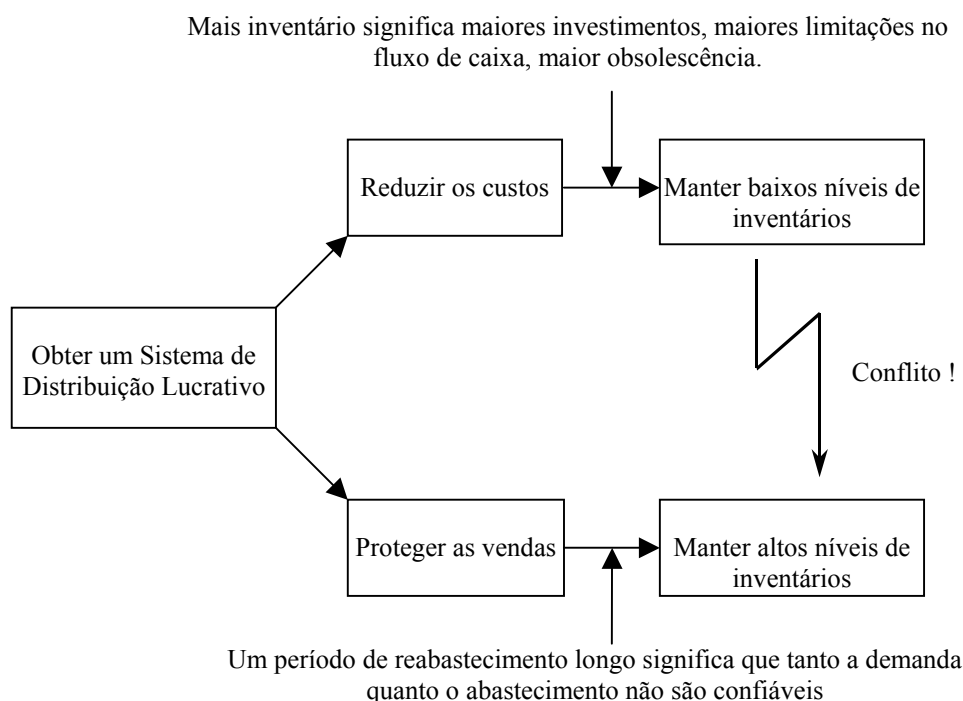


FIGURA 15 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A DISTRIBUIÇÃO

FONTE: ADAPTADO DE GOLDRATT (2004)

Dentre os fatores mencionados, o autor considera o *lead time* de reabastecimento (LTR) um dos fatores mais relevantes na tomada de decisão no processo de distribuição. Assim, a princípio, o ponto de venda (PDV) deve solicitar um nível de inventário de acordo com o consumo dentro do período de reabastecimento. Para tanto, deve-se considerar todo o inventário no sistema, ou seja, tanto o estoque nos PDV quanto o que está em trânsito na rede de distribuição (GOLDRATT, 2004).

Nessa mesma linha, Ptak & Schragenheim (2004) complementam mencionando que o consumo médio, a variabilidade do consumo, o tempo de reabastecimento e a variabilidade no tempo de reabastecimento são parâmetros importantes que têm impacto nas decisões sobre a distribuição.



Ainda com relação ao *lead time* de reabastecimento, este pode ser considerado como a soma dos elementos que o compõem e compreendem (GOLDRATT, 2004; PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004):

- *Lead times* dos pedidos (*order lead time*): corresponde ao período de tempo para que um pedido seja colocado. Em outras palavras, o *lead time* dos pedidos corresponde ao intervalo de tempo entre pedidos de reabastecimento (IP).

Outros dois fatores do LTR estão relacionados ao tempo de suprimento propriamente dito (*lead time* de suprimento – LTS - ou *supply lead time*), os quais se dividem em:

- *lead time* de produção: corresponde ao período de tempo necessário para que um pedido seja processado, mais o tempo de fila para produção, mais o tempo de produção propriamente dito;
- *lead time* de transporte: é o tempo necessário para transferir os bens da fábrica para o ponto de venda.

Assim,  $LTR = LTS + IP$ .

O autor afirma então que, quanto maior a frequência pedido/entrega (menor é o *lead time* do pedido ou o IP), menores são os *lead times* de reabastecimento do sistema. Por exemplo, ao invés de um determinado varejista realizar um único pedido de 16 unidades uma vez ao mês, este poderia realizar pedidos semanais de quatro unidades cada um (GOLDRATT, 2004).

O autor comenta que a subdivisão do LTR em *lead time* do pedido e *lead time* de suprimento ajuda a compreender o perfil de estoques ao longo dos canais de distribuição (GOLDRATT, 2004).

Assim, o nível de inventário em trânsito seria determinado pelo consumo previsto dentro do *lead time* de suprimento. Se o *lead time* de suprimento é de um mês, os estoques em trânsito corresponderiam também a um mês.

O nível de inventário no PDV, por sua vez, é determinado pelo consumo previsto dentro do *lead time* do pedido (subtraindo-se o estoque em trânsito) que, poderia variar por exemplo, de 0 a 16 unidades, para o caso de um único pedido mensal, ou de 0 a 4 unidades realizando-se pedidos semanais (GOLDRATT, 2004).

Cabe dizer que os conceitos até aqui apresentados não se diferenciam dos convencionalmente encontrados na literatura a respeito de modelos de gestão de estoques. O que muda, até o momento, é a forte ênfase na importância do *lead time* de reabastecimento e na busca por formas de reduzir esse *lead time*. Outro ponto de destaque, e que pode trazer confusão aos leitores, está na definição do *lead time* de reabastecimento que trata, em único termo, o intervalo entre pedidos (IP) e o tempo de suprimento (LTS). A literatura muitas vezes trata esses componentes separadamente.

Após definidas algumas terminologias, Goldratt (2004) discute os critérios para dimensionamento dos estoques entre elos de uma rede de distribuição. Segundo o autor, o dimensionamento deve considerar três aspectos básicos:

- consumo ou demanda dentro do LTR;
- a própria duração do LTR;
- variabilidades da demanda e dos fatores componentes do LTR dentro do intervalo correspondente ao LTR.

Dessa forma, aumentos na taxa de consumo, no LTR ou nas variabilidades do sistema elevam os níveis de estoques a serem mantidos.

Então, ao se considerar as variações no consumo ou no *lead time* de reabastecimento, o nível de inventário a ser mantido deve ser aquele previsto de acordo com o consumo máximo dentro do *lead time* de reabastecimento, multiplicado por um fator de segurança que reflita o nível de incerteza considerado.

Ainda de acordo com o exemplo citado, vale lembrar que tanto a opção de um único suprimento mensal de 16 unidades, quanto a opção de reabastecimentos semanais de 4 unidades, vão possibilitar o atendimento à demanda total mensal de 16 unidades no PDV. No entanto, o impacto resultante de cada uma dessas situações é bem distinto. Primeiro, a acuidade nas previsões decai à medida em que o período de tempo se eleva. Isso quer dizer que quanto mais longo é o LTR, mais elevada é a variabilidade no consumo. Da mesma forma, em muitos ambientes, quanto mais longo é o *lead time* de reabastecimento, maior é a variabilidade presente no próprio LTR (GOLDRATT, 2004).

Esses últimos comentários ajudam a entender a importância que se deve dar à redução do LTR. Além de um impacto direto, a redução do LTR permite também um impacto indireto na redução dos estoques. O impacto indireto deve-se ao fato de que, quanto menor o LTR, menos sujeito será o sistema a imprevisibilidade da demanda e do próprio LTR. Assim, uma redução de, por exemplo, 50% no LTR, deve proporcionar uma redução de mais que 50% no nível total de estoque.

Os elementos já mencionados, que comprometem o *lead time* de reabastecimento, estão, por sua vez, relacionados à questão dos lotes econômicos, já abordada no Capítulo 4. O conceito de lote econômico pode contribuir com aumento do *lead time* de reabastecimento ao afetar cada um dos três componentes do LTR comentados (GOLDRATT, 2004):

1. *Lead time* dos pedidos ou intervalo entre pedidos (IP): como o IP é convencionalmente calculado como o lote econômico do item dividido pela demanda média desse mesmo item, quanto maior o lote econômico, maior o IP. Como os lotes econômicos tendem a ser grandes devido aos descontos conseguidos na compra de grandes quantidades e ainda devido ao conceito de custo de pedido (o qual, mesmo que seja fixo na sua maior parte, é muitas vezes visto como custo variável nos cálculos de lotes econômicos), então os IPs tendem a ser igualmente grandes (GOLDRATT, 2004). Ptak & Schragenheim (2004) enfatizam ainda que a conectividade e a facilidade de comunicação via sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) possibilitam

conhecer as necessidades diárias de materiais de cada empresa na cadeia, o que auxilia na redução do efeito chicote e na significativa redução das quantidades pedidas e nos IPs.

2. *Lead time* de Produção: altos volumes contratados (devido aos grandes lotes econômicos de reabastecimento) ocasionam altos *lead times* de produção, uma vez que maior tempo de processamento e fila serão necessários. Ainda que a quantidade encomendada não seja suficientemente grande sob o ponto de vista da produção, decisões fundamentadas em medidas locais de produtividade e eficiência de recursos (já comentadas anteriormente neste trabalho) irão garantir longos *lead times* de produção (GOLDRATT, 2004).

3. *Lead time* de transporte: longos *lead times* de transporte surgem da espera ocasionada pela necessidade de se atender aos requisitos de transporte com carga “cheia” (GOLDRATT, 2004). É importante notar que, o fato de se trabalhar com cargas cheias não necessariamente faz sentido sob o ponto de vista de todo o sistema. Nesse sentido, Ptak & Schragenheim (2004) questionam a necessidade de lotes fixos de embarque e enfatizam que a flexibilização nos tamanhos dos lotes de transporte para cada produto representa um baixo preço a pagar por uma significativa redução nos estoques e um aumento nos níveis de serviço em toda a rede.

Portanto, ao se permitir longos *lead times* de reabastecimento, o nível de inventário no sistema de distribuição é conseqüentemente elevado. Daí, quanto maior o nível de inventário no sistema, mais lentamente ele reagirá às alterações da demanda real, perdendo em flexibilidade, assim como o sistema terá o seu desempenho mais dependente de uma elevada precisão das previsões da demanda (GOLDRATT, 2004).

Goldratt (2004) contribui para o problema da distribuição sugerindo que seja mantido um *lead time* de reabastecimento razoavelmente pequeno. A eliminação de medidas de desempenho com base em otimizações locais, como o conceito de lote econômico, seria um primeiro passo para possibilitar reduções nos fatores componentes do LTR e, conseqüentemente, do próprio

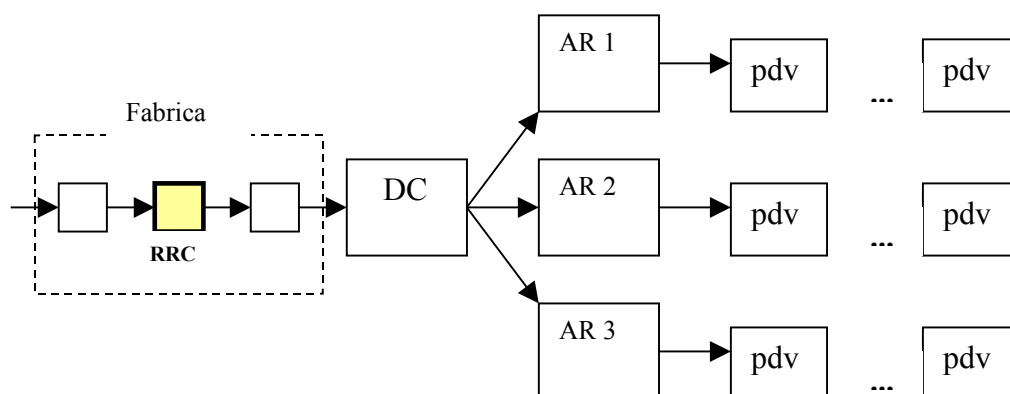
LTR. Devido aos impactos diretos e indiretos nos níveis de estoque advindos dessa redução, isso possibilitaria uma diminuição na variabilidade do sistema de distribuição, tanto em relação às previsões da demanda quanto em relação às próprias variações no *lead time* de reabastecimento. Haveria, dessa maneira, uma conseqüente redução no *lead time* global do sistema de distribuição em termos dos estoques médios de reabastecimento e de segurança.

Umble & Umble (2002) apresentam um modelo de distribuição nessa mesma linha. O modelo é representado por um depósito central (DC), localizado na fábrica, que abastece armazéns regionais (ARs), os quais, por sua vez, abastecem os pontos-de-venda (PDVs). A Figura 16 a seguir ilustra a relação entre a fábrica e o DC, seus ARs e os PDVs.

Uma questão essencial a ser ressaltada é que o modelo TOC para distribuição sugerido por Umble & Umble (2002) difere, conceitualmente, dos modelos de distribuição convencionais pelo fato de não considerar, em seus cálculos, os conceitos usuais de lotes econômicos, sejam estes de compra ou de produção.

As tomadas de decisão sobre distribuição, nesse sentido, devem ser realizadas considerando-se o menor intervalo entre pedidos (IP) possível na rede de distribuição estudada. Para tal, nos critérios para a tomada de decisões sobre o dimensionamento do IP deverão utilizados os indicadores G, I e DO em (apresentados no capítulo 4) em conjunto, visando sempre a maximização do desempenho do sistema.

Como pequenos IPs são vistos como potenciais catalisadores para o aumento do ganho (ao proporcionar mais flexibilidade ao sistema e garantir uma menor vulnerabilidade às variações na demanda), geradores de menores inventários e, ainda, que muitas despesas comumente vistas como variáveis são tidas como fixas pela TOC, então há uma tendência da abordagem TOC sugerir IPs significativamente menores que aqueles obtidos pelo usual conceito de lote econômico.



*FIGURA 16 - MODELO DE DISTRIBUIÇÃO CENTRALIZADO COM BASE NA TOC*

Na rede hipotética considerada (Figura 16), a análise e cálculo do IP devem ocorrer tanto entre a fábrica e o DC quanto para a distribuição entre o DC e os ARs e destes em relação aos PDVs.

A forma sugerida pelos autores, utilizando-se da abordagem TOC, sugere que, uma vez identificado o IP que maximiza a relação G, I e DO do sistema, os estoques a serem mantidos em cada elo da rede de distribuição (DC, ARs e PDVs) devam ser suficientes para se garantir um fluxo contínuo de material durante cada IP.

Dessa forma, a abordagem TOC sugere um modelo similar ao conceito de reposição periódica (reposição a cada IP), com estoques máximos ( $E_{max}$ ) dimensionados segundo a seguinte fórmula:

$$E_{max} = [(LTS + IP) \times D] \times FS$$

Sendo que:

$E_{max}$  = estoque a ser mantido em um determinado elo do sistema de distribuição;

IP = intervalo entre pedidos;

LTS = *lead time* de suprimento do elo em questão;

D = demanda média relativa àquele elo;

FS = fator de segurança relativo ao nível de serviço desejado.

Vale notar que a fórmula é, essencialmente, a mesma sugerida por Goldratt (2004), com o LTR dividido em IP e LTS. Dessa forma, ao dimensionar os estoques no DC, nos ARs e nos PDVs, de acordo com a fórmula anterior, serão mantidos estoques suficientes apenas para suprir as demandas reais ocorridas durante cada IP. O reabastecimento passa a ser, efetivamente, puxado de acordo com o consumo nos PDVs.

O único estoque remanescente refere-se àquele resultante da aplicação do fator de segurança (FS). No entanto, cabe registrar que os mecanismos apontados para redução do LTS e do IP permitem que se aproxime de uma reposição contínua ou diária, reduzindo as imprevisibilidades e, conseqüentemente, o FS.

A aplicação dessa abordagem, no entanto, pode trazer dúvidas quanto à forma de calcular o IP e o LTS entre a fábrica e o DC.

De acordo com Umble & Umble (2002), toda a necessidade de reabastecimento no DC deve estar relacionada ao tamanho do lote de fabricação no RRC e à sua conseqüente exploração. Assim, entre a fábrica e o DC, e partindo-se do pressuposto que toda a cadeia está sendo gerenciada segundo a lógica Tambor-Pulmão-Corda (no final deste capítulo este ponto será mais bem discutido), o cálculo do LTS deve corresponder ao *lead time* de produção do RRC até a expedição da fábrica, o qual, por sua vez, é exatamente o pulmão de mercado da fábrica. O IP da fábrica ao DC deve envolver o tempo médio que um determinado lote fabricado voltará a ser manufaturado pelo RRC. Esse tempo é definido por Umble & Umble (2002) como tempo de ciclo da fábrica.

O seguinte exemplo numérico, adaptado de Umble & Umble (2002), pode ser descrito para quantificar-se o tempo de ciclo da fábrica. Considera-se uma única linha de produção que manufatura 6 tipos de produtos, e esta opera 24 horas/dia, 7 dias por semana. A linha de produção pode produzir um único produto por vez e o tempo de *set up* entre produtos é de 24 horas. A capacidade produtiva da fábrica para qualquer um dos produtos é de 6 unidades/hora. O armazém central da fábrica transfere continuamente produtos para os armazéns regionais. As cargas de caminhões podem ser compostas por quaisquer *mix* de produtos. Considera-se ainda uma demanda média de 120 unidades de cada um dos 6 produtos por semana. Os PDVs requisitam produtos de acordo com uma política de inventário mínimo-máximo.

Para um *mix* de 6 produtos e uma demanda semanal de 120 unidades de cada produto, é calculada uma necessidade de produção total de 720 unidades por semana. Tendo a fábrica uma restrição de capacidade a 6 unidades/hora, seriam necessárias 120 horas de produção para atender à demanda de 720 unidades por semana, mais 2 *setups*, cada qual com duração de 24 horas, o que resulta em um total de 168 horas disponíveis (ou uma semana) para produção de 2 dos 6 produtos na fábrica.

Dessa forma, para se produzir os 6 produtos requisitados, seriam necessários 6 *setups*, o que irá requerer um total de 3 semanas (ou aproximadamente 15 dias) para produzir todos os 6 produtos. Assim, em 3 semanas seria possível produzir 360 unidades. Acrescentando-se 2 semanas (240 unidades) como segurança, haveria portanto, um máximo de 5 semanas de estoque no depósito central (DC), por exemplo.

Logo, o estoque máximo no DC deve ser igual ao *lead time* de produção (igual ao pulmão de mercado e não tratado no exemplo) mais o tempo de ciclo da fábrica (3 semanas), ambos multiplicados pela demanda média. Como no caso anterior, deve-se considerar ainda um fator de segurança em função da variabilidade da demanda de acordo com o nível de serviço exigido.



Ptak & Schragenheim (2004) complementarmente, sugerem para o processo distribuição:

- posicionar os inventários onde a variabilidade da demanda é menor (este aspecto será melhor explorado no item 5.2.1);
- reduzir significativamente o LTR;
- identificar rapidamente as tendências da demanda e atualizar os pulmões de forma dinâmica.

Após discutir a forma como os estoques são dimensionados na cadeia, é apresentada a seguir a visão da TOC sobre a gestão do que é considerado por esta como os pulmões de estoques na rede de distribuição.

#### **5.1.1. A GESTÃO DOS ESTOQUES NA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Como pôde ser observado no tópico anterior, não é esperado que o nível de estoque físico presente em cada uma das localidades (PDVs, ARs e DC) na rede de distribuição esteja em seu máximo de acordo com a TOC. Assim, não é necessário saber quanto estoque físico é preciso para o consumo imediato, mas quanto estoque deverá estar presente simultaneamente nos pontos de consumo e nos canais de distribuição (PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004).

A Figura 17 esboça a forma como a TOC administra os estoques. Esta representa os estoques nos canais de distribuição, suficientes para reabastecer o que foi vendido em cada localidade, de forma que isso ocorra dentro do LTR corresponde a cada localidade. No lado direito da figura é ilustrado o pulmão de estoque físico ou pilha, como é algumas vezes chamado, dividido em três terços. Como já explicado em tópico referente à gestão do pulmão, o estoque em cada ponto de consumo deve oscilar entre um terço e dois terços do nível máximo de estoque (Emax) dimensionado para cada *site*. Isso deve ocorrer de forma que o estoque faltante para completar o nível máximo já esteja presente no canal de distribuição, como ilustrado (PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004).

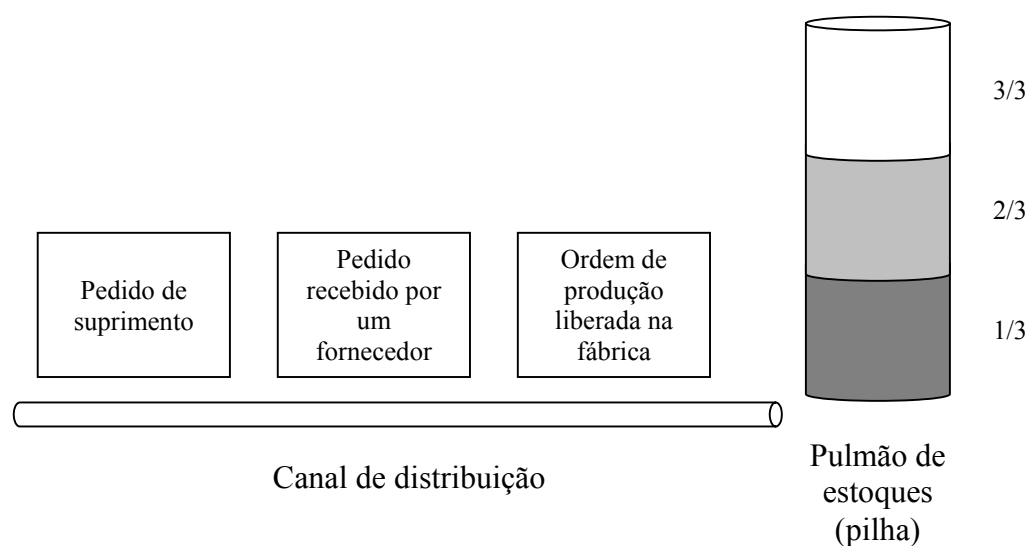


FIGURA 17 – A ESTRUTURA DO PULMÃO DE ESTOQUES DE ACORDO COM A TOC

FONTE: ADAPTADO DE PTAK E SCHRAGENHEIM, 2004.

Nas práticas usuais, são mantidos determinados níveis de inventários a partir das previsões de vendas, o que não elimina as outras variáveis envolvidas na gestão dos estoques. A TOC considera, além da variabilidade no consumo, o LTR, o consumo médio dentro do LTR e a variabilidade no próprio LTR como discutido anteriormente. Esses quatro fatores, conjuntamente com o monitoramento do consumo do estoque, proporcionam a redução no inventário ao mesmo tempo em que nível de serviço ao cliente é elevado (PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004).

O princípio de funcionamento das pilhas é similar ao conceito de “supermercado” de peças em um ambiente *Make-To-Stock* (MTS), com as diferenças já discutidas em relação à gestão de estoques convencional. As pilhas são mantidas nos *sites* da rede de distribuição (DC, ARs e PDVs) e onde a lógica de reposição no sistema seja MTS.

Quanto ao monitoramento da pilha ou pulmão de estoques, considera-se a mesma divisão conceitual em três terços, que é aplicada ao pulmão de tempo (*time buffer*) do TPC. Quando a pilha está preenchida até o terceiro terço, não

há necessidade de nenhuma urgência ou apressamento de material. Quando o nível de estoque de um determinado produto está a dois terços, há alguma prioridade em trazer os estoques que estão em trânsito. Se o nível de estoques para um produto estiver em um terço, este estoque deve ser expedido com urgência para que não se corra o risco de haver *stock-out* (PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004).

Supondo-se, por exemplo, uma situação na qual o nível de reabastecimento (E<sub>max</sub>) seja de 120 unidades e o estoque remanescente seja de 70 unidades, o *status* do pulmão seria  $100 \times [(120 - 70)/120] = 41,66\%$ , que representa um preenchimento na faixa de dois terços do pulmão de estoques, ou seja, o nível da pilha está dentro da faixa planejada. Se este nível, por outro lado, estiver acima de 66% para um determinado produto, isso indica que há menos de um terço de pulmão em estoque, correndo-se o risco de desabastecimento.

Além dos aspectos apresentados, há outros elementos sugeridos pela abordagem proposta pela TOC que podem elevar o desempenho dos sistemas de distribuição, tanto sob o ponto de vista da logística integrada quanto sob o ponto de vista mais abrangente da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

## **5.2. ELEVANDO A SINERGIA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO NA CADEIA**

Além de algumas das práticas da SCM mencionadas no capítulo 3, as quais englobam os processos logísticos relacionados à cadeia, há outros aspectos que podem ser considerados para se produzir ganhos na relação fornecedor-varejista. Entre estes, segundo Simatupang *et al.* (2004) e Simchi-Levi *et al.* (2000), destaca-se a centralização dos estoques e o compartilhamento de riscos (*risk pooling*), a manufatura postergada e a segmentação de mercado. A seguir, tais conceitos são apresentados de forma resumida.

### 5.2.1. CENTRALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE RISCO (*RISK POOLING*)

A TOC também sugere, como forma de reduzir os níveis de estoques no sistema, melhorar a confiabilidade e elevar a flexibilidade, fazer uso de um conceito já conhecido, porém nem sempre convenientemente explorado, denominado compartilhamento de risco ou *risk pooling*.

Segundo Simchi-Levi *et al.* (2000), ao centralizar a armazenagem, podem-se obter vantagens em termos da agregação da demanda, ou seja, pode-se conseguir uma redução significativa de estoques representada pela redução nos estoques de segurança em relação à opção de armazenagem descentralizada.

Para ilustrar essa afirmação, os autores sugerem um exemplo composto por dois armazéns, sendo o primeiro na localidade 1 e o segundo na localidade 2. Esses são substituídos por um único armazém localizado entre ambos, que realizaria o processo de distribuição e que garantiria o mesmo nível de serviço do sistema anterior com dois armazéns. Devido ainda à aleatoriedade na demanda, é muito provável que um pedido acima da média em um varejista, seja compensado por um pedido abaixo da média em outro. Nesse sentido, a probabilidade deste fato ocorrer tende a aumentar com crescimento do número de varejistas na rede de distribuição (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2000).

As Tabelas abaixo mostram um histórico de vendas para um produto A e para um produto B nas duas localidades.

TABELA 6 – DADOS HISTÓRICOS DE DEMANDA PARA O PRODUTO A

Dados Históricos para o Produto A								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Localidade 1	33	45	37	38	55	30	18	58
Localidade 2	46	35	41	40	26	48	18	55
Total	79	80	78	78	81	78	36	113

FONTE: ADAPTADO DE SIMCHI-LEVI ET AL. (2000)

TABELA 7 – DADOS HISTÓRICOS DA DEMANDA PARA O PRODUTO B

Dados Históricos para o Produto B

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Localidade 1	0	2	3	0	0	1	3	0
Localidade 2	2	4	0	0	3	1	0	0
Total	2	6	3	0	3	2	3	0

FONTE: ADAPTADO DE SIMCHI-LEVI ET AL. (2000)

TABELA 8 – RESUMO COMPARATIVO : SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO CENTRALIZADO X DESCENTRALIZADO

Resumo dos dados

	Produto	Demanda Média	Desvio-Padrão para a Demanda	Coefficiente de Variação (CV)
Localidade 1	A	39,300	13,20	0,34
Localidade 1	B	1,125	1,36	1,21
Localidade 2	A	38,600	12,00	0,31
Localidade 2	B	1,250	1,58	1,26
Total	A	77,900	20,71	0,27
Total	B	2,375	1,90	0,81

FONTE: ADAPTADO DE SIMCHI-LEVI ET AL. (2000)

Como é possível observar a partir dos dados apresentados, a soma dos desvios para ambos os produtos, em cada uma das duas localidades, é maior que o desvio-padrão da soma para a demanda dos mesmos produtos, se estes estivessem em uma única localidade. O coeficiente de variação calculado é definido como a razão entre o desvio-padrão e a demanda média, o qual mostra os respectivos percentuais relativos às demandas em cada caso.

Simchi-Levi *et al.* (2000), argumentam que a centralização dos estoques reduz ambos estoques de segurança e o estoque médio no sistema. Além disso, sempre que a demanda para uma localidade estiver acima da média da demanda para outra localidade, é possível realocar os itens respectivamente, de uma localidade para a outra, o que não é possível (ou pelo menos é mais custoso) em um sistema descentralizado. Da mesma forma, quanto maior for o

coeficiente de variação (CV), maiores serão os benefícios do compartilhamento de riscos.

Pode-se dizer que o estoque médio compreende dois componentes, um relacionado à demanda média semanal e outro proporcional ao desvio-padrão da demanda semanal, sendo que este último vai influenciar diretamente o estoque de segurança. Assim, com a centralização dos estoques, a possibilidade de redução no estoque médio terá uma maior contribuição advinda do estoque de segurança, à medida em que o coeficiente de variação tornar-se menor (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2000).

De acordo com Yuan *et al.* (2003), a agregação de inventários na fábrica ou no DC possibilitariam ainda uma maior confiabilidade no processo de reabastecimento. Deve-se, portanto, manter um nível mais elevado de estoques nessas localidades, onde as previsões de vendas são mais acuradas, mantendo-se um processo de reposição a partir do DC. Nesse caso, o tempo de suprimento equivaleria somente ao tempo de transporte, já que é elevada a confiabilidade de que um determinado produto requisitado esteja no depósito central (YUAN *et al.* 2003).

### **5.2.2. MANUFATURA POSTERGADA (*POSTPONEMENT MANUFACTURING*)**

A lógica da manufatura postergada (*postponement*) consiste em postergar a configuração final de um produto até que sua real demanda seja conhecida (PIRES, 2004). De acordo com o autor, essa prática começou a ser difundida a partir de 1960 em função do conceito de “modularização” de produtos, ou seja, em função da possibilidade de que diversos produtos pudessem ser produzidos a partir de diferentes combinações de montagens (*mass customization*). Além disso, o *postponement* vai ao encontro dos conceitos contemporâneos da produção puxada.

É compreendido no âmbito da SCM, que a “customização em massa” torna-se uma realidade quando, alinhadas as diferentes competências dos parceiros da cadeia, é possível aliar-se as vantagens da produção em massa com os

diferenciais da produção artesanal, o que não poderia ser obtido individualmente em cada unidade de negócios, mantendo-se o *trade off* custo x diferencial (PIRES, 2004).

Essa visão e compreensão de que o resultado do todo é mais que a simples “soma” de suas partes, é sem dúvida pertinente ao contexto das práticas na TOC e da abordagem sistêmica. Nesse contexto, cada função empreendida pelas unidades de negócios na cadeia é essencial para a criação de novas competências (como, por exemplo, a “customização em massa”) e funções inexistentes anteriormente em cada uma das partes consideradas individualmente.

A postergação, contudo, auxilia a manter os estoques mais próximos do cliente final, o que também faz parte da abordagem TOC, diferentemente de outras abordagens nas quais estes estão presentes em todos os nós da cadeia de suprimentos.

Há três tipos distintos de postergação segundo VAN HOEK (1997), BOWERSOX & CLOSS (2001) e PIRES (2004):

- Postergação de tempo: visa atrasar a movimentação e a transformação de materiais até que o pedido de um cliente seja recebido.
- Postergação de forma: visa atrasar ao máximo a manufatura ou a configuração final do produto.
- Postergação de lugar: visa à postergação da expedição para os distribuidores mais próximos do cliente final, pelo posicionamento dos estoques nos canais de distribuição, em fábricas centralizadas, ou em centros de distribuição.

A postergação de tempo e de lugar, utilizada de forma conjunta, é chamada de postergação logística (BOWERSOX & CLOSS, 2001; PIRES, 2004).

De acordo com Pires (2004), na visão da SCM, a postergação de forma tem sido incorporada às outras duas conjuntamente, das quais deriva o conceito de

*globalsourcing*, em que as estratégias de suprimento têm sido definidas sob um enfoque global. De acordo com o autor, essa prática tem as seguintes características:

- Postergação máxima de alguns processos até que um pedido de venda seja colocado (tempo).
- Algumas especificações finais e regionais têm sido configuradas pouco antes da entrega do produto (forma).
- Quando possível, os produtos são enviados a centros de distribuição globais, podendo-se obter movimentação de carga consolidada e concentração de estoques.

Uma das vantagens do *postponement* é a possibilidade de criar-se um produto “customizado” para o cliente final, sem com isso incorrer em custos produtivos maiores.

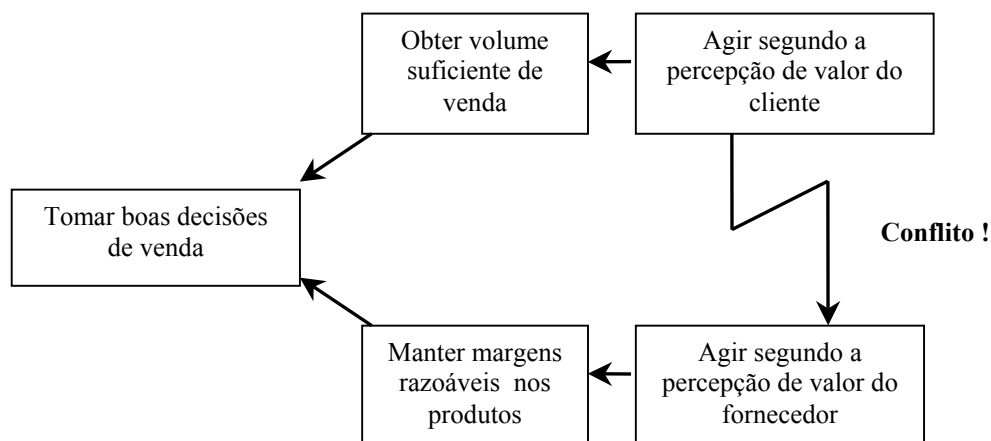
No *postponement*, há uma maior flexibilidade e a manutenção de níveis menores de estoque, pois há um menor número de componentes mais genéricos em relação ao convencional, que podem ser utilizados na composição de uma grande variedade de produtos. Além disso, em muitas situações, a previsão da demanda pode ser realizada mais facilmente no nível de componentes do que em nível de produtos finais (VAN HOEK, 1998; PIRES, 2004).

### **5.2.3. SEGMENTAÇÃO DE MERCADO**

Blackstone (2001) argumenta que há duas percepções distintas do valor do produto. A percepção do cliente e a do fabricante. A percepção do fabricante é voltada para o custo, assim, um produto deve necessariamente ter um valor suficiente para cobrir os custos de produção e ainda proporcionar o lucro desejado. A percepção do cliente, porém, baseia-se em utilidade e, nesse sentido, cada cliente terá uma percepção distinta de utilidade.



Somente aqueles potenciais clientes, cuja percepção de valor ultrapasse o preço estipulado pelo fabricante para o produto, tornar-se-ão consumidores satisfeitos (BLACKSTONE, 2001). O diagrama de dispersão de nuvem da Figura 18 exemplifica o dilema entre se obter volume suficiente de venda ou manter margens razoáveis.



*FIGURA 18 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM DE MARKETING*

*FONTE: ADAPTADO DE BLACKSTONE (2001)*

Segundo o autor, a percepção de valor do fabricante, que é freqüentemente focada em preço, é quase sempre bem maior que a percepção de valor do cliente. Uma vez que o fabricante normalmente não deseja reduzir suas margens, este deve encontrar uma forma de elevar a percepção de valor do consumidor, o que sugere a eliminação do dilema acima.

Uma árvore genérica de relacionamento causa-efeito pode ser descrita para explicar a injeção (termo freqüentemente utilizado como indicativo de solução na linguagem TOC) que resultou na solução do dilema. Como já visto no capítulo 4, a árvore da realidade atual (ARA), que é construída pela enunciação de situações indesejáveis aos clientes, visa encontrar a causa-raiz ou causas subjacentes para essas situações indesejáveis por meio de uma relação de causa-efeito. Na ARA da Figura 19, a empresa deve determinar as causas-raiz (ou as causas mais prováveis) e removê-las a partir de ações apropriadas.

Em se tratando de uma cadeia de suprimentos, o varejista pode apresentar grandes estoques de determinados itens e falta (*stock-outs*) de outros, devido aos longos *lead times* do fabricante. Mantendo os estoques centralizados na fábrica, o fabricante pode reduzir os seus *lead times* e resolver o problema dos distribuidores e varejistas.

O autor sugere, na análise da ARA, que o fabricante centralize o inventário na fábrica. Este também enfatiza que entregas mais freqüentes significam pagamentos mais freqüentes ao fabricante, o que leva a uma melhora no fluxo de caixa deste último. Na ARA abaixo, a entidade 70, que é resultante das entidades 60 e 50, indica que a empresa deve melhorar a percepção que o mercado possui de seus produtos para que a solução seja efetivamente implementada e o nível de vendas seja elevado (BLACKSTONE, 2001).

Em suma, o problema pode ser visto como uma restrição na política da empresa e as questões a serem respondidas (Capítulo 4) devem ser:

- O que mudar? (*What to change?*). O problema-raiz está relacionado ao que a empresa pode oferecer aos clientes? (BLACKSTONE, 2001).
- Para o que mudar? (*To what to change?*). Há alguma mudança simples que a empresa pode realizar, a qual traria uma vantagem competitiva significativa? Tal mudança é chamada por Goldratt de “oferta irrecusável” (*mafia offer*) (BLACKSTONE, 2001).
- Como mudar? Tal questão requer o conhecimento da construção de árvores lógicas apropriadas e de fácil leitura (BLACKSTONE, 2001).

A segmentação de mercado visa elevar a percepção do cliente em relação ao produto. Dessa forma, implementando-se, por exemplo, o método TPC para a programação da produção, pode ser possível obter-se *lead times* de produção reduzidos em relação ao que é praticado no mercado concorrente. Assim, seria possível oferecer dois tipos de serviços diferenciados, ou seja, poder-se-ia oferecer entregas com *lead times* padrão aos mesmos níveis de preço já praticados e, ao mesmo tempo, cobrar-se um preço mais elevado por um

serviço de entrega urgente, caso o cliente deseje os produtos em um tempo reduzido em relação ao serviço padrão (BLACKSTONE, 2001).

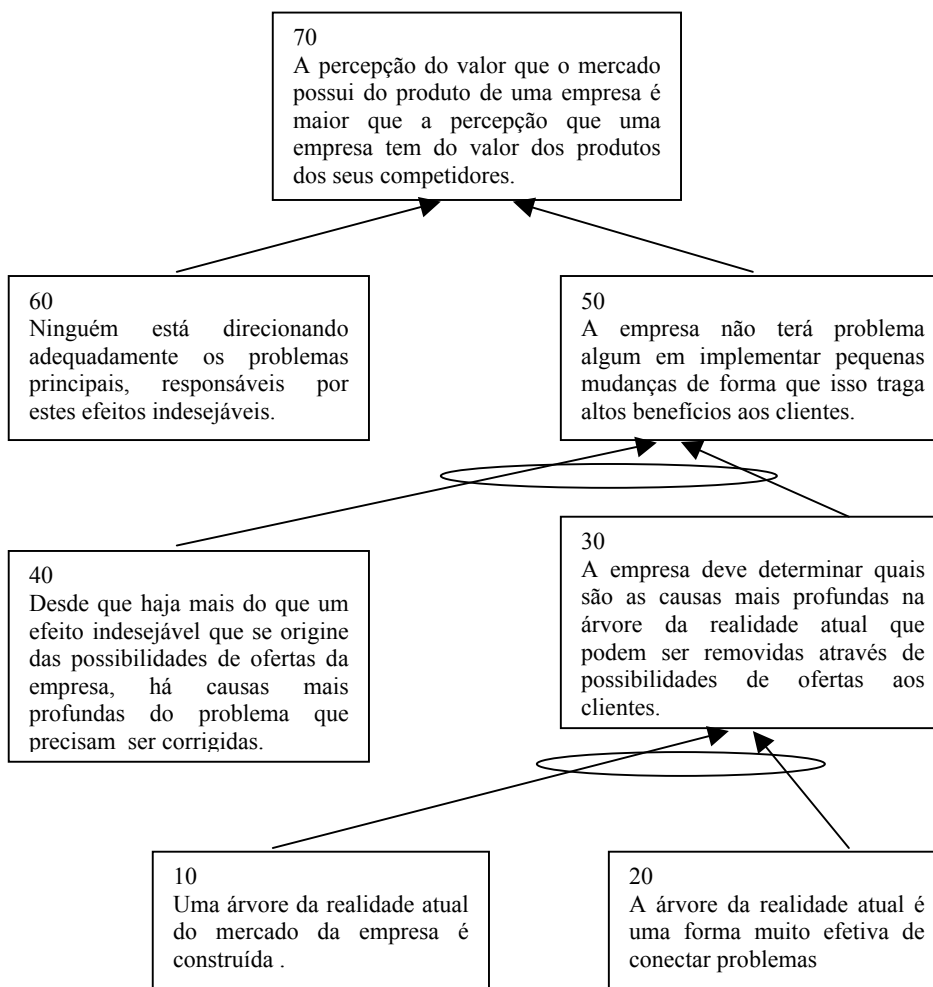


FIGURA 19 – ÁRVORE GENÉRICA DA REALIDADE FUTURA PARA MARKETING

FONTE: ADAPTADO DE BLACKSTONE (2001)

Simatupang *et al.* (2004) sintetiza as idéias até aqui apresentadas, propondo um reabastecimento puxado, com estoques centralizados e IPs reduzidos. Além disso, a centralização dos estoques e o compartilhamento de riscos podem auxiliar na sensível redução de estoques no sistema de distribuição, visto a possibilidade do aproveitamento da correlação entre demandas, assim como a redução nos estoques de segurança. Da mesma forma, a manufatura postergada pode contribuir para a redução de estoques, criando um fluxo

logístico mais flexível de materiais. A segmentação de mercado, por sua vez, torna-se viável a partir dos benefícios advindos da redução de estoques que o sistema TPC proporcionaria na manufatura, em relação aos métodos usuais, permitindo a criação de um diferencial competitivo de mercado. Tudo isso, somado às ênfases e formas sugeridas para redução do *lead time* de reabastecimento, formam uma abordagem consistente de busca pela redução dos estoques, redução dos tempos de atendimento, aumento da confiabilidade no atendimento dos prazos e aumento da flexibilidade do sistema. Essas seriam, portanto, práticas fundamentadas na TOC que poderiam contribuir para a SCM.

Na seqüência, considerando-se uma visão de negócios mais abrangente no contexto de uma cadeia de suprimentos, e não somente de uma rede de distribuição, discute-se o método TPC a ela aplicado.

### **5.3. A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E O MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA (TPC)**

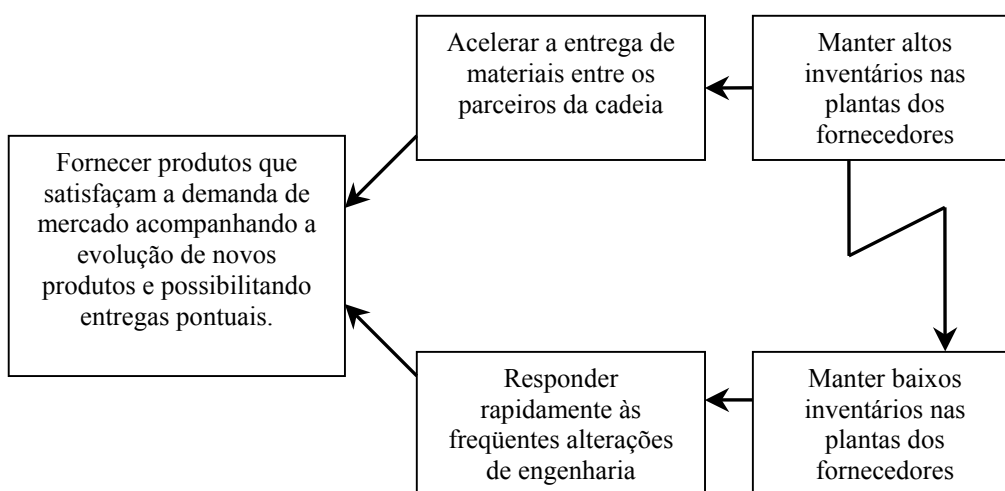
Segundo Stein (1997), para se atender às exigências dos clientes por novos produtos, os fornecedores se arriscam a manter altos níveis de inventários de materiais, que podem tornar-se obsoletos em pouco tempo.

De acordo com o autor, segundo a TOC, mesmo que clientes ou fornecedores se comprometam a assumir a compra de matérias-primas e componentes obsoletos, haveria um aumento da despesa operacional no sistema como um todo, que acabaria sendo repassado ao cliente final. Esse fato seria mais contundente ainda quando se considera a amplitude da cadeia de suprimentos envolvida (STEIN, 1997).

Nessa mesma linha, Correa (2002) enfatiza que o único membro da cadeia que a alimenta, de fato, é o cliente final. Para o autor, todos os outros parceiros são apenas repassadores de produtos e de dinheiro, no sentido em que suas relações de troca só serão efetivas quando, de fato, um determinado produto produzido pela cadeia for adquirido por um cliente final. Pode-se concluir daí

que a falta de habilidade de uma cadeia, como um todo, em gerenciar seus inventários e informações para atender ao consumidor final, causaria a perda de competitividade desta.

Stein (1997) apresenta o que seria um dilema da competitividade em uma cadeia de suprimentos (Figura 20):



*FIGURA 20 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS*

*FONTE: ADAPTADO DE STEIN (1997)*

Para assegurar que o objetivo seja mantido, e que os produtos cheguem pontualmente aos clientes, o fornecedor deve manter altos níveis de inventário na cadeia. Por outro lado, para responder rapidamente aos anseios dos clientes por novos produtos e manter um baixo nível de devoluções, os fornecedores devem manter baixos inventários, o que caracteriza uma contradição (STEIN, 1997).

Stein (1997) e Souza *et al.* (2004) argumentam que, apesar do tamanho ou complexidade de uma cadeia de suprimentos, esta continua a obedecer às leis físicas que governam quaisquer ambientes fabris, ou seja, ambientes conceituados como sistemas. Portanto, tanto grupos de empresas em uma corporação, quanto empresas individuais participantes de uma cadeia de

suprimentos, estariam sujeitas às mesmas regras que governam ambientes de manufatura.

Isso significa que os mesmos cinco passos de melhoria contínua do desempenho, definidos pela TOC para um ambiente de manufatura, poderiam ser implementados em uma cadeia de suprimentos de forma análoga. Nesse caso, as restrições primárias da cadeia poderiam ser identificadas e exploradas, enquanto outros recursos estariam a elas subordinados de forma a possibilitar a melhor exploração das restrições (STEIN, 1997).

Pérez (1997) enfatiza a mesma idéia da aplicação dos princípios da TOC na SCM:

- deve-se selecionar o local da cadeia no qual a restrição permanecerá;
- deve-se assegurar que a restrição sempre estará trabalhando no ritmo e de acordo com as prioridades da demanda do cliente final;
- todos os recursos não-restritivos deverão estar subordinados à restrição para assegurar que esta permaneça sempre no mesmo local.

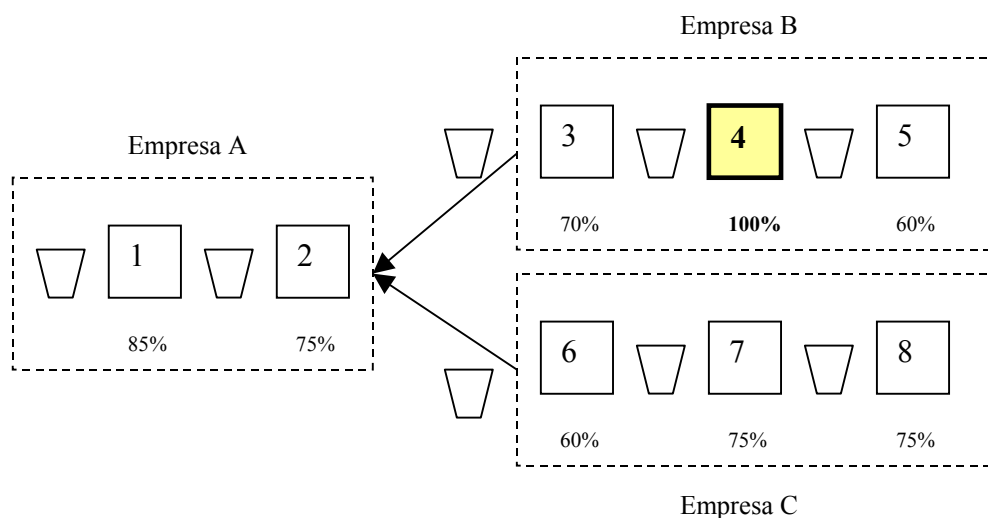
A identificação da restrição implica, primeiramente, que se reconheça quais são os elementos do sistema que mais restringem o fluxo de materiais ao longo da cadeia de suprimentos como um todo.

Para ilustrar essa situação, apresenta-se um exemplo em que uma empresa A é abastecida por duas empresas B e C. O recurso com restrição de capacidade (RRC) é o recurso 4, localizado na empresa B.

A Figura 21 ilustra a alocação usual de estoques em uma cadeia, o que significa proteger cada recurso da cadeia, independentemente deste ser restritivo ou não-restritivo. Também podem ser visualizados na Figura os cálculos de carga máquina para a identificação do recurso com restrição de capacidade - RRC (STEIN, 1997).

Caso o método TPC seja aplicado à cadeia de suprimentos, os pulmões seriam posicionados somente nos locais mais apropriados (Figura 22) e recursos seriam ativados para atender ao programa da restrição. Diferentemente de um ambiente de manufatura representado por uma unidade de negócios, os limites empresariais em uma cadeia são agora ultrapassados e o recurso restritivo, por sua vez, estará localizado dentro de uma das empresas da cadeia, enquanto que os recursos pertencentes às outras empresas estariam subordinados ao recurso restritivo (STEIN, 1997)

Neste sentido, o resultado da aplicação da abordagem TPC a uma cadeia de suprimentos seria a obtenção de um ganho mais elevado para cadeia como um todo, além da possibilidade de menores níveis de inventários em relação aos métodos usuais e, conseqüentemente em menores níveis de obsolescência de produtos. O excesso de capacidade resultante deste processo poderia ainda ser utilizado para a segmentação de novos mercados (STEIN, 1997).



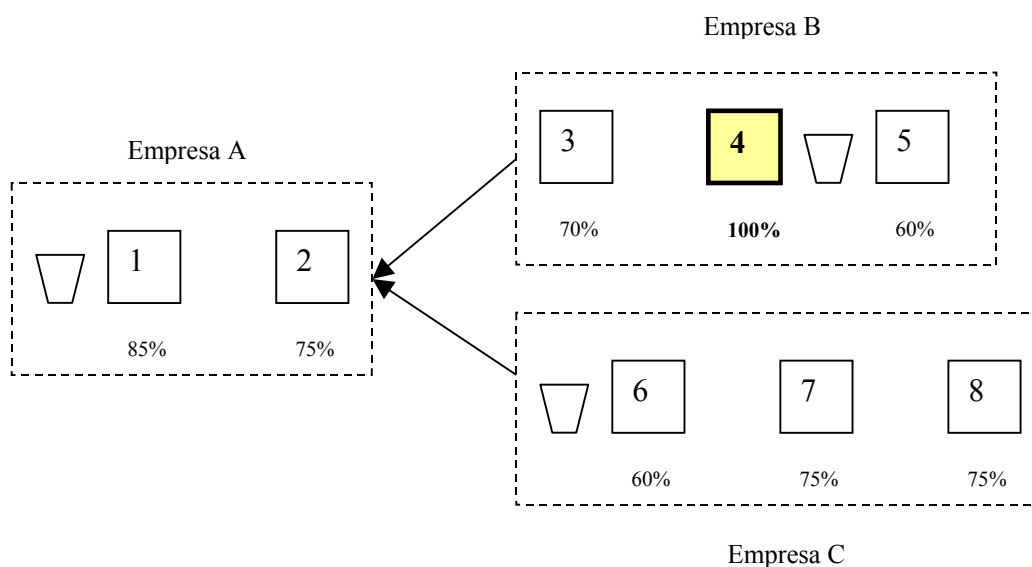
*FIGURA 21 - CADEIA DE SUPRIMENTOS COM A INFORMAÇÃO DAS CAPACIDADES DE SEUS RECURSOS E ESTOQUES POSICIONADOS DE ACORDO COM O ENFOQUE USUAL*

*FONTE: ADAPTADO DE STEIN (1997)*

Nos moldes do TPC, no entanto, haveria proteção localizada somente em alguns pontos (Figura 22), na forma de pulmões de mercado, de convergência

e de recurso, como mencionado no Capítulo 4 para ambientes fabris restritos a unidades de negócios particulares. Neste caso e de forma mais abrangente, estes mesmos conceitos poderiam ser aplicados à cadeia como ilustrado na Figura 22 (STEIN, 1997; SOUZA *et al.* 2000 ).

De acordo com Souza *et al.* (2004) os únicos pontos da cadeia que necessitariam de ordens especificando a quantidade a ser produzida, seriam os pontos de convergência (montagem), divergência (onde um item pode ser convertido a mais que um tipo de novo item), nos pontos de liberação de material (primeiro departamento da primeira empresa), na restrição (RRC) e nos locais de embarque (último departamento da última empresa da cadeia). Isso ocorreria da mesma forma como foi explicado no Capítulo 4 para empresas individuais.



**FIGURA 22 - CADEIA DE SUPRIMENTOS COM POSICIONAMENTO DOS PULMÕES DE ACORDO COM O MÉTODO TPC**

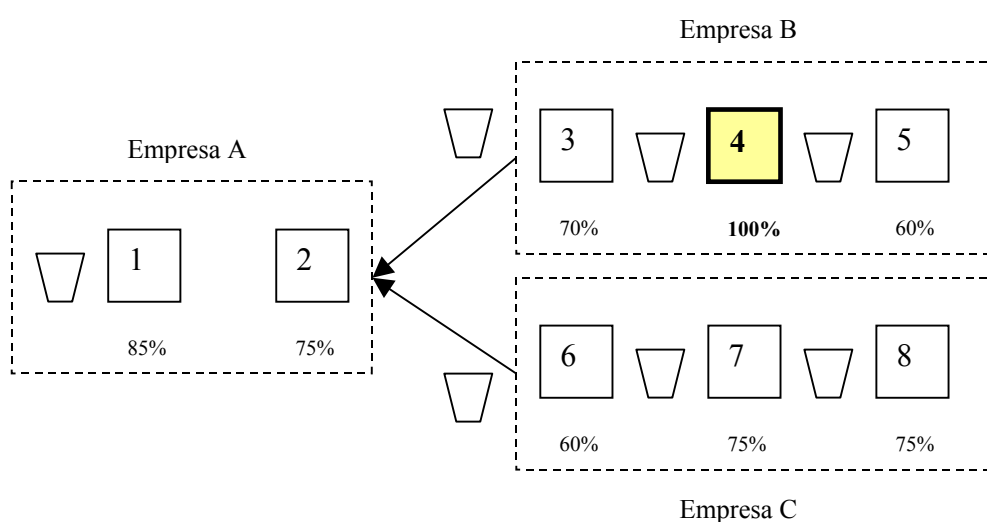
**FONTE: ADAPTADO DE STEIN (1997)**

A percepção sistêmica da TOC pode mostrar também que, mesmo que a empresa A, isoladamente, deseje resolver seu problema interno de redução de estoques a partir do TPC, haveria ainda um problema de excesso de



inventários na cadeia, caso as empresas B e C continuassem a manter inventários entre cada um de seus recursos produtivos, como usualmente é feito (STEIN, 1997). A Figura 23, a seguir, ilustra essa situação.

O que pode ser concluído a partir desta situação é que os custos representados pelo excesso de inventários nas empresas B e C acabariam sendo repassados ao cliente final da empresa A, o que geraria uma perda de competitividade para a cadeia como um todo.



*FIGURA 23 – SOLUÇÃO PARCIAL DO TPC PARA A CADEIA*

*FONTE: ADAPTADO DE STEIN (1997)*

Vale dizer, por fim, que os conceitos apresentados no início deste capítulo, a respeito de gestão de estoques em redes de distribuição, complementam a abordagem defendida pela TOC e discutida em Stein (1997) para implementação do conceito TPC em cadeias de suprimento.

Primeiramente, a empresa A do exemplo anterior deveria se relacionar com seus clientes (supondo-se que seus clientes exijam prazos menores que o tempo necessário para atendimento) segundo as orientações anteriormente apresentadas.

Também, devido às distâncias físicas geralmente encontradas entre empresas de uma cadeia, torna-se inevitável a manutenção de algum nível de estoque entre elos da cadeia. Esses estoques deveriam ser reduzidos a partir também das sugestões comentadas anteriormente neste capítulo.

Isso remete à questão da importância da concepção de uma cadeia colaborativa, na qual os seus participantes estariam dispostos, tanto em termos logísticos (no caso com a aplicação do TPC) quanto em termos gerenciais (SCM), a priorizar os interesses da cadeia como fundamentais para a competitividade de cada parceiro.

Souza *et al.* (2000) mencionam que o adequado gerenciamento do pulmão na cadeia de suprimentos pode ser utilizado ainda como mecanismo de integração e cooperação entre seus membros. Por exemplo, de acordo com o método TPC, uma vez que o pulmão em uma cadeia de suprimentos é dimensionado para manter a quantidade de proteção necessária para absorver as variações provenientes dos recursos localizados nas diferentes companhias, variações ocorridas na empresa A poderiam ter a empresa C como origem. O gerente de pulmão da empresa A então, notificaria a empresa C, focando esforços para reduzir os problemas ocorridos na empresa C que ameaçariam a expedição de produtos da empresa A para os clientes.

Sem uma abordagem focada no gerenciamento do pulmão, a empresa A provavelmente apressaria a empresa C para a entrega dos pedidos, quando um atraso já ocorreu. De acordo com o gerenciamento do pulmão, o processo de obtenção de materiais da empresa C estaria subordinado ao pulmão de mercado localizado na empresa A e todo o apressamento seria preventivo, evitando atrasos e impactos negativos na percepção do cliente. Com a redução da incidência de problemas na empresa C, a quantidade de proteção necessária também seria reduzida, reduzindo-se os níveis de inventário na cadeia de suprimentos (SOUZA *et al.*, 2000).

O método de programação de produção proposto para a SC induziria, claramente, à necessidade de integração e cooperação entre as companhias,

no que diz respeito principalmente ao compartilhamento de informações, de riscos, de custos e dos ganhos da cadeia como um todo. Isso remete, segundo a visão da TOC, à necessidade de medir-se o desempenho global da cadeia (SOUZA *et al.*, 2000).

## **6. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE ACORDO COM A TOC**

É inerente à própria visão sistêmica que um processo de gestão e medição de desempenho deve estar alinhado com os objetivos estratégicos propostos pela organização. Focados na abordagem da TOC, Boyd & Gupta (2004) sugerem a idéia da organização voltada ao ganho, na qual, entre outras características, é preferível focar-se no ganho a focar-se nos gastos.

Convém lembrar que não há tempo nem recursos suficientes para que se possa controlar todas as saídas de gastos em todos os locais em uma organização. Por outro lado, há muitos poucos locais nos quais se poderia controlar o ganho de todo o sistema, o que está em sintonia com os princípios do “Mundo do Ganho” discutido por Goldratt (1991). Ao tratar-se de cadeias de suprimentos, é notório que esse pressuposto possui um apelo ainda maior, quando comparado com aquele percebido em organizações individuais.

Aravechia *et al.* (2000) enfatizam a aplicação do TPC a uma cadeia de suprimentos quando mencionam que, “a TOC apresenta-se como uma alternativa viável para a avaliação de desempenho das cadeias, pois permite que o foco das atenções se concentre nos recursos gargalos, uma vez que estes são os determinantes da produtividade dos sistemas”.

Nesse sentido, a visão TOC pode ser uma facilitadora no aspecto da colaboração entre os membros de uma cadeia para tal propósito.

Entretanto, diversos aspectos relacionados aos interesses individuais das unidades de negócios têm sido usualmente muito mais nítidos que o aspecto global de gestão. Dessa forma, para que o paradigma do “Mundo dos Custos” seja ultrapassado, torna-se necessário que alguns aspectos importantes no contexto da Gestão da Cadeia de Suprimentos sejam reconsiderados como, por exemplo, a redefinição do conceito de valor agregado, assim como da própria noção de venda.

Sabendo-se que uma cadeia de suprimentos visa, em última instância, atender ao cliente final (CHRISTOPHER, 2001), torna-se imperativo que seja dada atenção ao aspecto da colaboração entre seus membros, de forma que estes possam estar alinhados com o objetivo da SCM, que é o de contribuir para a formação de uma virtual unidade de negócios (PIRES, 1998). Assim, as relações estabelecidas entre esses parceiros devem visar aos interesses coletivos em torno da competitividade das cadeias a que pertencem. Torna-se claro, nesse contexto, que a TOC, com seu foco sistêmico, poderia fornecer ferramentas interessantes para auxiliar na medição de desempenho global da cadeia, como será discutido.

### **6.1. A COLABORAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

A TOC reforça o conceito de que a colaboração entre parceiros de negócios em uma cadeia de suprimentos pode gerar maiores benefícios do que os obtidos, se tais empresas continuassem a trabalhar de forma isolada. Por que então as práticas de colaboração muitas vezes não são implementadas como deveriam? Para a TOC, a resposta para esta pergunta deve estar, uma vez mais, na existência de conflitos de interesses que bloqueiam uma adequada colaboração entre os membros de uma cadeia de suprimentos.

De acordo com Holt (2003), a TOC poderia auxiliar na melhoria do desempenho tanto de cadeias colaborativas quanto em cadeias não colaborativas. Em termos logísticos, Holt (2003) sugere a aplicação do método TPC para cadeias cooperativas, enquanto que, em cadeias não colaborativas o TPC estaria associado às técnicas do JIT.

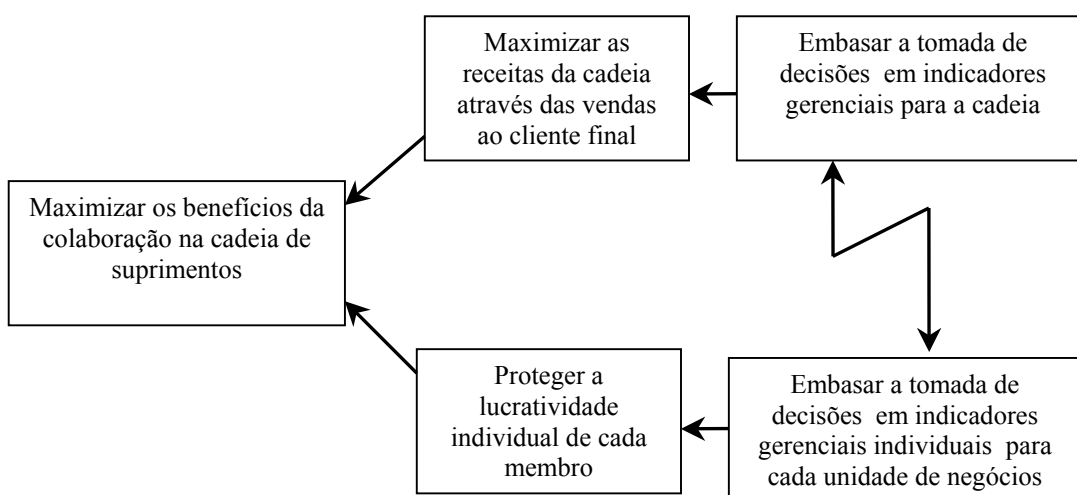
De acordo com o autor, os membros em uma cadeia cooperativa se subordinariam às metas maiores de toda a cadeia. Estes dividiriam tanto os riscos quanto os lucros inerentes à toda a cadeia de suprimentos. Em cadeias não cooperativas, por outro lado, as empresas mantêm suas funções segmentadas em centros de lucro e em unidades de processos de negócio,

que competem pelo dinheiro da companhia, devendo gerar cada uma o seu próprio lucro individual (HOLT, 2003).

De acordo com Holt (2003), considerando-se a situação na qual há cooperação em uma cadeia, haveria como consequência dessa postura um maior foco na movimentação rápida e eficaz de materiais a montante da cadeia, assim como a minimização de inventários no sistema, com o posicionamento de pulmões somente onde estes são necessários. Haveria ainda um incentivo à criação de uma produção “puxada” à jusante e “empurrada” a montante, com a possibilidade de obter-se “o melhor dos dois mundos” (diferenciação e custos).

De acordo com Simatupang *et al.* (2004), o dilema representado pela colaboração na cadeia pode ser construído na forma de um diagrama de dispersão de nuvem (DDN).

Tal conflito aparece quando são observadas duas situações controversas, ao se considerar o objetivo de maximizar os benefícios da colaboração. Essas situações são: maximizar as receitas da cadeia ou proteger a lucratividade individual de seus membros (Figura 24).



**FIGURA 24 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE NUVEM PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS COLABORATIVA**

**FONTE: ADAPTADO DE STEIN (1997)**

Em um ramo do diagrama, os benefícios da colaboração são maximizados quando as receitas da cadeia, a partir das vendas obtidas em relação aos seus clientes finais também são maximizadas. Dessa forma, as receitas geradas pelo cliente à cadeia fazem com que esta continue sendo lucrativa, o que significa que os seus membros devem fazer um esforço conjunto e sincronizado para tal. Isso requer abordagens de gestão e indicadores de desempenho globais, ou seja, voltados para a cadeia como um todo (SIMATUPANG *et al.*, 2004)

No outro ramo do diagrama, argumenta-se que, para maximizar os benefícios da colaboração na cadeia, é necessário proteger-se a lucratividade individual dos membros desta, ou seja, as margens de lucro individuais devem ser elevadas para possibilitar, individualmente, retorno aos seus acionistas. Para tal, seria necessário o uso de indicadores de desempenho próprios para cada unidade de negócio.

Assim, observando-se as duas situações, as tomadas de decisões com base nos interesses da cadeia parecem estar em conflito com as tomadas de decisões que têm por base os interesses individuais de cada membro (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

O dilema pode ser solucionado se os membros puderem trabalhar de forma colaborativa, sem, no entanto, arriscarem suas lucratividades individuais. A solução proposta para essa situação deve levar em consideração, simultaneamente, o impacto de cada decisão no ganho (G), no investimento (I) e nas despesas operacionais (DO) da cadeia (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Duas condições são particularmente importantes para a solução do dilema. A primeira é a criação de uma política de reabastecimento colaborativa, que envolva os membros da cadeia de forma que estes alinhem suas decisões operacionais para a maximização da receita total da cadeia. A segunda está na conseqüente necessidade de se utilizar medidas de desempenho adequadas a

este objetivo (SIMATUPANG *et al.*, 2004). Cabe lembrar que o reabastecimento colaborativo já foi discutido no Capítulo 5.

Deve-se considerar ainda, de acordo com Simatupang *et al.* (2004), que os membros da cadeia com maior conhecimento e experiência devem tomar as decisões logísticas mais apropriadas mediante as suas próprias competências. No caso de uma cadeia composta por um varejista e um fornecedor, por exemplo, enquanto o varejista poderia fornecer as melhores informações sobre as necessidades do mercado, por estar intimamente ligado a este, o fornecedor pode possibilitar uma resposta rápida ao varejo, assim como tomar as melhores decisões sobre os níveis de estoques deste (no caso, com a utilização de práticas fundamentadas nos conceitos de VMI e ECR, discutidas no Capítulo 3).

Isso implica em uma contribuição à Gestão da Cadeia de Suprimentos, não somente no que se refere à utilização do VMI e, portanto, a uma visão puramente logística, mas procurando por um alinhamento das melhores competências entre os parceiros para a tomada de decisões na gestão da cadeia, o que vai ao encontro do que é proposto por Pires (2004).

Do ponto de vista da avaliação de desempenho colaborativa, o sistema de avaliação deve medir o progresso conseguido na colaboração entre a parte e o todo, ou seja, as decisões individuais de cada unidade de negócio devem possuir alguma conexão com os critérios de medição globais, caso contrário, não há como controlar a colaboração na cadeia e, tampouco, saber se esta colaboração, de fato, estaria ocorrendo (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Nesse sentido, um aspecto importante a ser considerado é que as unidades de negócios usualmente acreditam ter seu poder de barganha individual enfraquecido pela colaboração, pois estas usualmente procuram uma relação focada na minimização dos custos de aquisição nas suas relações comerciais com seus parceiros a montante da cadeia (SIMATUPANG *et al.*, 2004). Aqui novamente, parece prevalecer o paradigma do “mundo dos custos”, no qual procura-se pela redução de custos em todos os locais.



No contexto da cadeia de suprimentos, a procura gerencial de cada unidade pela redução de custos em todos os lugares é expandida para fora dos limites de cada empresa, o que se torna uma tarefa administrativa ainda mais árdua, devido ao fato de que tais custos estão fora dos limites das unidades. haveriam poucos locais em uma cadeia cujo ganho pode ser maximizado, os quais, no entanto, podem ser administrados em conjunto desde que cada empresa entenda e se comprometa em colaborar para a Gestão da Cadeia de Suprimentos. Tal colaboração deve ser entendida como essencial para a competitividade da cadeia, a qual, em última instância, garantiria a competitividade de cada unidade de negócio a ela pertencente.

Neste particular, é importante discutir-se, no contexto da cadeia, se os lucros individuais obtidos de cada parceiro poderiam subsistir sem a adição de valor ao cliente final da cadeia.

#### **6.1.1. VALOR AGREGADO E VENDA SOB O ENFOQUE DA TOC.**

Diferentemente do conceito usualmente considerado de adição de valor, no qual valor é agregado a um produto em cada fase do processo produtivo, a TOC considera, como já discutido, que não há valor agregado a um produto antes que ele seja vendido, de forma que essa venda represente uma relação irreversível de troca com o cliente final (GOLDRATT, 1991). Como também mencionadas por Goldratt (1991), há outras posturas gerenciais contrárias à TOC, no sentido que são usualmente empregadas na tomada de decisões, como a de contabilizar, por exemplo, os estoques nos canais de distribuição como venda no fechamento dos resultados da empresa. Isso demonstra a incessante busca pela otimização de resultados locais em todos os lugares, o que é contrário à proposta da TOC.

O conceito de valor agregado proposto pela TOC possui também uma coerência com o próprio conceito de inventário já tratado. De acordo com Goldratt (1991), inventário é todo o dinheiro que o sistema investe em coisas que pretende vender. Portanto, valor agregado seria de fato obtido pela venda

de um produto final e não por meio da realização de quaisquer outras etapas ou processos do sistema, como é usualmente convencionado.

Ampliando-se esse conceito no âmbito da cadeia, todas as partes da cadeia trabalhariam de forma sinérgica para alinharem suas competências estrategicamente de forma a atender ao cliente final. Como já foi enfatizado, Corrêa (2002) menciona a importância da adição de valor à cadeia quando argumenta que os seus membros individualmente acabam somente repassando pagamentos e inventários entre si, o que não representa necessariamente adição de valor ao cliente final da cadeia. Tal implicação leva a um questionamento importante: Quando, de fato, uma venda deveria ser computada?

O conceito de venda, então, tem influência no comportamento da cadeia. As vendas podem ser vistas com uma visão de longo ou curto prazo. Por exemplo, a venda realizada pela cadeia ao cliente final é considerada uma venda de longo prazo, enquanto uma venda realizada de um elo para outro da cadeia é considerada de curto prazo.

Convém observar que são duas visões com enfoques diferentes. As unidades de negócios devem compreender que, no longo prazo, se a cadeia perde uma venda, todas as unidades perdem, portanto, o desempenho das vendas da cadeia afeta o desempenho individual. Por outro lado, convencionalmente, uma venda é realizada sempre que ocorre um registro de venda de um elo a outro dentro da cadeia (GOLDARTT *et al.*, 2000). No âmbito da cadeia, no entanto, o que verdadeiramente importa são as vendas efetivamente realizadas por esta. Pode-se dizer, portanto, que, enquanto o consumidor final não comprar, ninguém na cadeia vendeu coisa alguma.

Na prática, entretanto, esse conceito poderia repercutir negativamente. Assim, se uma empresa recebesse seu pagamento somente quando a cadeia (ou o último elo) efetuasse uma venda, isso poderia afetar o fluxo de caixa das empresas mais a montante da cadeia. O pressuposto para que isso não ocorra é que o *lead time* da cadeia seja pequeno, o qual poderia ser conseguido, por

exemplo, a partir da aplicação do método Tambor-Pulmão-Corda à cadeia e das considerações em termos de redução dos *lead times* nos canais de distribuição (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Para que a cadeia funcione como uma virtual unidade de negócios, e os momentos de venda possam ser identificados como ocorridos no final da cadeia, deve-se ter a habilidade de medir a confiabilidade dos seus parceiros em termos das políticas colaborativas estabelecidas, principalmente no que tange ao processo de reabastecimento.

Nesse sentido, o tópico a seguir apresenta uma abordagem de medir e controlar o desempenho dos elos de uma cadeia.

## **6.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS UTILIZANDO-SE OS INDICADORES FINANCEIROS E OPERACIONAIS DA TOC**

As discussões que se seguem partem do pressuposto que o método TPC poderia fornecer um bom modo de planejamento, programação e controle da produção para a cadeia, desde que todos os parceiros pudessem trabalhar de forma colaborativa para atender ao cliente final.

Assim como no caso de um modelo de gestão voltado para uma empresa em particular, há duas formas de se desviar de uma programação e prejudicar o desempenho do sistema: produzir e enviar com atraso ou produzir e enviar com antecedência.

Se uma empresa não está sendo pontual em relação aos prazos de entrega, ou seja, está produzindo com atraso, ela estará prejudicando o ganho da cadeia como um todo. Da mesma forma, essa empresa pode estar tendo um comportamento inverso, segurando muito inventário desnecessariamente, ou seja, ela pode estar produzindo com antecedência em relação ao programa da cadeia. Para que tais desvios possam ser avaliados, são considerados os indicadores já mencionados no Capítulo 4, porém, agora, no contexto da cadeia colaborativa.

Assim, os indicadores de desempenho operacionais GDD e IDD, discutidos no Capítulo 4, poderiam fazer a ponte entre os desempenhos local e global, garantindo que o que fosse feito operacionalmente, em cada uma das unidades de negócio, estivesse de acordo com os interesses e objetivos da cadeia de suprimentos.

Dessa forma, segundo o método TPC, o GDD indicaria os atrasos de entregas e o IDD indicaria os excessos de inventário (GOLDRATT, 2000; SIMATUPANG *et al.*, 2004; SCHRAGENHEIM, 2004). Ou seja, as definições de atraso e adiantamento estariam amarradas ao Tambor (Programa do RRC localizado em uma das unidades de negócio), aos momentos de chegada dos materiais nos pontos estratégicos da cadeia (Pulmões) e aos programas de liberação de materiais à montante na cadeia (Corda). Portanto, ao se fazer uso desses dois indicadores, os elos da cadeia tenderiam a seguir estritamente aquilo que é necessário para a cadeia como um todo, cumprindo integralmente os três primeiros passos do processo decisório da TOC.

Como já foi visto, o GDD para um determinado item pode ser calculado como o valor do produto final do qual o item faz parte, multiplicado pelo número de itens fabricados com atraso e multiplicado pelo número de dias em atraso deste item. O IDD, por sua vez, é calculado como o valor do item em estoque, multiplicado pelo número de itens produzidos com antecedência e multiplicado pelo número de dias em que esses itens permaneceram desnecessariamente em estoque (FOGARTY, 1991; GOLDRATT, 1991; GOLDRATT, 2000; PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004; SIMATUPANG *et al.*, 2004; SCHRAGENHEIM, 2004). Tais indicadores poderiam medir, localmente (em cada empresa), o impacto financeiro que os desvios em relação à programação da produção para a cadeia causariam na lucratividade da cadeia como um todo.

Da mesma forma, um fornecedor também poderia usar o IDD, por exemplo, para avaliar o desempenho do varejista, assim como o fornecedor poderia ser avaliado pelos seus clientes também por meio do IDD. Adicionalmente, o varejista pode julgar o desempenho de entregas de seus fornecedores pelo

GDD, os quais podem avaliar ainda o desempenho de entregas dos fabricantes (PTAK & SCHRAGENHEIM, 2004; SIMATUPANG *et al*, 2004).

As medidas operacionais aqui tratadas implicariam em um sistema de controle à medida em que qualquer desvio operacional na cadeia pudesse ser computado em termos gerenciais e financeiros. Por outro lado, qualquer decisão a ser tomada pelos membros da cadeia, seja em termos de aquisição de novos equipamentos ou redução de despesas, deveria estar condicionada a um impacto positivo em termos de lucratividade global do sistema. Nesse sentido, a idéia da cadeia colaborativa seria de fundamental importância e sua concretização deve estar atrelada ao uso simultâneo dos indicadores locais G, I e DO.

Uma outra grande vantagem do método TPC na gestão da produção para a cadeia, entretanto, é que este forneceria ainda um sistema de melhoria contínua do desempenho financeiro e de qualidade, por meio da gestão do pulmão e das ferramentas de resolução de problemas definidas nos processo de raciocínio da TOC. A partir da Gestão do Pulmão, poder-se-ia reduzir continuamente o tamanho dos pulmões espalhados pela cadeia, o que significaria reduções sucessivas nos estoques do sistema e, conseqüentemente, uma elevação na lucratividade.

Ptak & Schragenheim (2004) relacionam ainda a gestão do pulmão à previsão de vendas, mencionando que esta última poderia ser desnecessária em muitos casos, realizando-se uma adequada gestão dos pulmões na cadeia.

Pode-se perceber que há aspectos ímpares da abordagem TOC para a avaliação de desempenho na cadeia em relação às propostas no escopo da literatura em geral.

No próximo capítulo, todo o conhecimento até aqui revisto é sistematizado na forma de uma tabela, na qual foram considerados os principais parâmetros tratados, resumindo ambas as abordagens, a usual e a da TOC para a SCM.

## **7. SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E COMPARAÇÃO DAS VISÕES USUAIS E DA TOC NO CONTEXTO DA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Os capítulos anteriores apresentaram algumas práticas e conceitos fundamentais relacionados à forma usual de se gerenciar cadeias de suprimentos. Também, foram apresentadas visões até certo ponto distintas, representadas pela abordagem TOC, de visualizar e administrar cadeias produtivas. Tais distinções, vistas como potenciais contribuições à prática convencional de se executar uma efetiva SCM, serão sistematizadas e discutidas.

A Tabela 9 a seguir resume e estrutura algumas diferenciações identificadas a partir das revisões conceituais realizadas, culminando em dez pontos principais. Cada um desses pontos, que correspondem exatamente aos dez pontos apresentados na Tabela, são comentados na seqüência.

TABELA 9 – COMPARAÇÕES DAS VISÕES USUAIS E DA TOC NO CONTEXTO DA SCM

		Abordagens de Gestão da Cadeia de Suprimentos	
		Usual	TOC
1	Conceito de valor agregado	Valor é agregado ao longo da cadeia de suprimentos	Valor é agregado ao sistema apenas quando o último elo efetua a venda
2	Visão	Muitas vezes focada na melhoria do atendimento ao cliente imediato na cadeia	Focada no atendimento ao cliente final da cadeia
3	Foco de melhoria	Redução de custos e aumento da percepção de valor pelo cliente	Aumento do ganho, redução de inventário e redução de despesa operacional, nesta ordem
4	Processo de melhoria	Sem foco na restrição do sistema. Eficiências locais em todos os locais são vistas como melhoria.	Com foco na restrição do sistema e com base nos cinco passos de focalização. Eficiências locais em todos os locais não são vistas como melhoria.
5	SMD logístico	Redução dos custos logísticos associados e de <i>stock-outs</i>	Redução dos indicadores Ganho-Dinheiro-Dia e Inventário-Dinheiro-Dia
6	SMD financeiro	Custos das atividades associadas à SC	Ganho, Inventário e Despesa Operacional da SC
7	Dimensionamento de estoques nos canais de distribuição	Geralmente com base na minimização dos custos logísticos (lotes econômicos)	Fundamentado na análise conjunta dos indicadores Ganho, Inventário e Despesa operacional
8	Logística de distribuição	Trade-offs entre centralização (minimização de custos) e descentralização dos estoques (atendimento ao cliente)	Estoques descentralizados em seu nível mínimo, "puxando" o reabastecimento dos estoques centrais
9	Cadência da produção da SC	Ditada pelo "elo forte" (governança da SC)	Ditada pelo "elo fraco" (restrição da SC)
10	Programação da produção	Com base na capacidade infinita dos recursos da SC	Com base na capacidade finita dos recursos da SC

## 1. Conceito de valor agregado

Como discutido no Capítulo 6, o valor agregado percebido pela TOC ocorre, de fato, somente quando o último elo da cadeia realiza uma venda, o que difere do conceito tradicional, no qual valor é adicionado a cada etapa do processo produtivo.

Essa distinção em termos do que é valor para a TOC em uma cadeia de suprimentos está fundamentalmente relacionada ao conceito de ganho para empresas individuais. Como já anteriormente comentado, ganho só é obtido quando um produto é efetivamente vendido ao cliente final.

Ressalta-se ainda que até mesmo o conceito de inventário para a TOC traduz esse entendimento, no sentido que todo o estoque inventariado é valorado em termos do valor pago pelo item adquirido, isto é, pelo valor da matéria-prima. Não há para a TOC, portanto, agregação de valor quando um item passa por uma determinada etapa de um processo produtivo. O valor total do item é obtido apenas quando esse item é efetivamente vendido.

Uma correta compreensão dos conceitos ganho e inventário para a TOC leva, inevitavelmente, ao entendimento que valor é agregado a uma cadeia de suprimentos apenas e tão somente quando o cliente final dessa cadeia adquire o produto final. Até este momento, por mais eficientemente que as empresas possam ter realizado suas operações, a cadeia não agregou valor e, portanto, não gerou ganho.

## 2. Visão

Um importante aspecto conceitual por detrás dessa diferença em termos de conceito de valor agregado está no fato de que as empresas usualmente focam seus negócios no atendimento de seus clientes imediatos, o que é decorrente da tradicional visão de que, se cada elo da cadeia de suprimentos for atendido de forma a buscar sua máxima eficiência, a cadeia como um todo, estará sendo plenamente beneficiada. Tal comportamento talvez seja um reflexo da crença de que ótimos locais levam, inevitavelmente, ao ótimo global.



A abordagem TOC, por outro lado, procura proporcionar uma noção efetiva de sistema para a cadeia. Assim, tanto fornecedores quanto clientes apenas repassariam dinheiro e materiais entre si, sendo o verdadeiro e real alimentador da cadeia seu cliente final. Dessa maneira, na visão da TOC, o foco do negócio deve estar no cliente final da cadeia de suprimentos e não no atendimento aos clientes imediatos de cada elo, como é feito nas formas de gestão usual. Formas distintas de se gerenciar fluxos logísticos são reflexos dessas diferentes visões.

Pode-se dizer que esta visão de cadeia de suprimentos defendida pela TOC está em total consonância com o conceito de virtual unidade de negócio, tão almejada pela SCM.

### 3. Foco de melhoria

A literatura sobre SCM costuma afirmar que tudo o que se busca em termos de boa prática de Gestão da Cadeia de Suprimentos é alcançar a redução dos custos produtivos da cadeia e/ou aumentar a percepção de valor dos produtos por ela comercializados (PIRES, 2004; VOLMANN e CORDON, 1996 *apud* ARAVECHIA, 2000). Efetivas e consistentes implementações de trocas de informações entre elos, *outsourcing*, consolidação da base de fornecimento, etc, deveriam levar ao alcance de ambos os objetivos.

O primeiro objetivo – reduzir custos – é geralmente visto como uma consequência imediata de implementações de boas práticas de SCM. Ainda que reduções de custos são muitas vezes percebidas no longo prazo, estas devem ser sempre almejadas por gestores voltados à SC.

Em relação ao segundo objetivo citado – aumentar a percepção de valor dos produtos – deve-se enfatizar que, segundo as abordagens usuais de SCM e devido a questões de governança e influência, muitas vezes, um determinado elo de uma SC procura se estruturar e se capacitar de forma a melhor atender seu elo cliente vizinho. Tal atendimento melhorado é geralmente entendido

como efetiva prática de SCM, já que valor foi agregado ao cliente, ainda que este seja um cliente imediato.

A TOC, por outro lado, defende a idéia de que, assim como empresas individuais, uma SC deve também procurar sempre o aumento do ganho e a redução do inventário e da despesa operacional. À primeira vista, poder-se-ia entender o aumento do ganho como equivalente à busca por maior valor ao cliente, as reduções de inventário e de despesa operacional como equivalentes à redução dos custos produtivos, o que levaria a uma não distinção entre as abordagens TOC e aquelas usuais para SCM. No entanto, algumas diferenças se fazem presentes.

Para a TOC, aumentar ganho significa, fundamentalmente, explorar as restrições do sistema (ou da SC, neste caso). Ainda que agregar valor ao produto de forma a poder negociar melhores preços aos clientes seja uma forma de aumentar ganho, para a TOC, está longe de ser a última. De fato, segundo a TOC, esta seria uma das abordagens a serem seguidas no caso de a restrição ser o Mercado. Nos casos em que a restrição é interna, explorá-la geralmente significa tirar o máximo de capacidade dos recursos restritivos, elevando a capacidade de produção de todo o sistema (ou SC, no caso). Algumas soluções logísticas propostas pela TOC procuram, justamente, o alcance desse objetivo.

A redução de inventário é particularmente vista como de fundamental importância para a TOC, não apenas como forma de se reduzir custos, mas como forma de, em última instância, permitir aumentos de ganhos. Inventários demasiadamente altos, que aumentem o *lead time* de produção, ou inventários excessivamente baixos, que levam a constantes interrupções no fluxo produtivos, são vistos como altamente prejudiciais por colocarem em risco o ganho da SC.

Por último, a redução de despesas operacionais para a TOC é, essencialmente, equivalente à redução dos custos produtivos usuais, com a diferença que a gestão desses custos não é feita segundo qualquer critério de

rateio de custos, mas sim sempre de forma agregada. Preocupação especial também é dada pela TOC quanto aos eventuais riscos que reduções de custos podem acarretar aos ganhos atuais e futuros da SC. A grande diferença enfatizada pela TOC é, de fato a busca constante pelo aumento do ganho no sistema, e não visando a redução de custos associados.

#### 4. Processo de melhoria

Esta talvez seja uma das principais diferenças entre ambas as abordagens e que está diretamente relacionada ao item 3. Como comentado no Capítulo 4 deste trabalho, os processos de redução de custos usuais têm como pressuposto que qualquer melhoria local em termos de redução de custo leva a uma melhoria global em termos também de redução de custos. É isso o que a TOC chama de “mundo dos custos”, fundamentado na lógica que ótimos locais geralmente levam a ótimos globais. Se toda redução de custos é benéfica, não há necessidade de se identificar, a priori, a restrição do sistema para se iniciar um processo de melhoria contínua.

O processo de melhoria tradicional, portanto, não possui foco na restrição, mas visa um constante processo de redução de custos no qual torna-se importante controlar as inumeráveis saídas de custos do sistema. Considera-se, portanto, que o desempenho de todos os lugares em um sistema é igualmente importante.

A TOC, por sua vez, parte de uma visão de mundo essencialmente distinta, cujo objetivo principal, como já mencionado, é o aumento do ganho. Como o que limita o ganho do sistema ou de SC é a restrição, e para a TOC, melhorar continuamente implica prioritariamente em elevar o ganho da SC, não haveria como a TOC iniciar um processo de melhoria de desempenho da SC sem antes identificar sua restrição. Este seria, inevitavelmente, o primeiro passo de um processo de melhoria contínua.

A partir daí, a TOC sugere os outros quatro passos (Capítulo 4) que, sempre tendo a restrição como elemento crucial, permitiria qualquer sistema

organizacional, incluindo cadeias de suprimentos, encontrar formas de aumentar o ganho total (PÉREZ, 1997). Em suma, o fato de a TOC ter o aumento do ganho como prioridade gerencial, em contra-partida à visão usual de redução de custos, leva inexoravelmente à necessidade de ter a restrição como elemento crítico para qualquer iniciativa de melhoria contínua.

## 5. SMD logístico

Os sistemas de medição de desempenho usuais voltados aos aspectos logísticos de uma SC procuram, fundamentalmente, encontrar e controlar níveis de estoques que “otimizem” o *trade-off* existente entre os custos de se manter estoques no sistema, e os níveis de serviços desejados (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Muitas vezes, estes níveis “ótimos” de estoques são encontrados a partir da aplicação de conceitos de lotes econômicos de compra e fabricação e gerenciados por modelos de reposição contínua ou periódica.

A efetividade da gestão é geralmente medida em termos do giro de estoques dos itens (ou alguma medida associada) e do nível de atendimento permitido por estes estoques. Tal forma de medir e controlar o desempenho se distingue das propostas apresentadas pela TOC.

Medir desempenho é, para a TOC, uma condição necessária não apenas para se manter os processos produtivos sob controle, mas também para induzir as partes constituintes a fazerem aquilo que é importante para o desempenho do sistema como um todo.

No que diz respeito a suas abordagens logísticas (sistema TPC e de distribuição), a TOC propõe, como já dito no Capítulo 6 deste trabalho, dois indicadores particularmente úteis em termos de acompanhamento do programa de produção, quais sejam, o IDD e o GDD. Ambos medem a aderência ou não da produção e/ou distribuição de itens de acordo com o programado na SC.

Deve-se notar que nenhum deles mede os custos logísticos associados, giros de estoques ou níveis de serviços de atendimento para pronta-entrega (*stock-outs*). De fato, os níveis de estoques já foram considerados no momento de se

dimensionar os estoques ao longo dos canais de distribuição ou durante o estabelecimento dos programas de produção. O mesmo se pode dizer em termos dos níveis de *stock-outs* esperados. Os indicadores IDD e GDD, juntamente com a técnica de gerenciamento de pulmão, teriam a missão de, especificamente, prevenir não cumprimentos de programas e/ou *stock-outs*.

## 6. SMD financeiro

Todo gerente procura tomar decisões de forma a proteger as receitas e minimizar os custos (GOLDRATT, 1998). No entanto, talvez pelo fato de as receitas estarem sujeitas a maiores incertezas e menos sob controle da gerência quando comparadas aos custos, estes últimos muitas vezes se transformam em indicadores prioritários na gestão da produção e na SCM usuais.

Na tentativa de se alcançar um melhor entendimento e controle dos custos, muitas abordagens de gestão vêm fazendo uso de uma metodologia denominada de Custeio Baseado nas Atividades (*ABC – Activity Based Costing*), a qual procura identificar os custos associados à execução das mais diversas atividades pelos recursos. Após identificados, estes custos devem ser gerenciados e minimizados à medida do possível (CORBETT NETO, 1997).

Em contraste, como já comentado, a TOC propõe o uso dos indicadores ganho, inventário e despesa operacional, com prioridades identificadas nesta ordem. Vale registrar que, para a TOC, não só a importância do controle se encontra em terceira posição, mas também a forma de controlá-lo muda, uma vez que o rateio não deveria ser feito.

## 7. Dimensionamento de estoques nos canais de distribuição

As diferentes abordagens em termos de dimensionamento de estoques já foram comentadas ao longo do trabalho (Capítulos 5 e 6). Ressalta-se aqui, entretanto, que a TOC, ao contrário dos modelos de gestão de estoques geralmente voltados a minimizações dos custos, procura elaborar suas políticas sempre observando simultaneamente os indicadores ganho, inventário

e despesa operacional. O abandono total do uso de qualquer sistemática de minimização de custos, como lotes econômicos e assemelhados, talvez seja a marca principal que diferencia a TOC das abordagens usuais de gestão de estoques no contexto da SCM.

## 8. Logística de distribuição

Usualmente, no que concerne à estruturação das redes de distribuição, as empresas industriais têm continuamente procurado balancear o alcance de dois objetivos básicos: redução dos custos logísticos no geral e melhoria no nível de serviço prestado aos clientes.

Tais objetivos são vistos, em geral, como conflitantes. Assim, o alcance de um geralmente implica num distanciamento do outro. Dessa forma, as empresas procuram seguir um dos dois caminhos distintos, a centralização de seus estoques em poucos pontos de armazenagem ou a descentralização desses estoques.

Tradicionalmente, a decisão de centralizar ou descentralizar o sistema de distribuição apresenta vantagens e desvantagens. Assim, os sistemas centralizados tenderiam a trabalhar com um nível de inventário menor, pois podem concentrar seus estoques em um ou poucos armazéns. Por outro lado, os sistemas descentralizados tenderiam a apresentar um nível de serviço melhor, pois, ao manter estoques em diversos pontos geograficamente espalhados, seus produtos estariam mais próximos dos clientes (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2000).

Ultimamente, no entanto, com o surgimento das tecnologias de informação e comunicação e de práticas como o ECR, CR, CPFR, etc., cada vez mais as empresas vêm buscando operar segundo a lógica do reabastecimento puxado (PIRES, 2004), mantendo os estoques descentralizados apenas nas quantidades suficientes para se atender às demandas mais imediatas e repondo esses estoques segundo o seu consumo real (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2000).

Essa prática é muito semelhante à preconizada pela TOC, que defende um reabastecimento segundo as demandas reais do cliente final. Vale destacar no entanto dois pontos. Primeiramente, ainda que a busca por um reabastecimento eminentemente puxado não seja uma exclusividade da TOC, sua ênfase em abandonar a lógica empurrada, típica dos sistemas DRP, é muito importante. Em segundo, vale lembrar que a TOC propõe uma interessante sistemática para dimensionamento dos estoques ao longo dos canais de distribuição (como já comentado), o que a diferencia em termos logísticos.

#### 9. Cadência da produção da SC

Este talvez seja um dos pontos que mais diferencia a abordagem TOC para SCM daquelas usuais. No entanto, talvez seja também uma das mais difíceis de serem alcançadas, principalmente em cadeias de suprimentos cujos elos fazem parte de outras cadeias.

A prática em termos de coordenação da produção e distribuição geralmente mostra o elo forte (no sentido de poder, governança) tomando as iniciativas desses aspectos, recaindo sobre os demais elos a obrigatoriedade de acompanhar o ritmo ditado pelo elo forte.

Segundo a TOC, ainda que as formulações estratégicas para a cadeia de suprimentos quase que inevitavelmente fiquem a cargo do elo que exerce a governança da cadeia, o ritmo de movimentação de materiais e a capacidade de atendimento ao cliente não necessariamente são determinadas por este elo forte. De fato, para a TOC, o Ganho de toda a cadeia é resultado da forma como esta explora sua restrição (ou elo fraco da cadeia), a qual, por sua vez, não necessariamente está no elo mais forte.

Esses conceitos estão diretamente vinculados à idéia de Tambor, o qual, num ambiente de SC, significa encontrar um programa de produção único para toda a cadeia, definido segundo as limitações da restrição ou do elo fraco.

Ainda que a aplicação desse conceito seja operacionalmente difícil em situações nada incomuns de elos participando de mais de uma cadeia ao mesmo tempo, não seria nada inviável imaginar-se tal proposta em operação em consórcios modulares ou condomínios industriais. Seria, em suma, a busca por implementar as idéias de planejamento, programação e controle da produção da TOC (TPC), em cadeias de suprimentos.

#### 10. Programação da produção

A SCM vem sendo marcada ultimamente pela chegada de grandes empresas fornecedoras de *softwares* empresariais voltados à área de otimização, denominados de Sistemas Avançados de Planejamento e Programação (APS – *Advanced Planning and Scheduling*). Esses sistemas devem possibilitar aos usuários a habilidade de planejar e replanejar, em tempo real, levando-se em consideração todas as restrições simultaneamente (PIRES, 2004).

Tais sistemas possibilitariam, portanto, tratar as restrições de capacidade e fornecimento de materiais durante o processo de geração dos programas de produção e abastecimento, diferentemente dos tradicionais sistemas que se utilizam das lógicas MRP (*Material Requirement Planning*), MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) ou DRP (*Distribution Requirements Planning*), os quais consideram, a priori, como sendo infinitas as capacidades do sistema no momento de se gerar os programas de produção e abastecimento.

Segundo Lapide (1998) *apud* Pires (2004), nos últimos anos os sistemas APS com base em métodos heurísticos têm sido fortemente influenciados pela Teoria das Restrições. No entanto, vale registrar que nem todo APS e nem todo procedimento com base nas restrições do sistema estão em consonância com os princípios da TOC.

Se, de um lado, essas observações mostram uma certa convergência em termos das práticas propostas pela TOC e o que vem sendo defendido pela literatura de SCM, a extensão dessas aplicações ainda é restrita, sendo as



abordagens da lógica MRPII e DRP muito mais amplamente utilizadas (PIRES, 2004).

As visões usual e da TOC aplicadas à SCM não devem ser consideradas como concorrentes entre si, principalmente por se utilizarem de princípios de compreensão muitas vezes completamente distintos e antagônicos entre si, os quais dificultam qualquer comparativo. Assim, cabe lembrar que a TOC tem por base a resolução de problemas por meio de métodos próprios (processos de raciocínio) por ela desenvolvida e que tais processos levam sempre em consideração que um grande número de conseqüências é decorrente de um número pequeno de causas. Tais ferramentas da TOC foram resumidas no Capítulo 4.

A partir da perspectiva sistêmica, a forma mais direta de perceber a contribuição da TOC é a de que esta é complementar à perspectiva usual. Assim, a TOC fornece ferramentas e respostas conceituais a muitas das mesmas questões tratadas de forma usual, a partir de uma perspectiva que procura obter respostas mais adequadas possíveis, dentro de sua teoria conceitual. Portanto, se determinados conceitos, submetidos à TOC forem considerados semelhantes aos usuais, isso não quer dizer que os processos de raciocínio que geraram tais conceitos sejam semelhantes aos usualmente empregados para se obter tais respostas. Tal relação aqui explicada, tem sido exemplificada de forma bem simplificada por meio dos diagramas dos PcR ilustrados também no decorrer de todos os Capítulos.

No próximo Capítulo, as características que têm sido revistas ao longo deste trabalho serão apresentadas na forma de uma discussão conceitual e comparativa com o que a literatura tem sugerido, além, é claro, das considerações, limitações e propostas para trabalhos futuros relacionados ao tema tratado.

## 8. DISCUSSÃO CONCEITUAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura de gestão empresarial tradicionalmente desenvolvida por Fayol, a qual divide a organização em blocos como aquisição, produção e vendas, talvez tenha sido um dos catalisadores para utilização de indicadores de desempenho locais em todos os departamentos, como forma de se compreender o desempenho da empresa, que perdura ainda hoje.

Assim como no passado, parece ser uma constância, mesmo nos dias atuais, verificar que a presidência de uma empresa costuma exigir de seus diretores e gerentes resultados ótimos em todos os seus departamentos como um caminho para se obter um resultado ótimo para a empresa. Centros de custos e centros de lucros talvez sejam bons exemplos desse modo de pensar. Fica subentendido, neste contexto, o pensamento analítico nessa forma de administrar, o qual pressupõe que a soma dos desempenhos dos departamentos de uma empresa representaria o desempenho da empresa como um todo (SILVA *In*: CONTADOR, 1997).

Isso normalmente é enfatizado pelas altas administrações quando a empresa utiliza-se de indicadores próprios para cada departamento, de acordo com metas estabelecidas pelo *board* da empresa, para cada divisão da organização. Tal postura, porém, é vista como demandante de esforços e investimentos consideráveis, principalmente no que se refere a alcançar bons desempenhos em termos de reduções de custos em todos os locais.

Sob esta perspectiva, a TOC propõe uma ênfase particular, a qual argumenta que o desempenho ótimo da empresa dependeria primordialmente do desempenho ótimo de suas restrições e, portanto, não dependeria do desempenho ótimo dos demais recursos, sejam estas restrições expressas na forma de restrições de capacidade produtiva ou baixa demanda de seus produtos. Restrições políticas que impedem a organização de ser mais lucrativa também devem ser identificadas e eliminadas.

Neste particular, este trabalho pretendeu estender os conceitos da TOC para além das unidades de negócios isoladamente, considerando-se, portanto, uma virtual unidade de negócio representada pela Cadeia de Suprimentos. Foi discutido que as cadeias de suprimentos - às quais uma empresa pertence - deveriam ser lucrativas em primeira instância, ou seja, uma empresa deveria adicionar valor ao cliente final da cadeia e não somente ao seu cliente imediato para que possa se manter lucrativa e competitiva. Caberiam, para tal, a importância da colaboração na cadeia em dois aspectos abordados: a colaboração logística, tanto na distribuição de produtos, quanto na programação da produção para a cadeia, assim como a criação de medidas colaborativas de desempenho que possibilitassem medir a influência que cada unidade de negócios teria sobre o todo, ou seja, avaliar-se-ia como uma decisão tomada em uma empresa poderia afetar ou influenciar a cadeia.

Nesse sentido, a abordagem proposta difere das outras abordagens vistas no Capítulo 3, sobre as quais é realizado um breve comparativo.

### **8.1. DISCUSSÃO ENTRE A ABORDAGEM TOC E AS ABORDAGENS USUAIS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CADEIA**

Partindo-se dos mesmos conceitos da TOC aplicados a uma empresa em particular, a meta da cadeia de suprimentos deve ser, da mesma forma, o lucro final, tanto quanto possibilitar que seus parceiros mantenham-se lucrativos por meio de uma gestão colaborativa. Visto ser esse o objetivo da cadeia, ele também é o limitante da abrangência desse sistema de desempenho ao escopo financeiro.

Assim, não é pretendido neste trabalho considerar-se alguns aspectos subjetivos propostos pela literatura nos métodos de criação de indicadores de desempenho. Portanto, não são previstas pela TOC, ainda que consideradas importantes, características subjetivas como perspectivas de aprendizado e crescimento entre outras descritas pela literatura, o que é proposto, por exemplo, pelo *Balanced Score Card* (BSC) para a cadeia. O indicador

flexibilidade, por exemplo, poderia ter finalidades distintas da medição do desempenho logístico nos sistemas propostos pela literatura, como visto, por exemplo, na abordagem de Beamon (1999).

Em relação às outras abordagens propostas pela literatura, a TOC propõe um sistema de avaliação colaborativo, que envolveria o desempenho financeiro e operacional para a cadeia, medidos de forma objetiva. São sugeridos ainda mecanismos de melhoria contínua do desempenho (gestão do pulmão e da utilização dos processos de raciocínio (PcR)). Outro aspecto, relacionado ao ineditismo dessa abordagem, é a sugestão da utilização de um método de distribuição e de programação da produção para a cadeia que estaria integralmente vinculado às propostas de medições de desempenho mencionadas.

Comparando-se a abordagem da TOC com outros métodos de avaliação, não foram encontrados sistemas de desempenho, dentre os estudados, com as referidas características. De fato, não ficou explícito nas outras abordagens se haveria um vínculo entre os métodos logísticos propriamente ditos e os métodos de avaliação de desempenho propostos nesses enfoques. Tal aspecto reforça as características únicas de avaliação de desempenho propostas pela TOC e apresentadas neste trabalho.

Com relação ao aspecto estratégico, alguns pontos devem ser destacados. O enfoque de Lambert & Pholen (2001) enfatiza a importância da colaboração na cadeia para o alinhamento de objetivos entre os parceiros.

Da mesma forma, Brewer & Speh (2001) discutem os objetivos estratégicos no âmbito da cadeia para verificar se estes convergem ou divergem, de forma que todos os parceiros possam assegurar bons resultados.

Aravechia (2001), de maneira muito semelhante, argumenta que deve haver um alinhamento dos indicadores usados pela cadeia com os objetivos individuais de cada membro.

Para Holmberg (2000), os objetivos estratégicos são definidos a partir do cliente final da cadeia.

A abordagem de Beamon (1999), por sua vez, propõe que os indicadores devem ser capazes de avaliar se o desempenho da cadeia está de acordo com as metas das empresas.

Pode-se argumentar que a estratégia abordada pela TOC procura focar no atendimento ao cliente final da cadeia, como proposto por Holmberg (2000), o qual, entretanto, não propõe o uso de indicadores. Do ponto de vista do alinhamento de estratégias e de indicadores de desempenho, o presente enfoque, com base na TOC, de fato propõe um sistema de avaliação com indicadores financeiros capazes de, além de medir o impacto das decisões locais no âmbito global da Gestão da Cadeia de Suprimentos, induzir cada membro da cadeia a se comportar segundo os interesses da cadeia como um todo.

Um aspecto peculiar da TOC, que deve ser discutido, relaciona-se às questões de governança dentro da cadeia de suprimentos. Usualmente, considera-se que algumas empresas têm mais poder de barganha que outras. Por exemplo, em uma cadeia da indústria automotiva, o elo final da cadeia, representado pela montadora, normalmente assume uma posição em que pode impor muitas de suas próprias regras sobre seus fornecedores.

Como discutido no Capítulo 6, a idéia da autoridade na cadeia dar-se-ia mais em termos funcionais, pelo alinhamento de competências individuais, como sugerido por Pires (1998). Simatupang *et al.* (2004) mencionam, nesta linha, que os membros com maior conhecimento e experiências em cada área estariam autorizados a tomar as melhores decisões sobre a cadeia.

A peculiaridade da TOC, neste caso, está no fato de que as decisões operacionais que recaem sobre o elo restritivo estão alinhadas irremediavelmente às decisões estratégicas sobre o controle do ganho para toda a cadeia. A definição dessa relação visa aos mesmos objetivos globais em

quaisquer dimensões da organização, sejam elas dimensões estratégicas, táticas ou operacionais, sendo que tal alinhamento não parece claro nas outras abordagens propostas pela literatura.

Ainda sobre o ponto de vista estratégico, Ronen & Spector (1992), por exemplo, dão especial atenção à possibilidade de aceitar ou não o posicionamento natural da restrição no sistema, tal qual ela se encontra, pelo fato de esse posicionamento ser de ordem estratégica, sendo que, na TOC, todo o resto do sistema estaria subordinado à restrição. Assim, qualquer decisão sobre a transferência da restrição para outra parte do sistema deve ser tomada pela alta gerência, levando-se em conta fatores estratégicos, econômicos e de mercado. No que tange à cadeia de suprimentos, estes mesmos argumentos teriam uma importância ainda maior, devido ao fato de que a subordinação do desempenho logístico estaria ocorrendo no nível da cadeia de suprimentos e não mais no nível dos recursos de uma empresa individual, o que amplificaria em muito o impacto das decisões tomadas.

Poder-se-ia considerar, além disso, que o “elo fraco” (o que possui o RRC da cadeia), tenderia a estar localizado no “elo forte” da cadeia (agora sobre o ponto de vista de poder de barganha). A razão para tal é garantir que o elo fraco, pela necessidade da máxima exploração, ficasse sob o domínio da empresa mais forte que, além disso, ditaria o ritmo de produção de toda a cadeia. Assim, no contexto da cadeia da indústria automobilística, por exemplo, o controle do desempenho logístico estaria então sob a supervisão da montadora.

## **8.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Um fato importante da abordagem TOC, que possibilita a aplicação de seus conceitos para a cadeia de suprimentos, é o fato de tratar os processos produtivos como sistemas. Assim, tanto em ambientes fabris isoladamente quanto em cadeias de suprimentos, prevaescem os mesmos princípios e leis

consolidados pela TOC. Tal visão, possibilita ainda que os sistemas de desempenho em uma cadeia de suprimentos estejam diretamente relacionados aos sistemas logísticos.

Portanto, tanto o método de planejamento, programação e controle da produção para a cadeia sugerido neste trabalho, quanto a lógica de distribuição com base na TOC, estariam associados às tomadas de decisões utilizando-se dos mesmos indicadores G, I e DO que, em última instância, induziriam cada parte do sistema produtivo a tomar decisões que privilegiassem o objetivo global. O mesmo se pode afirmar em termos da utilização dos indicadores IDD e GDD aplicados no contexto da SCM.

Vale destacar, no entanto, que a TOC apresenta muitas propostas que em grande parte são complementares às soluções usuais, mas que, entretanto, possuem muitas vezes abordagens radicalmente diferentes destas. Alguns conceitos e práticas da SCM, como os benefícios da centralização dos estoques, o *postponement* e a “customização em massa”, são defendidos e utilizados pela TOC, mas não foram, obviamente, por ela desenvolvidos.

Em suma, cabe enfatizar que a diferença principal entre as abordagens usuais, tanto em relação à avaliação de desempenho na cadeia quanto em relação à gestão dos aspectos logísticos, e a abordagem proposta pela TOC, é que a primeira parece buscar por ótimos em todos os locais, considerando tudo o que é avaliado como sendo igualmente importante em suas análises, o que não é assumido como verdadeiro pela TOC, que considera que haveria muito poucos locais em um sistema que, de fato, restringiriam a obtenção dos resultados procurados.

Tratando-se de uma abordagem nova e pouco difundida para a SCM, caberiam ainda muitas pesquisas sobre esse tema, algumas das quais são apresentadas a seguir.

### **8.3. LIMITAÇÕES PRÁTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA TOC NA SCM**

A literatura não apresenta casos reais de aplicação dos conceitos aqui apresentados da TOC na SCM. Pode-se intuir que uma das principais dificuldades da implementação dos princípios da TOC na SCM é o aspecto da colaboração na Gestão da Cadeia de Suprimentos. Conceber a cadeia como uma virtual unidade de negócios funcional e coordenada é um dos princípios que aparentemente mais distanciariam a teoria da prática.

A SCM visa, fundamentalmente, compreender uma cadeia de suprimentos como uma virtual unidade de negócios, o que implica, dentre outras coisas, considerar todas as empresas constituintes de uma cadeia como fazendo parte de um único sistema com objetivos próprios, os quais devem ser atendidos a partir da colaboração de todos os envolvidos.

Ainda que a literatura apresente inúmeros casos de sucesso de implementação de práticas de SCM, não se tem conhecimento de cadeias de suprimentos que tenham alcançado sua plenitude em termos de concepção de uma unidade virtual de negócios ampla e completamente colaborativa. Os motivos para isso talvez sejam vários, mas a dificuldade de se desenvolver abordagens efetivamente sistêmicas e, acima de tudo, factíveis, possivelmente se encontra como um dos principais fatores.

A TOC procura apoiar a construção dos pilares básicos da SCM, propondo mecanismos que possibilitariam a concepção de cadeias de suprimentos colaborativas no seu sentido mais puro. Para tanto, a TOC sugere abordagens fundamentadas na lógica da busca por aumentos de ganhos ao longo da cadeia de suprimentos a partir da implementação dos seus cinco passos decisórios. Em específico, o método de medição do desempenho operacional por meio dos indicadores IDD e GDD permitiriam compreender o impacto que desvios em relação ao planejado teriam em relação ao ganho da cadeia e de seus níveis de estoques.



Entretanto, lembrando que tais indicadores são medidos a partir de um gerenciamento de pulmão bem estruturado, a utilização mais adequada destes indicadores esbarra em questões práticas, como a necessidade de se manter pulmões de tempo centralizados e gerenciados para toda a cadeia de suprimentos. Isso equivaleria também a programas de produção únicos para a cadeia de suprimentos, uma condição bastante restritiva, ao menos em cadeias em que seus elos pertençam também a outras cadeias.

Outro aspecto restritivo ao uso de tais indicadores está em como elaborar mecanismos de medição e penalidades provenientes deles. Assim, mesmo que a cadeia possa ser vista como uma empresa virtual, as penalidades em dinheiro-dia ocorreriam e seriam medidas localmente, o que faria com que certas penalidades pudessem ser vistas como injustas para as empresas que as carregassem, devido a desvios cometidos por outras empresas da cadeia. Uma questão limitante que surge neste ponto é como e se as empresas devem pagar pelas eventuais penalidades observadas pelos indicadores propostos.

Cabe destacar que tais questões tampouco estariam perto de serem solucionadas em unidades de negócios individuais, ou seja, restritas a uma única organização.

#### **8.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA TOC NA SCM.**

As principais vantagens observadas em termos de contribuição da TOC para o campo de conhecimento da SCM são decorrentes principalmente da visão sistêmica proporcionada pela TOC, ou seja, a partir da TOC, seria possível planejar e controlar sistemas produtivos, incluindo cadeias de suprimentos, a pelo pressuposto de que o melhor desempenho do todo não é alcançado, necessariamente, pelo melhor desempenho de suas partes. Além disso, parece não haver pesquisas relativas à SCM que propusessem, de uma forma integrada e coerente, um método de programação de produção para toda a cadeia de suprimentos (TPC) e que incluísse mecanismos de controle - como a Gestão do Pulmão - e de medição do desempenho operacional, como os

indicadores GDD e IDD. O próprio conceito de um método de programação de produção atrelado inexoravelmente a um sistema de medição de desempenho seria uma vantagem conceitual na idéia de se coordenar cadeias colaborativas.

No que tange às desvantagens do uso da TOC na SCM, deve-se mencionar a necessidade de se adaptar, de forma integrada, as ferramentas e princípios da TOC ao sistema contábil gerencial das empresas constituintes da cadeia. Pode-se inferir que, uma vez que a aplicação da TOC impõe que toda a medição de desempenho de uma empresa esteja em consonância com o sistema de medição por ela defendido, quando aplicada à SCM, tal abordagem multiplicaria em muito os esforços necessários para esta almejada integração.

Proveniente de relatos da prática, os princípios logísticos da TOC parecem não esbarrar em grandes dificuldades quanto à sua implementação em empresas individuais. Entretanto, como já comentado, não há relatos científicos de implementações reais dos princípios aqui apresentados, o que impede uma maior validação.

Outra limitação da TOC, quando aplicada à SCM, está relacionada à sua unidade fundamental de medição do desempenho, ou seja, dinheiro. Dado que a sobrevivência e a competitividade das cadeias de suprimentos dependem de diversos outros fatores de cunho estratégico, como capacidade de inovar, criar tecnologias e gerenciar os conhecimentos, restringir a medição de desempenho a aspectos puramente financeiros não parece ser o mais adequado. Ainda que, segundo as literaturas pesquisadas, em nenhum momento, os fundamentos da TOC se contrapuseram a esses aspectos, parece não haver estudos que propusessem diretrizes para uma adequada integração dos indicadores operacionais e financeiros da TOC com os indispensáveis indicadores voltados a questões estratégicas de uma cadeia de suprimentos.

## 8.5. CONTRIBUIÇÕES FINAIS

A competição entre cadeias de suprimentos tornou-se uma realidade que amplifica em muitas vezes as dificuldades já encontradas na avaliação de desempenho para as empresas enquanto unidades de negócios isoladas, levando a repensar a importância da colaboração na cadeia de suprimentos. Uma importante questão a ser feita nesse sentido é se as abordagens usuais para avaliação de desempenho em cadeias de suprimentos realmente auxiliam no objetivo proposto pela SCM, o qual visa transformar uma cadeia de suprimentos em uma virtual unidade de negócios.

Ainda em relação a esse aspecto, surgem importantes questões cujas respostas merecem ser tratadas em pesquisas futuras, como: Estariam as empresas, com excesso de capacidade, dispostas a manter a ociosidade necessária em seus recursos a fim de proteger o “elo restritivo” da cadeia de suprimentos e, assim, maximizar o lucro para a cadeia?

Outra questão seria direcionada ao conceito de valor adicionado defendido pela TOC, no qual uma venda deve ser considerada como efetivada somente quando o cliente final da cadeia comprar: De que forma o lucro obtido com a venda de um produto poderia ser dividido entre os membros de uma cadeia colaborativa? Da mesma forma, como distribuir eventuais prejuízos proporcionados pela cadeia de suprimentos? Estes prejuízos poderiam seguir os mesmos critérios da divisão do lucro obtido para a cadeia?

Essas são algumas das questões sugeridas para futuras pesquisas sobre o tema, além das verificações ou aplicações em casos reais para a validação das propostas apresentadas.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKOFF, R. L. *Redesigning the future*. Nova York: Jonh Wiley, 1976.

ARAVECHIA, C. H. M. Avaliação de desempenho em cadeias de suprimentos. Santa Bárbara D'Oeste: UNIMEP, 2001. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de piracicaba, 2001

ARAVECHIA, C. H. M.; SOUZA, F. B.; PIRES, S. R. I. Avaliação de desempenho e teoria das restrições: considerações para a gestão da cadeia de suprimentos. IN: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2000. Bauru. Anais. < <http://www.simpep.feb.unesp.br/gp2000.zip> >. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2000.

AYERS, J. B. *Handbook of supply chain management*. The Saint Lucie Press/APICS series on resource management, 2000.

BARBOSA, L. *A manufatura orientada pela demanda*. Jonah Consultoria. Disponível em: [http://www.jonah.com.br/artigos/2003\\_05\\_Palestra\\_Fenasoft\\_Supply\\_Chain.pdf](http://www.jonah.com.br/artigos/2003_05_Palestra_Fenasoft_Supply_Chain.pdf). Acessado em 25 de setembro de 2004.

BEAMON, B. M. Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 9, n. 3, p. 275-292, 1999.

BLACKSTONE JR., J. H. The theory of constraints – a status report. *International Journal of Production Research*, vol. 39, n. 6, p. 1053 – 1080, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Atlas, 2001.

BOYD, L.; GUPTA, M. Constraints management: what is the theory ?. *International journal of operations & productions management*. V. 24, n.4, p. 350-371, 2004.

BREWER, P.C.; SPEH, T.W. Adapting the balanced scorecard to supply chain management. *Supply Chain Management Review*. v.5, n. 2, p. 48-56, mar/abril, 2001.

CHRISTOPHER, M. *Logística e o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Ed. Pioneira: São Paulo, 2001.

CLM (Council of Logistics Management). Disponível em: <http://www.clm1.org>. Acesso em: 6 julho 2004.

CORBETT NETO, T. *A TOC e seus impactos no gerenciamento de negócios*. Arquivo do MSPowerpoint, UNIMEP, apresentado em 4 junho 2003.

CORBETT NETO, T. *Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo coma Teoria das Restrições*. São Paulo: Ed. Nobel, 1997.

CORREA, H. L. *Supply Chain Management: implementando VMI de forma eficaz*. In: Anais do SIMPOI. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2002.

CORREA, H. L.; GIANESI, I.G.N. *Just in time, MRP II e OPT, um enfoque estratégico*. São Paulo: Atlas, 1993.

COX III, J. F.;SPENCER, M. S. *Manual da teoria das restrições*. Porto Alegre: Bookman, 2002

COX, J. F.; BLACKSTONE, SPENCER, M. S. *APICS Dictionary*, 8<sup>th</sup> ed. Falls Church VA: American Production and Inventory Society, 1995.

CROXTON, K. L. et al. The supply chain management processes. *The International Journal of Logistics Management*, v. 12, n. 2, p. 13-36, 2001.

CSILLAG, J. M. O significado do mundo do ganho. *Revista de Administração de Empresas*, v. 31, n.2, p. 61-68, abr./jun., 1991.

ENCICLOPÉDIA MIRADOR INTERNACIONAL. Enciclopédia Britânica: São Paulo,1981.

FERDOWS, K. *et al.* Evolving global manufacturing strategies: Projections into the 1990's. *International Journal of Production & Operations Management*, v. 6, n. 4 p. 6-16, 1986.

FERDOWS, K. *et al.*, DE MEYER, A. Lasting improvements in manufacturing performance: in search of a new theory. *Journal of Operations Management*. v.9, n.2, p. 168-184, 1990.

FOGARTY, D. W. *et al.* *Production & Inventory Management*. Cincinnati: South-Western Publishing Co., p.666-668. 1991.

FORRESTER, J. Industrial Dynamics: a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, july/aug. 1958.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Ed. Atlas, 1991.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDRATT E. M.; COX, J. *A meta*. São Paulo: IMAN, 1986.

GOLDRATT E. M.; FOX, R. E. *A corrida pela vantagem competitiva*. São Paulo: IMAN, 1989.

GOLDRATT E. M. *A síndrome do palheiro: garimpando informação em um oceano de dados*. Educator: São Paulo, 1991.

GOLDRATT E. M. *Corrente crítica*. São Paulo: Nobel, 1998.

GOLDRATT E. M. *TOC insights into distribution*. Disponível em: <http://www.toc-goldratt.com>. Acesso em: 14 outubro 2004.

GOLDRATT E. M.; SCHRAGENHEIM, E. & PTAK, C. *Necessária, sim, mas não suficiente: uma história baseada na Teoria das Restrições*. Great Barrington: North River Press, 2000.

GOLDRATT E. M. *What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented*. Croton-on-Hudson: North River Press, 1990.

HILL, T. *Manufacturing strategies: text and cases*. Homewood: Irwin, 1989.

HOLMBERG, A system perspective on supply chain measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 30, p. 847-868, 2000.

HOLT, J. *TOC in Supply Chain Management*. Disponível em: <<http://www.vancouver.wsu.edu/fac/holt/em530/supchain.htm>>. Acesso em: 25 novembro 2003.

IGLESIAS, I; BARBOSA, L. *A manufatura orientada pela demanda*. Jonah Consultoria. Disponível em: [http://www.jonah.com.br/artigos/2004\\_09\\_palestra\\_sop.zip](http://www.jonah.com.br/artigos/2004_09_palestra_sop.zip). Acesso em: 25 setembro 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos da metodologia científica*. São Paulo: Ed. Atlas 3<sup>a</sup>.ed., 1991.

LAKATOS, E. M. *Fundamentos da Metodologia Científica*. São Paulo: Atlas, 2001.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, v. 9, n.2, p.1-19, 1998.

LAMBERT, D. M.; POHLEN, T. L. Supply chain metrics. *The International Journal of Logistics Management*, v.12, n.1, p.1-19, 2001

LAPIDE, L. Supply chain planning optimization: just the facts, the report on supply chain management. *Advanced Manufacturing Research*, May 1998.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. *Management Science*, v.43, n.4, abril, 1997.

LINTER. Disponível em: < <http://www.linter.com.br> >. Acesso em: 11 novembro 2004.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussions of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 23, n. 6, p. 568-595, 2003.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

NEELY, A, GREGORY, M., PLATTES, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 15, n. 4, 1995.

OLIVEIRA, S. L. *Tratado de metodologia científica*. São Paulo: Pioneira, 1998.

PÉREZ, J. L. TOC for world class global supply chain management. *21<sup>st</sup> International Conference on Computers and Industrial Engineering*, v.33, n. 1-2, p. 289-293, 1997.

PINTO, J.C. *Avaliação estratégica de desempenho competitivo da manufatura: proposta de um modelo conceitual flexível*. Campinas: UNICAMP, 1998, Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

PIRES, S. R. I. Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo do consórcio modular. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 33, n. 3, p 5-15, jul/ set, 1998.

PIRES, S. R. I. *Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos*. São Paulo: Atlas, 2004.

PIRES, S. R. I.; MUSETTI, M.A. Logística integrada e gestão da cadeia de suprimentos. In: *Fábrica do futuro :entenda hoje como sua industria vai ser amanhã*. São Paulo: Banas, Cap 5, p. 65-76, 2000.

PORTER, M. *Competitive strategy*. Free Press. New York,1980.



PREACTOR. Disponível em: <  
<http://www.preactor.com/Products.asp?product=APS> >. Acesso em: 11  
 novembro 2004.

PRESCIENSYSTEMS. Disponível em: <  
<http://www.presciensystems.com/solutions/aps.html> >. Acesso em: 11  
 novembro 2004.

PROMODEL. vs 6. *PROMODEL Corporation*, 2003. 1 CD-ROM.

PTAK, C.; SCHRAGENHEIM, E. *ERP, tools, techniques and applications for integrating the supply chain*. St. Lucie Press: New York, 2004.

RAHMAN, S. The theory of constraints' thinking process approach to developing strategies in supply chains. *International journal of physical distribution & logistics management*, v. 32, n. 10, p. 809-828, 2002.

ROHNEN, B.; SPECTOR, Y. Managing system constraints: a cost/utilization approach. *International Journal of Production Research*, v. 30, n.9, 1992.

SADOWSKY, R: *Selecting scheduling software*. Disponível em:<[www.iienet.org/membersonly/backissues/1098sand.pdf](http://www.iienet.org/membersonly/backissues/1098sand.pdf)> Acesso em: 01  
 novembro 2004.

SALOMON, D.V. *Como fazer uma monografia*. 10 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

SCC (Supply Chain Council). *Supply Chain Operations Reference Model - SCOR*. Disponível em: <<http://www.supply-chain.org>> Acesso em: 6 julho 2004.

SCHRAGENHEIM E. Measures and trust in SCM. Disponível em: <<http://www.goldratt.co.uk/lib/M&TinSCM.pdf>>. Acesso em: 6 julho 2004.

SILVA, M. T. *Correntes do pensamento administrativo*. In: CONTADOR, J. C. *Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1997.

SIMATUPANG, T. M.; WRIGHT, A. C.; SRIDHRAN, R. Applying the theory of constraints to supply chain collaboration. *Supply chain management: an international journal*, v. 9, n. 1, p. 57-70, 2004.

SIMCHI LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI LEVI, E. *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*. New York: Irwin McGraw-Hill, 2000.

SOUZA, F. B. *Uma visão geral da Teoria das Restrições com aplicação em uma metodologia de integração de empresa*. 1997. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997

SOUZA, F. B.; ARAVECHIA, C. H. M.; PIRES, S. R. I. Aplicação da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos. IN: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 2000. Bauru. Anais. < <http://www.simpep.feb.unesp.br/gp2000.zip> >. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2000.

SOUZA, F. B.; TAKAO, E. L.; SILVA, M. A. C.; ANTONIOLLI, P. D. Utilização da abordagem da Teoria das Restrições na Gestão da Cadeia de Suprimentos: uma revisão conceitual. Anais do SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 2004. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2004.

SPENCER, M. S.; COX, J. F. Optimum Production Technology (OPT) and the Theory of Constraints (TOC): analysis and genealogy. *International Journal of Production Research*, v.33, n.6, p.1495-1504, 1995.

STEIN, R. E. *The theory of constraints: applications in quality and manufacturing*. Nova York: Marcel Dekker, 1997.

STEWART, G. Supply chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence. *Logistics Information Management*, v. 8, n. 2, p. 38-44, 1995.

SYSPRO *Advanced Planning and Scheduling*. Disponível em: < <http://www.syspro.com> > Acesso em: 11 novembro 2004.

UMBLE, E. J.; UMBLE, M. Integrating the Theory of Constraints into Supply Chain Management. *Proceedings of the 33rd annual Decision Sciences Conference*, San Diego, CA, p. 479-484, 2002

UMBLE, M. M.; SRIKANTH, M. L. *Synchronous manufacturing: principles for world class excellence*. Cincinnati: South Western, 1990

VAN HOEK, R. Postponed manufacturing: a case study in the food supply chain. *Supply Chain Management*, v.2, n.2, 1997.

VAN HOEK, R. Reconfiguring the supply chain to implement postponed manufacturing. *International Journal of Logistics Management*.v.9, n.1,1998.

VISOPT: intelligent solutions. Disponível em: < [http://www.visopt.com/Articles/art\\_aps.html](http://www.visopt.com/Articles/art_aps.html) > Acesso em: 11 novembro 2004.

VOLLMANN, T. E.; CORDON, C. Making supply chain relationship work. *M2000 Business Briefing*, n.8, Lausanne, IMD, 1996.

WOOD, T. Jr. e ZUFFO, P. K. Supply chain management. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 38, n.3, p.55-63, jul./set., 1998.

YUAN, K. J.; CHANG, S. H.; LI, R. K. Enhancement of theory of constraints replenishment using a novel generic buffer management procedure. *International Journal of Production Research*, vol. 41, n. 4, p. 725-740, 2003.

## APÊNDICE

Este apêndice apresenta um cenário ilustrativo da lógica de distribuição baseada na TOC tratada no Capítulo 5 e foi construído a partir do uso de um simulador, como será aqui discutido. O simulador utilizado foi o ProModel<sup>®</sup>, da empresa *Promodel Corporation*.

O modelo de distribuição considerado utiliza o conceito de demanda “puxada” a partir dos pontos de venda (PDV), como pode ser visualizado na Figura 25. A rede de distribuição exemplificada consta de 4 pontos de venda (PDV), 2 armazéns regionais (AR) e 1 Depósito central (DC) junto à fábrica.

A lógica do modelo utiliza-se do conceito de reposição periódica usualmente conhecido considerando-se reabastecimentos no PDV, nos AR e no DC do modelo.

Para o dimensionamento dos estoques nos elos da rede de distribuição, foram utilizados os seguintes parâmetros e notações: *lead times* de reabastecimento (LTR), intervalo entre pedidos (IP), *lead times* de suprimento (LTS) e um fator de segurança (FS) para cada elo. As demandas nos PDV seguem distribuições normais com um determinado desvio padrão. O LTS é igual à soma do LTR com o IP, como já discutido no Capítulo 5.

Os valores utilizados para cada um desses parâmetros estão na Tabela 10 deste apêndice. A última linha desta tabela apresenta os estoques máximos calculados para o DC, os dois ARs e os quatro PDVs.

O modelo simula a dinâmica de reabastecimento de dois produtos, respectivamente 1 e 2, os quais são produzidos por uma fábrica localizada junto ao DC (na qual há restrição de capacidade), e distribuídos para os armazéns regionais e seus respectivos PDVs a partir das demandas reais desses PDV.

## DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES

Os valores de demanda média, capacidade de fabricação, tempos de *set up* e disponibilidade dos recursos utilizados neste exemplo são baseados no exemplo numérico sugerido por Umble & Umble (2002) e comentado no Capítulo 5 deste trabalho, ou seja:

Demanda média: 360 unidades/semana para cada produto;

Turno de funcionamento dos PDVs, ARs e DC: 8 horas por dia, 6 dias por semana;

Demanda diária em cada um dos PDVs (por hipótese, a demanda é a mesma em cada PDV): 15 unidades/dia ( $360 / 6$  dias por semana / 4 PDVs);

Demanda diária em cada um dos ARs: 30 unidades/dia ( $15 \times 2$  PDVs por AR);

Demanda diária no DC: 60 unidades/dia ( $30 \times 2$  ARs);

Capacidade de produção da fábrica ou do RRC: 5 unidades/hora;

Tempo de *set up* do RRC da fábrica: 24 horas;

Disponibilidade semanal do RRC: 168 horas (24 horas/dia, 7 dias/semana).

Para o cálculo dos estoques máximos no DC, nos ARs e nos PDVs, foram utilizadas as mesmas metodologias descritas no capítulo 5, vistos na seqüência.

Cálculo do Estoque Máximo ( $E_{max}$ ) do DC:

Para um *mix* de dois produtos com demanda de 360 unidades/ semana para cada produto, é necessário produzir-se um total de 720 unidades para os dois produtos por semana para atender-se ao mercado. Ao se tentar atender as necessidades de ambos os produtos semanalmente, seriam necessárias 48 horas de *set up* por semana, o que permitiria 120 horas para dedicar-se à

produção dos dois produtos. Neste tempo, no entanto, poder-se-ia produzir apenas 600 unidades, aquém, portanto, das 720 unidades necessárias.

Ao se optar por atender as necessidades totais dos dois produtos em ciclos de duas semanas (tempo de ciclo da fábrica ou *cycle time* igual a duas semanas), no entanto, tem-se 336 horas semanais que, descontadas as 48 horas necessárias para *set up*, resultam em 288 horas produtivas disponíveis. Nessas 288 horas pode-se produzir 1440 unidades de ambos os produtos, o que equivale, exatamente, à demanda bi-semanal dos dois produtos.

Conclui-se, portanto, que o tempo de ciclo da fábrica é duas semanas, ou seja, após terminado um lote de um determinado produto, somente após duas semanas poder-se-ia ter um outro lote deste mesmo produto. Para que não haja falta de um dos itens no DC, a princípio, um estoque equivalente a duas semanas de cada item parece ser suficiente (o *lead time* de fabricação, ou de suprimento, ou pulmão de mercado, de cada um dos itens, ou seja, o tempo entre a identificação de uma necessidade e a conclusão do item foi desprezado neste exercício). No entanto, nessa situação, nenhuma proteção haveria para variações na taxa de demanda de qualquer dos itens ou mesmo de qualquer variação negativa na capacidade produtiva do RRC. Para reduzir as ocorrências de *stock-out*, no exemplo que se segue, foi considerado um fator de segurança de 1,5. Desta forma, o DC deverá manter um nível de estoque de 2 semanas vezes 1,5 para cada um dos dois itens, o que equivale a 1080 unidades de cada um.

#### Cálculo do Estoque Máximo (Emax) dos ARs e dos PDVs

Como já explicado no Capítulo 5, o nível máximo de estoque deve ser calculado multiplicando-se o LTR pela demanda média. A este valor deve ser multiplicado um fator de segurança. No caso dos ARs, este fator de segurança é da ordem de 2,0 e nos PDVs de 3,0. Deve-se perceber que os fatores de segurança são maiores onde os desvios padrões são também maiores. Ainda que a tabela 10 tenha fornecido apenas os valores dos desvios nos PDVs, pela agregação da demanda, os desvios padrões tendem a reduzir do PDV para o

AR e deste para DC. Assim, o estoque máximo em cada *site*, por produto, será:

$$E_{max} = LTR \times D \times FS$$

$$E_{max} (AR1) = 8 \times 30 \times 2,0 = 480 \text{ unidades}$$

$$E_{max} (AR2) = 6 \times 30 \times 2,0 = 360 \text{ unidades}$$

$$E_{max} (PDV11) = 3 \times 15 \times 3,0 = 135 \text{ unidades}$$

$$E_{max} (PDV12) = 7 \times 15 \times 3,0 = 315 \text{ unidades}$$

$$E_{max} (PDV21) = 12 \times 15 \times 3,0 = 540 \text{ unidades}$$

$$E_{max} (PDV22) = 17 \times 15 \times 3,0 = 765 \text{ unidades}$$

*TABELA 10 – RESUMO DOS PARÂMETROS DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO E CÁLCULO DO ESTOQUE MÁXIMO EM CADA ELO*

	DC	AR1	AR2	PDV11	PDV12	PDV21	PDV22
LTS (em dias)	-	7	5	1	5	10	15
IP (em dias)	14	1	1	2	2	2	2
LTR (em dias)	14	8	6	3	7	12	17
FS	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Demanda média (em unidades por dia por produto)	60	30	30	15	15	15	15
Desvio padrão da demanda (em unidades por dia)				10	10	10	10
E <sub>max</sub> calculado (em unidades, por produto)	1080	580	360	135	315	540	765

As quantidades a serem pedidas no sistema de distribuição, dentro do tempo de ressuprimento para o DC, para os AR e para cada um dos PDV, são

calculados como estoque máximo em cada respectiva instalação menos o estoque em trânsito para cada *site*.

A Tabela 11 a seguir apresenta os resultados, relacionados aos estoques médios observados no DC, nos ARs e PDVs e os níveis de serviço observados, na forma de *stock-outs*, provenientes da simulação. A idéia desse cenário é puramente ilustrativa e, portanto, não houve preocupação com o tratamento estatístico de dados.



TABELA 11 – RESUMO DOS DADOS OBTIDOS COM O SIMULADOR PROMODEL®

Tempo decorrido em dias	Estoque PDV11	Estoque PDV12	Estoque PDV21	Estoque PDV22	Estoque AR1	Estoque AR2	Estoque DC
0	135	315	540	765	380	360	1080
1	135	315	540	765	380	360	1080
2	135	315	540	765	380	360	1080
3	135	315	540	765	380	360	1080
4	135	284	540	762	349	357	1046
5	120	251	521	752	349	357	1046
6	120	251	521	752	301	328	969
7	93	226	494	745	301	328	969
8	93	226	494	745	234	294	868
9	106	232	463	699	234	297	868
10	106	232	463	699	180	220	737
11	111	247	437	672	211	249	737
12	111	247	437	672	169	196	642
13	134	268	397	657	217	230	642
14	134	268	397	657	212	175	1302
15	87	270	382	630	279	252	1302
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
133	107	227	325	538	55	293	0
134	107	227	338	538	145	176	0
135	103	251	310	516	215	248	0
136	103	251	357	516	170	187	0
137	101	256	322	518	223	217	0
138	101	256	370	518	170	153	0
139	114	275	356	519	227	153	0
140	114	275	393	519	198	112	720
141	89	261	360	545	198	112	290
142	89	261	360	545	125	73	178
143	133	247	345	542	125	73	178
144	133	247	415	542	90	7	77
145	105	212	403	554	90	7	77
146	105	212	431	554	17	248	0
147	104	203	397	541	17	287	0
□ <b>Estoque Médio</b>	<b>109,6</b>	<b>246,8</b>	<b>408,4</b>	<b>609,1</b>	<b>188,9</b>	<b>208,5</b>	<b>468,4</b>

TABELA 12 – NÍVEL DE SERVIÇO OBTIDO A PARTIR DO SIMULADOR PROMODEL®

Dias de operação		146
Locais de ocorrência de <i>stock-outs</i>	<i>Stock outs</i> (em dias de não atendimento)	Nível de atendimento %
PDV11	0	100%
PDV12	0	100%
PDV21	0	100%
PDV22	0	100%
AR1 devido ao PDV11	1	99%
AR1 devido ao PDV12	1	99%
AR2 devido ao PDV21	2	99%
AR2 devido ao PDV22	3	98%
DC devido ao AR1	14	90%
DC devido ao AR2	20	86%

Ainda que o intuito da simulação seja puramente ilustrativo, vale fazer um breve comentário em relação aos resultados apresentados em termos de *stock-outs* e nível de atendimento. Pode-se notar que o nível de atendimento dos PDVS foi de 100%, o que talvez denote que o fator de segurança utilizado foi excessivamente alto. Por outro lado, o DC apresentou um nível de serviço entre 86% e 90%, relativamente baixo, levando à conclusão que o fator de segurança adotado talvez sido subdimensionado.

A figura a seguir apresenta a tela do ProModel® com uma ilustração do cenário da rede de distribuição em foco. Na contra-capá desta dissertação de mestrado pode-se encontrar um CD com os arquivos necessários para simulação. No entanto, esta simulação só é possível na presença do software ProModel® instalado.

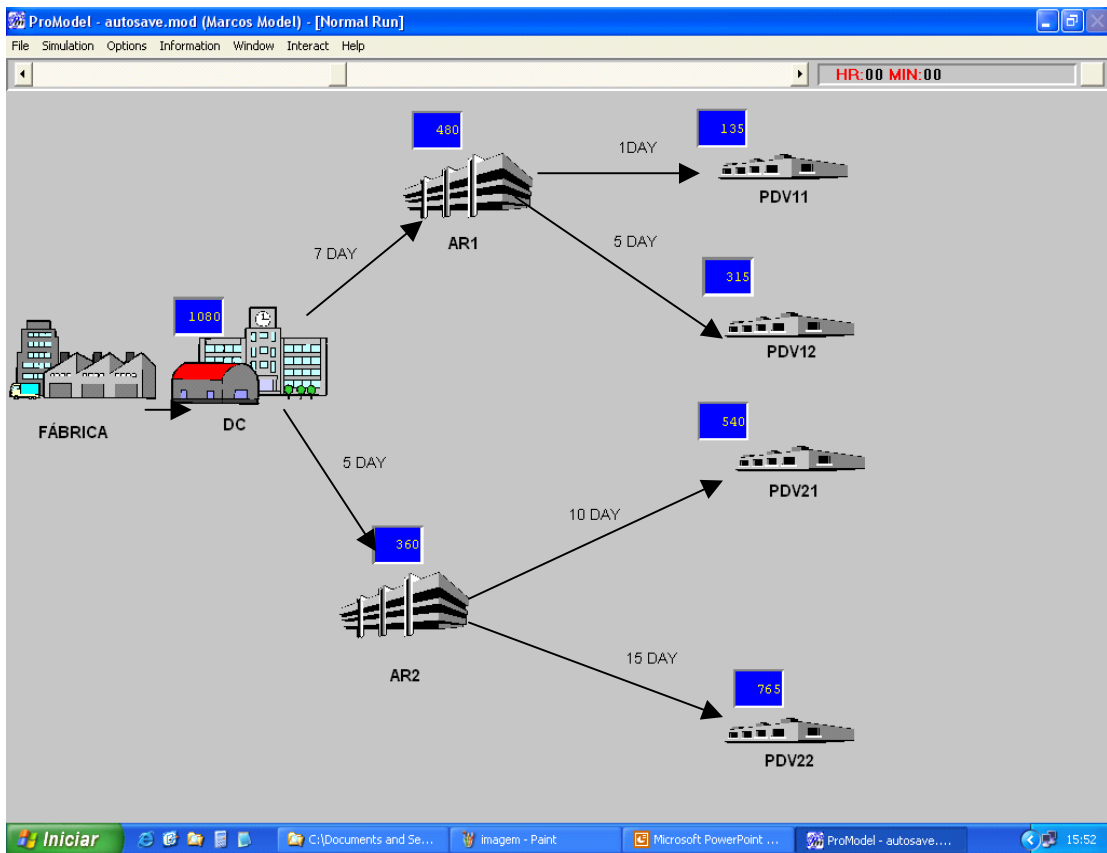


FIGURA 25 – ILUSTRAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO TOC

FONTE: PROMODEL, 2003

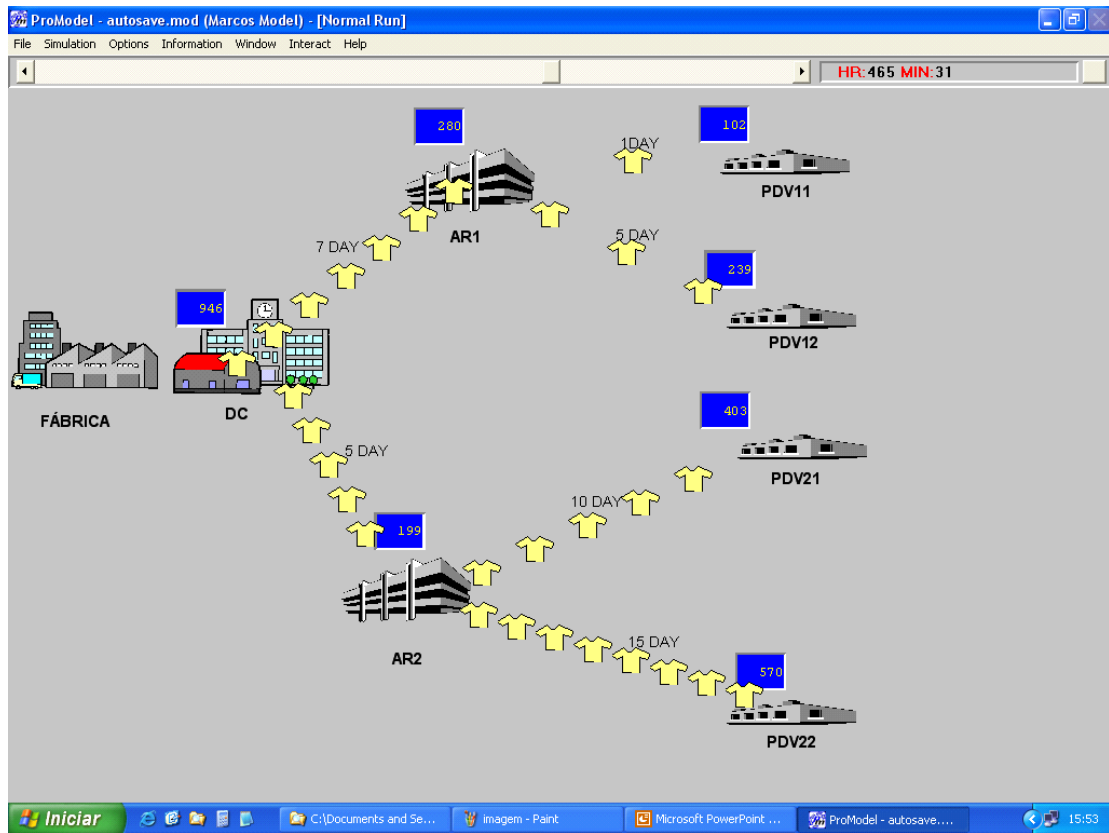


FIGURA 26 – SIMULAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO TOC

FONTE: PROMODEL, 2003