

2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesse capítulo serão apresentados os principais conceitos que fundamentaram o trabalho, a fim de promover, por intermédio da descrição do cenário, o entendimento do problema em estudo e dos mecanismos utilizados na solução proposta, com ênfase na administração dos estoques.

2.1 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O SCM pode também ser definido como duas ou mais empresas independentes trabalhando juntamente para alinhar seus processos de suprimentos, objetivando a geração de valor não só aos clientes finais, mas também aos envolvidos no processo, sendo esperado um sucesso maior trabalhando conjuntamente em um ambiente colaborativo do que agindo sozinhos.

Conforme apontado por Simatupang *et al.* (2004), essas empresas colaboradoras dividem as responsabilidades e os benefícios por estabelecerem um grau de cooperação com seus parceiros predecessores e sucessores, com o objetivo de criar uma vantagem competitiva através de mecanismos como o aumento de acesso ao mercado, melhores fontes de materiais e custo-efetivo de transporte.

Quando todos os membros da cadeia interagem e agem como uma entidade homogênea, o desempenho é melhorado por toda a cadeia, tanto quanto o equilíbrio entre o fornecimento e a demanda contribui para incrementar os lucros.

Adicionalmente, com o aumento da competitividade, a concorrência vem deixando de acontecer entre as empresas para ocorrer entre as cadeias de suprimento. Uma empresa isolada não mais sobrevive, precisando ela estar integrada com seus clientes e fornecedores. Não adianta um fabricante adotar as melhores práticas se seus fornecedores forem caros e/ou seus canais de distribuição forem ineficientes no atendimento às expectativas dos clientes finais (DI SÉRIO; SAMPAIO, 2001).

Ainda segundo Di Sérgio e Sampaio (2001), o planejamento e a aplicação do SCM, em um primeiro nível de abrangência estratégica, têm como parâmetros a

utilização de modelos de decisão baseados em análises econômicas (custos de manufatura *versus* custos de aquisição), análises de custos de transação (relações comerciais e mensuração de riscos entre clientes/fornecedores), análises estratégicas (vantagens competitivas, produtos *versus* mercado e competências essenciais) e análises multidimensionais (alocação de despesas, capacidade de inovação, fatores humanos, maturidade tecnológica, dentre outros). Em um segundo nível de abrangência gerencial e operacional, realiza-se o planejamento das necessidades de materiais (*material requirement planning* – MRP) e o planejamento dos recursos de manufatura (*manufacturing resource planning* - MRP-II), podendo também associá-los ao *just-in-time* (JIT) e ao *Kanban* (CORRÊA *et al.*, 1997).

Apesar de o principal propósito do SCM seja alcançar uma solução de otimização e ganhos para todos os membros envolvidos, frequentemente há uma grande disparidade entre os potenciais benefícios e a prática (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Todavia, apesar de todo o aperfeiçoamento desenvolvido, verifica-se na prática que, em geral, os usuários não atingiram melhores resultados, tanto em rentabilidade quanto na gestão eficaz dos processos, devido à ausência de uma visão sobre as restrições que afetam o desempenho global da cadeia.

De fato, o delineamento e a análise da cadeia como um todo é essencial para se alcançar um SCM eficiente. Em outras palavras, um bom projeto de cadeia de suprimentos através de uma integração global é a chave para a redução de custos entre todos os envolvidos. O modelo deve ser capaz de integrar os diversos parceiros da cadeia, contribuindo para a otimização do desempenho global da mesma, e não somente para membros individuais ou entidades de classe (WANG *et al.*, 2004).

Para Lambert (2001), é particularmente importante prestar atenção ao fato de que há uma grande confusão a respeito do que exatamente o SCM implica, pois, na realidade, muitas pessoas o interpretam, simplesmente, como sinônimo de logística, ou logística dedicada para clientes e fornecedores, compreendendo o gerenciamento do fluxo de materiais e informações através da cadeia de suprimentos. Todavia, o SCM é muito mais relevante e complexo do que isto, pois o sucesso de um SCM envolve uma conexão e alinhamento interfuncional dos processos-chave dentro e através da rede de companhias ao longo da cadeia. A Figura 2 ilustra, esquematicamente, este conceito:

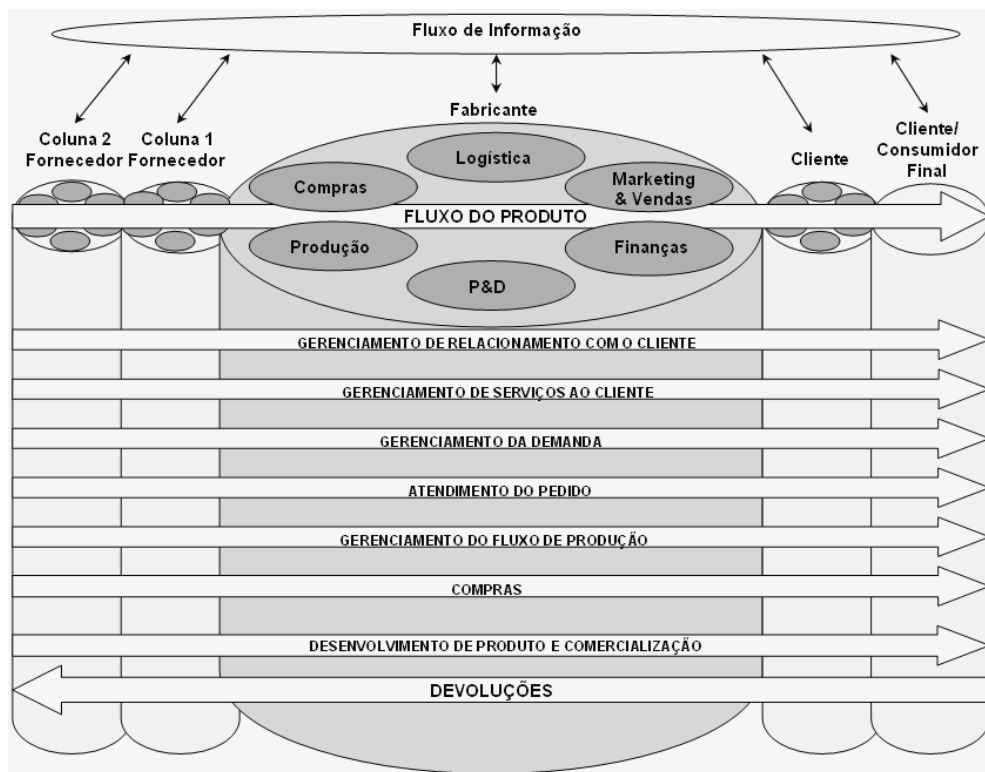


Figura 2 – SCM: integrando e gerenciando os processos empresariais através da cadeia de suprimentos.

(Fonte: Lambert; Cooper, 2000).

A eficiência da cadeia de suprimento é medida pela sua capacidade de prover um ininterrupto e preciso fluxo de produtos para os clientes.

Porém, na busca por este objetivo, frequentemente os níveis de estoques recebem um incremento de “segurança” a cada nível predecessor da cadeia, a fim de garantir o pronto fornecimento de bens ao elemento sucessor da cadeia (cliente interno) em casos de aumentos repentinos da demanda.

O resultado final é o estoque estagnado pela não efetivação deste suposto aumento da demanda, processo este conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*). Por isto, se faz essencial entender as causas deste comportamento e verificar alternativas para minimizá-lo. Isto será, apropriadamente, abordado na seção 2.1.2 deste capítulo.

Stadler (2005) acrescenta, também, que um dos elementos que contribuem para este tipo de problema é a comunicação deficiente entre os sistemas de

informação que integram cada sistema integrado de gestão empresarial (*enterprise resource planning* – ERP) adotado pelas empresas dentro da cadeia. Neste contexto, surge então o planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS), com a função de ajudar no alinhamento das informações entre as companhias de forma “inter-ERPs”, através de modelos algorítmicos de pesquisa operacional, baseados nos princípios do planejamento hierárquico.

Ainda segundo Stadler (2005), o foco principal do planejamento hierárquico se dá no suporte ao fluxo de materiais através dos processos empresariais de aquisição, produção, transporte, distribuição e vendas, associado às seguintes tarefas de planejamento:

- a. Planejamento da demanda;
- b. Planejamento estratégico da rede de comunicações;
- c. Planejamento mestre;
- d. Planejamento de produção e programação detalhada;
- e. Planejamento das necessidades de materiais e compras;
- f. Planejamento da distribuição;
- g. Planejamento de transporte;
- h. Garantia de empenho (reserva) de materiais para disponibilidade e atendimento da demanda.

Além de ser necessário propor uma solução para os problemas decorrentes do efeito chicote, Disney e Towill (2002) afirmam que muitas companhias são, atualmente, compelidas a melhorar suas operações na cadeia de suprimentos através do compartilhamento das informações de demanda e estoques com os respectivos fornecedores e os clientes.

Além disto, Disney e Towill (2002) destacam que os mecanismos que estas empresas têm desenvolvido para tal propósito são essencialmente congruentes com a ideia primária do VMI, segundo o qual o sistema de controle para produção, distribuição e armazenagem é monitorado através de estoques em posições estratégicas de convergência no fluxo da cadeia, com as taxas de demanda conhecidas por todos os parceiros em toda a sua extensão.

Enfim, reproduzindo parte da conclusão do *Supply Chain Directions Summit* 2006: “A cadeia de suprimentos na indústria está em transformação. Ao passo que as cadeias de suprimentos evoluem em escala, fabricantes e distribuidores estão redefinindo seus relacionamentos e interfaces com seus provedores de serviços

logísticos e de transportes, requerendo destes melhores índices, melhores taxas, melhores serviços prestados e melhor visibilidade”.

2.1.1 O MRP e sua influência no cenário contemporâneo do SCM

É comum verificarmos que, de forma geral, as características presentes em uma cadeia de suprimentos tradicional compreendem empresas de médio porte, focadas na maximização das vendas aos seus clientes diretamente sucessores.

Ao mesmo tempo, estas companhias utilizam-se das negociações para explorar ao máximo possíveis vantagens financeiras sobre os seus fornecedores diretamente antecessores.

Este comportamento acarreta uma visão limitada do sistema logístico, posto que estas empresas estão empenhadas na busca pelos seus resultados individuais, direcionando então suas ações para o gerenciamento da produção, das vendas e do planejamento financeiro, menosprezando sistematicamente as relações entre todos os parceiros e desviando-se do objetivo principal: o cliente final.

A Figura 3 ilustra, genericamente, o relacionamento tradicional entre as empresas de médio porte na cadeia de suprimentos.

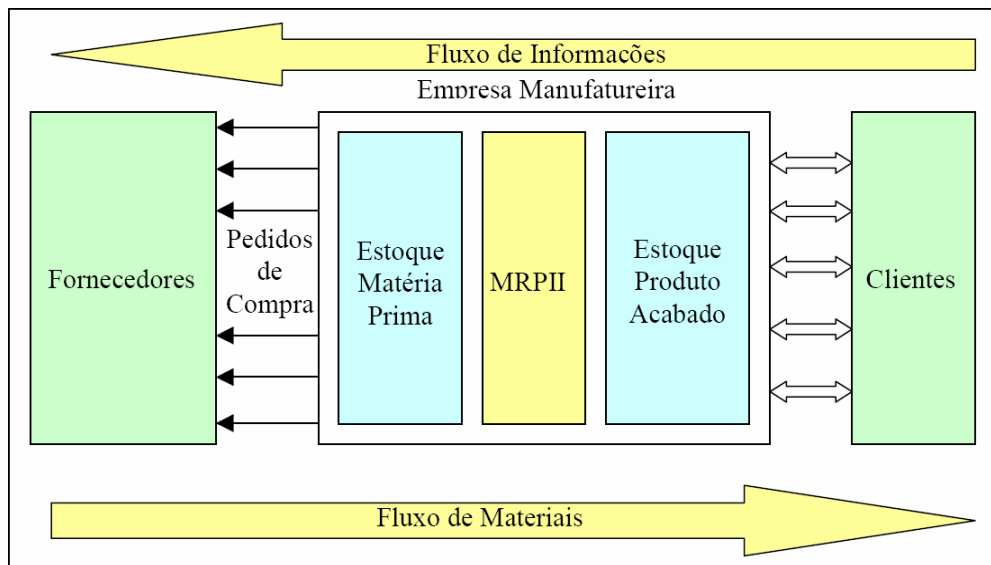


Figura 3 – Cadeia de suprimentos tradicional.

(Fonte: Santos *et al.*, 2007).

Assim como qualquer sistema MRP (*material requirement planning*) ou MRP-II (*manufacturing resource planning*), este modelo apresentado na Figura 3 é

dimensionado com base nas expectativas de demanda do mercado, ou seja, as previsões de consumo dos clientes.

O MRP-II se utiliza então das informações das previsões de vendas para delinear o planejamento da produção, executando, de forma geral, as seguintes atividades:

- i. Realizar o cálculo dos materiais necessários e em que prazos, tomando como referência a estrutura de produto atualizada e o plano-mestre de produção;
- ii. Cruzar as quantidades calculadas com as informações dos estoques disponíveis;
- iii. Considerar como não disponíveis os materiais já empenhados para outras ordens de produção na fila;
- iv. Definir a quantidade final necessária e assegurar o planejamento de compras, de acordo com os *lead-times*, capacidade e lotes econômicos de produção indicados pelos fornecedores;
- v. Disparar os pedidos de compra para os fornecedores e monitorar o ciclo de fornecimento.

Santos *et al.* (2007) afirmam que este processo se comporta com base nas expectativas de que não só a previsão de vendas se efetive, mas também de que as flutuações da demanda sejam prontamente atendidas, visando minimizar as vendas perdidas pela falta momentânea de produtos.

Este comportamento contribui então para que, neste modelo, estejam presentes:

- Estoques de produtos acabados, de forma a atender as demandas repentinas e não programadas dos clientes;
- Estoques de materiais em processo;
- Estoques de matérias-primas e componentes comprados.

Por ser um modelo largamente utilizado há décadas, o MRP-II é uma ferramenta que, normalmente, já está incorporada aos ERPs das empresas, com *know-how* bastante difundido entre os profissionais de planejamento, programação e TI disponíveis no mercado, sendo relativamente fácil sua implementação nas companhias.

Entretanto, o algoritmo de processamento do MRP-II presume que todos os requisitos impostos pelo programador sejam realizáveis, independente do uso

sequencial e da capacidade finita dos recursos de manufatura, dentre estes um recurso restritivo de capacidade (RRC).

Estas variáveis, associadas às falhas de fornecimento de matérias-primas (quantidades insuficientes e/ou prazos excedidos) provocam o aumento dos estoques e paradas sucessivas na produção, uma vez que toda a linha de produção será interrompida pela falta de um único componente, desperdiçando a eficiência do sistema com as frequentes reprogramações, reabastecimentos e *set-ups* não planejados.

Do mesmo modo, este sistema não associa o encerramento dos pedidos de compras e a finalização das ordens de produção com a venda real do produto, pois os processos seguem os princípios do sistema “empurrado” (a ser descrito na seção 2.2.1.5).

Este processo contribui para os problemas de amplificação da demanda na cadeia de suprimentos, pois cada empresa incrementa uma margem de segurança no seu respectivo planejamento, provocando um excesso desnecessário de estoques ao longo da cadeia (maiores informações sobre o SCM e o sistema puxado serão esclarecidos na seção 2.3.2).

A fim de proteger a produção contra as flutuações da demanda, o planejamento de suprimentos é feito com estimativas incrementadas de alguma segurança, tomando por certo que as previsões de consumo sofrerão oscilações. O resultado final será o comprometimento da visibilidade sobre as necessidades do que realmente está sendo demandado pelos clientes.

A adoção de margens de segurança estimula, então, a manutenção de estoques significativos de matérias-primas e itens comprados ao longo da cadeia, a fim de se prevenir contra as incertezas do mercado.

Este cenário afeta negativamente a clareza e precisão das informações acerca das reais necessidades de cada membro durante as negociações com seus respectivos fornecedores. Esta falta de visibilidade é transmitida através de toda a cadeia de suprimentos, gerando um efeito em cascata.

Lee *et al.* (1997), destacam que este fenômeno de sucessivas amplificações e reduções da demanda é conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*). Vários pesquisadores têm sugerido que as iniciativas de colaboração entre os membros das cadeias de suprimentos podem minimizar este fenômeno.

Em adição a isto, o MRP-II não tem correspondido, na prática, à necessidade de se programar considerando as restrições de capacidade e de materiais, posto, também, que o sistema “empurrado” presume que o realizável terá aderência ao planejamento determinístico do MRP.

Finalizando, na seção 2.2.1.5 e no capítulo 2.3 será esclarecido que há um conflito entre conciliar altas eficiências locais e baixos níveis de inventário ao mesmo tempo (CORBETT, 2007). Esta situação, normalmente presente no SCM, persiste devido às otimizações locais impostas pelo mundo dos custos (a ser abordado adiante), associadas às políticas tradicionais de planejamento e controle de produção, subordinadas aos sistemas empurrados (MRP e MRP-II).

2.1.2 O efeito chicote (*the bullwhip effect*)

Segundo Simchi-Levi *et al.* (2003), muitos fornecedores observaram, nos últimos anos, que os estoques aumentavam significativamente ao longo de suas cadeias de suprimentos, apesar da demanda dos clientes permanecer relativamente estável, sem flutuações com a mesma significância.

Santos *et al.* (2007) afirmam que, de forma natural, a tentativa de minimizar o impacto das flutuações dos processos provoca uma amplificação da demanda na direção inversa ao fluxo do consumo, conforme é apresentado na Figura 4.

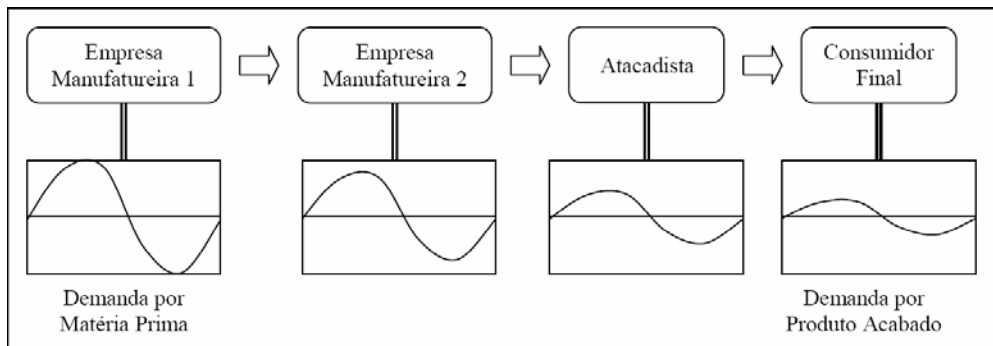


Figura 4 – Amplificação da demanda ou efeito chicote.

(Adaptado de Taylor, 2004).

Simchi-Levi *et al.* (2003) explicam que o atacadista recebe os pedidos do varejista (consumidor final) e os coloca para o seu fornecedor (a empresa manufatureira 2).

Se o atacadista não tiver informações sobre a demanda de seu cliente, e em função da variabilidade histórica dos pedidos anteriormente colocados por ele, o atacadista se vê forçado a alocar mais estoque de segurança do que o varejista realmente precisa, na intenção de satisfazer o nível de serviço em caso de um

possível aumento da demanda. Este aumento da quantidade (segurança) é, portanto, adicionado aos pedidos a serem colocados para os seus fornecedores.

Como todos os parceiros se inserem no mesmo contexto, todos os predecessores na cadeia irão reagir da mesma maneira, incrementando seus estoques cada vez mais, até o início do sistema.

A origem do estudo sobre o comportamento da amplificação da demanda nas cadeias de suprimentos se deu no início dos anos 90, quando a companhia Procter & Gamble decidiu investigar as causas das flutuações nas demandas das matérias-primas utilizadas na fabricação de suas fraldas da marca Pampers (TAYLOR, 2004). A Procter & Gamble apelidou então este efeito de *bullwhip*, ou efeito chicote.

Dias (2003) destaca que o impacto negativo deste efeito resulta em um aumento sucessivo dos estoques de segurança no sentido predecessor da cadeia. Conseqüentemente, o nível dos serviços é prejudicado, justamente pelo aumento da complexidade logística causada ora pelo excesso de estoque não utilizado, ora pela falta de estoque.

Além disso, este aumento da complexidade consome o tempo que deveria estar direcionado para os itens realmente necessários, contribuindo para o crescimento da falta de produtos.

Para Simchi-Levi *et al.* (2003), é importante identificar técnicas e ferramentas que possibilitem controlar o efeito chicote, controlando o aumento da variabilidade ao longo das cadeias de suprimentos. Para este propósito, é necessário então compreender, segundo Lee, Padmanabhan e Whang (1997), as principais causas que contribuem para a ocorrência do efeito chicote, e como minimizá-las:

1. **Processamento das variações na demanda:** a ausência da visibilidade, tanto dos fornecedores quanto dos fabricantes, acerca do real consumo dos seus produtos, provoca a distorção da demanda, uma vez que o sistema empurrado trabalha com previsões acrescentadas de uma margem para cobrir uma suposta variação do consumo.

Para este caso, o compartilhamento das informações de consumo entre as empresas que atuam na cadeia de distribuição minimizará esta consequência.

Contudo, os diferentes métodos de previsão que são atualmente utilizados entre as empresas, não irão eliminar o efeito chicote, uma vez que os processos de raciocínio e comportamento tradicionais levam a previsões constantemente defasadas da real necessidade do mercado.

2. **Aprovisionamento (compras de prevenção à falta):** no sistema empurrado (a ser abordado na seção 2.3.2), as empresas tendem a encomendar quantidades de insumos maiores do que a sua real necessidade, com o intuito de se proteger contra situações em que há falta de produtos.

O fabricante deve então compartilhar as informações acerca de seus estoques e do planejamento da produção, a fim de evitar pedidos distorcidos.

3. **Formação de lotes de compra e de produção:** se o fabricante não possui informações sobre o consumo de seus produtos, é recomendável promover a redução de custos fixos de pedidos, produção e transporte.

É recomendável, também, evitar a utilização de “períodos de revisão dos estoques”, posto que estes estimulam a formação de lotes, resultando em um fluxo intermitente (não-contínuo) de materiais.

4. **Variações de preço:** algumas políticas comerciais, baseadas em promoções através de variações de preços, geram picos de consumo que distorcem o fluxo contínuo de materiais.

A substituição destas políticas por outras estratégias de mercado, como, por exemplo, a prática de “preço baixo todo dia” (*every day low price*), ou a flexibilização da razão entre a compra e a entrega dos produtos, possibilitam dividir uma grande compra em várias entregas com quantidades menores, ao mesmo tempo favorecendo baixa amplitude nas variações dos estoques.

Conforme apontado por Santos *et al.* (2007), a amplificação da demanda (ou efeito chicote) e sua minimização tem sido objeto de muitos estudos científicos. O VMI (a ser discorrido na seção 2.4.1) é apontado por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) como um dos principais vetores que atuam no sentido da redução do efeito chicote, e tem sido aplicado com sucesso neste sentido.

2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (THEORY OF CONSTRAINTS – TOC)

Para Mabin e Balderstone (2003), a TOC é uma metodologia de aplicações multifuncionais, que tem sido progressivamente aperfeiçoada para auxiliar as pessoas e organizações, com ou sem fins lucrativos, a pensarem sobre os problemas e suas origens, desenvolvendo soluções inovadoras e implementando-as com sucesso.

Desenvolvida inicialmente pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt, a TOC foi popularizada através dos romances:

- “A Meta” (Goldratt and Cox, 1992/2002): foco em manufatura e TPC;
- “A Síndrome do Palheiro” (Goldratt, 1992): foco em contabilidade de custos, contabilidade de ganhos e programação;
- “Não é sorte” (Goldratt, 1994/2004): foco em negociação e processos de raciocínio;
- “Corrente Crítica” (Goldratt, 1998): foco em gerenciamento de projetos;
- “Necessária sim, mas não suficiente” (Goldratt; Schragenheim; Ptak, 2000): foco em SCM e ERPs.

Watson, Blackstone e Gardner (2007) acrescentam também que, primariamente, a TOC surgiu em 1979, a partir da introdução do software de programação chamado *Optimized Production Timetables* (OPT), que com o seu aperfeiçoamento e difusão passou a ser denominado *Optimum Production Technology*.

Desde então, com a evolução e o amadurecimento em termos de propostas para programação de produção, Souza (2005) pondera que a TOC não pode mais, portanto, ser atualmente vista como sinônimo do método proposto no OPT. Em seu lugar, a abordagem tambor-pulmão-corda (TPC) é hoje a principal metodologia voltada para o planejamento e controle da produção segundo a TOC.

Para que a proposta deste trabalho seja compreendida, faz-se necessário apresentar, com um pouco mais de detalhes, os preceitos da TOC, os quais são apresentados na sequência.

2.2.1 Fundamentos da TOC

A TOC é uma metodologia de gestão que pode ser aplicada em sistemas voltados para gestão de manufatura, gestão de operações, gerenciamento de projetos, *marketing*, estratégia e gestão da cadeia de suprimentos.

Conforme proposto pelos processos de raciocínio da TOC, o planejamento, a execução e o controle do sistema são realizados através do gerenciamento das restrições, baseando-se no pressuposto de que se deve atuar na origem (causa-raiz) da restrição, a qual impede o sistema de alcançar sua principal meta. A meta pode ser compreendida como a maximização dos ganhos e da rentabilidade do sistema como um todo.

Adicionalmente, os processos de raciocínio devem auxiliar na “identificação e criação de soluções ganha-ganha entre as entidades do sistema” (COX III *et al.*, 1995, p. 85).

Para a compreensão desta filosofia de gestão, faz-se necessário então abordar, conceitualmente, os fundamentos da TOC, que compreendem:

- O conceito de restrição;
- O processo de melhoria contínua através da focalização em 5 etapas;
- Os conceitos de tambor, pulmões e corda, e como proteger o tambor através da programação TPC e do gerenciamento dos pulmões;
- Os processos de raciocínio da TOC;
- Os paradigmas que embasam as tomadas de decisão sob os pontos de vista da contabilidade de custos, em detrimento da contabilidade de ganhos.

2.2.1.1 O conceito de restrição

“A Restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. 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” (COX III *et al.*, 1995, p. 15).

De forma semelhante, Watson *et al.* (2007) acrescentam que as restrições podem se apresentar em três naturezas: física (capacidade de algum recurso menor do que a demanda), de mercado (demanda menor do que a capacidade de um recurso restritivo), e políticas (regras formais e informais que limitam a capacidade

produtiva do sistema). Dentre as restrições físicas, apresentam-se, como exemplos, um equipamento restritivo de capacidade ou a falta de insumos e matéria-prima. Dentre exemplos de restrições políticas, podem-se relacionar condutas administrativas institucionalizadas de ordem processual, cultural e corporativa.

Analogamente, o núcleo da TOC consiste em compreender a existência de restrições no sistema, conforme destaca Corbett (1997), quando afirma que todo sistema possui ao menos uma restrição, pois se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, seu rendimento seria infinito. Se uma empresa não possuísse uma restrição, seu lucro seria infinito.

Para Rahman (2002), identificar a restrição significa então discernir e reconhecer os elementos que limitam o desempenho do sistema. Estas restrições não compreendem somente as limitações de capacidade físicas, podendo também estar situadas na administração, no mercado, ou até instituídas na política empresarial da organização.

Em complemento a isto, Rahman (1998) ainda considera que, sob o ponto de vista de capacidade de um sistema, a restrição está sempre em algum recurso dentro deste, que aqui pode ser entendido como qualquer elemento necessário à produção de um produto ou serviço, como, por exemplo, pessoas, máquinas, equipamentos, dispositivos, *lay outs*, etc.

Para Csillag e Corbett (1998), é importante também o discernimento entre recursos gargalos e não-gargalos. Se o recurso gargalo é aquele que fica ocupado durante todo o tempo, existe então uma enorme diferença entre eles, pois uma hora perdida em um gargalo com restrição de capacidade equivale à uma hora perdida em todo o *output* sistema, posto que sua utilização não contempla folgas e, sendo assim, esta hora perdida jamais será recuperada. Por outro lado, uma hora ganha em um recurso ocioso ou não restritivo é desprezível, não passando apenas de um engano.

Por outro lado, para Rahman (1998), é particularmente importante a percepção de que a existência de restrições representa oportunidades de melhorias. Sob esta perspectiva, a TOC visualiza as restrições positivamente, e não negativamente (ao contrário dos modelos convencionais de administração), justamente por uma restrição determinar (limitar) o desempenho de um sistema. Elevando gradualmente a capacidade da restrição, o desempenho global do sistema também será progressivamente aumentado.

2.2.1.2 O processo de focalização em 5 etapas (melhoria contínua)

De acordo com Rahman (2002), o método de focalização em 5 etapas (Figura 5) é uma técnica que permite facilmente compreender o ambiente e planejar o processo de implantação e retroalimentação da TOC.

As cinco etapas do método de melhoramento contínuo utilizada pela TOC são brevemente explicadas a seguir:

- **1ª. Etapa:** identificar a restrição do sistema, onde o recurso de menor capacidade define a capacidade máxima de todo o sistema. Em outras palavras, significa que alimentar a restrição com menos implica em perda de oportunidade e/ou vendas, e alimentá-la com mais não resulta em maior saída;
- **2ª. Etapa:** decidir como explorar a restrição do sistema. Ou seja, para maximizar o desempenho de todo o sistema, é necessário, portanto, tirar o máximo proveito possível do recurso que o restringe;
- **3ª Etapa:** subordinar todo o sistema ao que foi decidido na 2ª etapa;
- **4ª Etapa:** elevar a restrição do sistema;
- **5ª Etapa:** “Voltar a 1ª etapa se a restrição for eliminada em algum passo anterior, e não permitir que a inércia atue neste processo” (COX III *et al.*, 1995, p. 31).



Figura 5 – O método de focalização em 5 etapas.

(Fonte: Rahman, 2002).

De acordo com Umble & Umble (1998), sendo o processo de focalização em 5 etapas um dos principais pontos de partida para compreensão e implementação da TOC, é essencial o aprofundamento em seus conceitos, apresentados na sequência:

- **Passo 1 - identificar a restrição do sistema:**

Segundo Siha (1999), a ideia fundamental da TOC é que as restrições, por definição, limitam o desempenho (ganho) de qualquer sistema. O desempenho máximo pode então ser atingido e mantido somente se todo o sistema for orientado contra o desperdício nestas restrições.

Quando o reconhecimento das limitações do sistema é conduzido apropriadamente com o auxílio dos processos de raciocínio da TOC (a ser abordado na seção 2.2.1.4), é comum constatar o pressuposto da TOC de que há poucas ou uma única causa-raiz que explicam as várias limitações de um sistema. Aceita esta suposição, o foco das soluções, normalmente aplicadas sobre os sintomas do sistema, se direcionam para as ações sobre as causas comuns destes mesmos distúrbios (WATSON *et al.*, 2007).

- **Passo 2 - explorar a restrição do sistema:**

Para Rahman (2002), se a restrição é física, ela deve ser aproveitada, ao máximo, no estado em que se encontra, se possível, mantendo-a em uso ininterrupto, pois 1 hora desperdiçada na restrição significa 1 hora (irrecuperável) perdida no *output* do sistema.

Já para uma restrição de ordem gerencial ou política, não há como explorá-la, devendo esta ser eliminada e substituída por uma política que contribua para o aumento do ganho no sistema (RAHMAN, 2002). Estas restrições, seja de ordem cultural, seja de cumprimento de diretrizes políticas de negócios da empresa, devem ser mapeadas e redefinidas em direção a uma política holística de ganhos.

Os processos de raciocínio da TOC auxiliam na compreensão dos motivos que contribuem para a existência de políticas restritivas das organizações, cuja causa-raiz, normalmente, tem origem em um conflito interno.

- **Passo 3 - subordinar todo o sistema ao que foi decidido na etapa 2 (subordinar todo o sistema à restrição):**

Isto significa que todos os recursos devem ser ajustados para processar não mais do que o máximo desempenho da restrição (RAHMAN, 2002). Desta forma, como os elementos possuem mais capacidade que o recurso restritivo de capacidade (RRC), a subordinação dos mesmos à capacidade comprometida pela restrição impedirá o acúmulo de material em processo (*work in process* - WIP).

A grande dificuldade em se exercitar este passo é ir contra o paradigma do mundo dos custos, cuja perspectiva preconiza que recursos e pessoas parcialmente ociosas são sinônimos de prejuízo, pois deveriam estar “produzindo receitas”. Este aspecto será melhor explicado na seção 2.2.1.5, no qual serão abordados os custos *versus* os ganhos.

- **Passo 4 - elevar a restrição do sistema:**

Se existe um RRC no processo, e o melhor desempenho (*output*) do sistema equivale à maior produtividade possível neste recurso, deve-se incrementar a capacidade deste RRC, a fim de aumentar o ganho do sistema (WATSON *et al.*, 2007).

Caso a restrição seja uma demanda limitada pelo mercado, incentivar a expansão para novas localidades e/ou clientes, o que, conseqüentemente, poderá aumentar a carteira de pedidos.

- **Passo 5 - se em um dos passos anteriores uma restrição for quebrada, voltar para a etapa 1. Mas não se deve permitir que a inércia se torne uma restrição no sistema:**

Para Rahman (1998), não exercitar o passo cinco poderá levar a empresa à estagnação, diminuindo a capacidade de reação contra as ameaças de novos cenários.

Contudo, a chance de incorrer neste risco não é desprezível, posto que todas as premissas e procedimentos estabelecidos nos passos 2 e 3 foram baseados na restrição anterior. Muitas dessas premissas não serão então mais válidas para a nova restrição mapeada. Neste caso, todas as diretrizes devem então ser reavaliadas e mudadas.

Este procedimento de transformação é, geralmente, de difícil realização, principalmente devido à inércia comportamental contra mudanças opostas ao *modus operandi* estabelecido.

2.2.1.3 A programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC)

Conforme visto no capítulo 2.2, o método de programação TPC evoluiu e se instituiu a partir da difusão e do aprimoramento do OPT (SOUZA, 2005), de modo que, gradualmente, o foco deste método se transpôs do chão de fábrica para abordar vários aspectos empresariais (RAHMAN, 1998).

Watson *et al.* (2007) destacam que, congruentemente com o passo 1 do processo de focalização em 5 etapas, a identificação do tambor (ou a restrição mais significativa) é condição necessária para a implementação do sistema TPC. Para Perez (1997), o TPC é delineado para fazer uso de restrições físicas ou de mercado que, uma vez identificadas, tem como meta de programação a convergência em sincronizar a produção com as necessidades dos clientes. O TPC sincroniza a

utilização de recursos e materiais dentro da organização. Rahman (1998) acrescenta que os recursos e materiais são utilizados somente em um nível suficiente para contribuir com a capacidade da organização em alcançar o ganho.

Este método de programação é de simples compreensão quando se esclarece o significado de cada um dos elementos que o compõem o seu nome.

Tambor

O Tambor é o recurso mais sensível do sistema, podendo também ser conceituado como sua principal restrição. As suas principais características são as seguintes:

- É um recurso restritivo de capacidade (RRC);
- É um recurso estratégico, e/ou o mais difícil de ser aumentado;
- É a entidade pela qual todo o fluxo do sistema (ou a maior parte) converge por ele;
- É o elo mais frágil do sistema.

Conseqüentemente, “o Tambor marca o ritmo de produção determinado pela restrição do sistema” (COX III *et al.*, 1995, p. 25). Uma vez determinado ou eleito conforme as três características acima, ele sofre um processo de desconflito entre suas atividades, de acordo com a ordem de importância ou priorização dos vários objetivos do sistema, limitado por sua capacidade em realizá-las.

A denominação é proveniente da analogia com as marchas militares, cuja cadência é ditada pelo som do tambor.

Este conceito fica muito claro no romance “A Meta”, de Goldratt (2002). O protagonista da história leva um grupo de escoteiros para uma caminhada, em fila indiana, com o objetivo de chegarem juntos a um determinado lugar antes do pôr do sol. Durante o trajeto, percebe que os mais lentos começam a ficar para trás, segurando os que estão imediatamente atrás. A fila tendia a se alongar, obrigando o escoteiro responsável a, periodicamente, paralisar a caminhada para reagrupá-los. O problema foi resolvido, quando o líder responsável resolveu colocar o escoteiro mais lento a frente do grupo, ditando um ritmo de marcha que podia ser acompanhado por todos.

Este e outros exemplos lúdicos acerca desta analogia estão ilustrados na Figura 6.



Figura 6 – Analogia entre as marchas militares e a subordinação do sistema ao seu RRC.

(Adaptado de Goldratt e Fox, 1992).

Enfim, o tambor é o compasso que a restrição produz (RAHMAN, 1998), determinando o ritmo total da produção (WATSON *et al.*, 2007), alinhando o sistema com o terceiro passo do processo de focalização em 5 etapas (subordinar todo o processo ao ritmo imposto pelo seu RRC).

Pulmão

De acordo com Goldratt (1997), o Conceito dos Pulmões consiste em extrair parte da segurança em excesso existente no processo (estimativas de tempo ou materiais) e inseri-las em locais estratégicos da programação, para proteger o sistema “contra incertezas, permitindo ao mesmo poder maximizar e sustentar o ganho e/ou o desempenho dos prazos de entrega” (COX III *et al.*, 1995, p. 10 e 25).

Para Watson *et al.* (2007), os pulmões no RRC e nos pontos de convergência são necessários para suportar o segundo passo do processo de focalização em cinco etapas (explorar a restrição).

Os pulmões são utilizados para garantir a utilização ininterrupta do RRC e dos processos sucessores, através dos estoques de segurança que protegem tanto o tambor quanto as montagens posteriores a ele, resguardando a capacidade do sistema em atender à programação.

Os pulmões são apresentados, fisicamente, como produtos acabados ou estoques de material-em-processo (*work-in-process* – WIP). No entanto, a lógica do emprego dos pulmões está em observá-los sob a ótica do tempo. Por isto, eles

também são denominados como pulmões de tempo, ou *time-buffers* (RAHMAN, 1998).

Estes “pulmões de tempo” contêm estoques que protegem a programação do RRC contra os efeitos das interrupções nos recursos não-restritivos.

Há três tipos de pulmões, definidos abaixo por Schragenheim e Dettmer (2000):

- ***Shipping Buffer*** – **pulmão de expedição (ou de mercado)**: é a estimativa do tempo de transferência entre a manufatura a partir do RRC até a conclusão da produção.

No caso da capacidade de produção do sistema ser maior do que a demanda, é considerado o lead-time a partir da entrada de insumos no início do processo.

A Figura 7 ilustra os “pulmões de tempo” de expedição, de acordo com a localização do RRC.

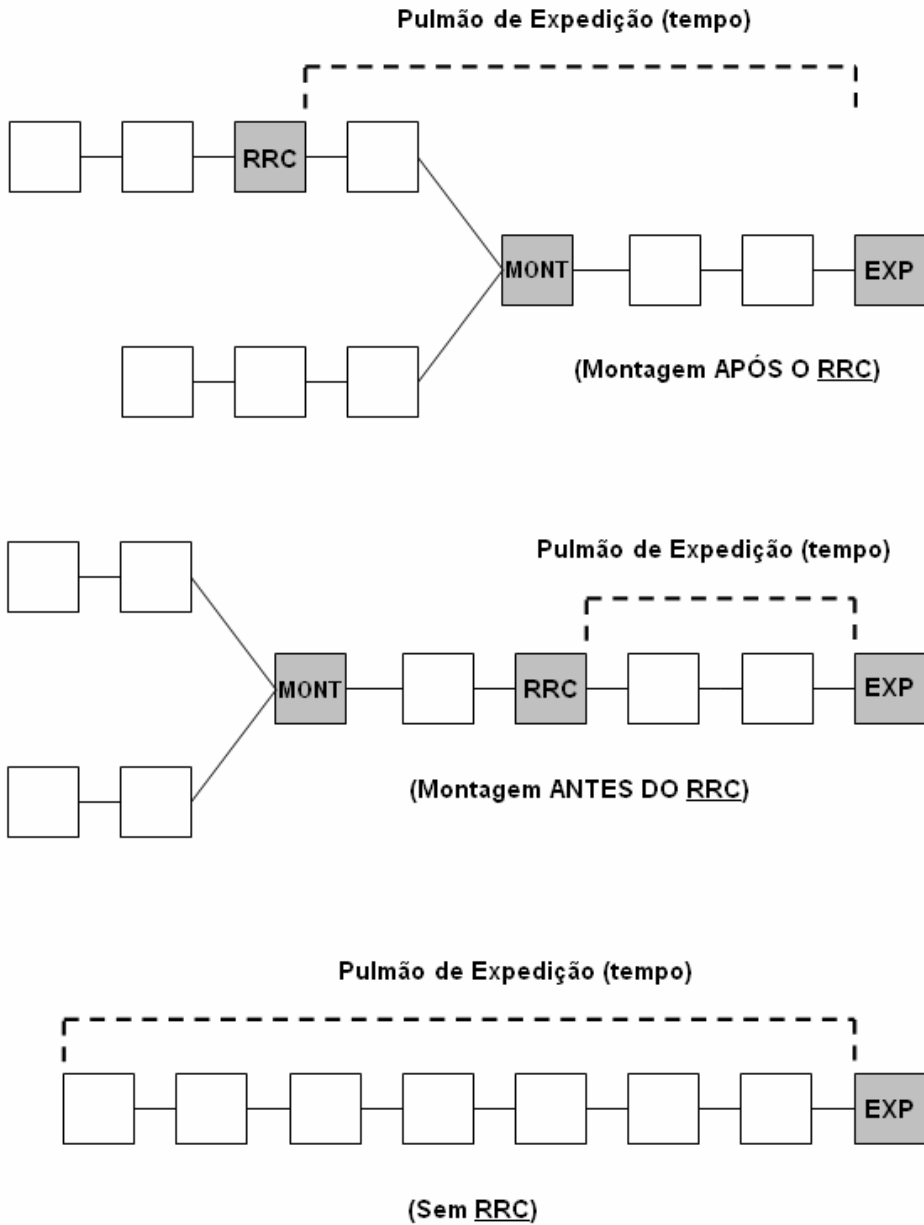


Figura 7 – O pulmão de expedição.

(Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

O pulmão de expedição mantém uma pequena quantidade de estoque de produtos acabados para proteger as datas de entrega, bem como aumentar a responsividade à demanda de mercado, justamente por permitir ao sistema entregar um item em um prazo menor do que o *lead time* de manufatura (WATSON *et al.*, 2007).

- **Drum Buffer – pulmão do RRC (ou do tambor):** é a estimativa do tempo de transferência a partir da entrada de materiais na linha de manufatura até o posto do RRC.

O pulmão do tambor inclui todo o tempo necessário para movimentação da matéria-prima para o ponto imediatamente predecessor ao RRC, aguardando para ser processado.

A Figura 8 ilustra os “pulmões de tempo” do tambor, de acordo com a localização do RRC.

Pulmão do RRC (tempo)

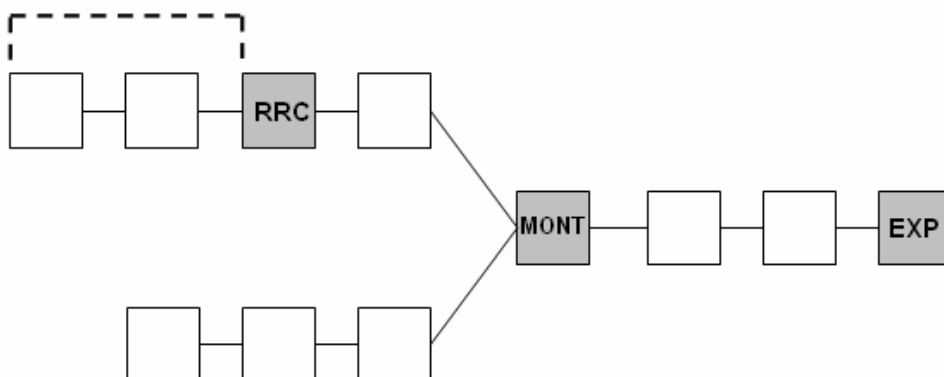


Figura 8 – O pulmão do RRC.

(Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

A quantidade de *work-in-process* no sistema é a representação física da quantidade de proteção alocada para um RRC, do mesmo modo dimensionada em relação ao tempo (WATSON *et al.*, 2007).

- **Assembly Buffer – pulmão de montagem (ou de convergência):** é a estimativa do tempo de transferência a partir da entrada de materiais na linha de manufatura até o ponto de convergência, onde os subconjuntos provenientes do RRC e de todos os outros produtos semiacabados que não passam pelo RRC serão combinados.

A Figura 9 ilustra os “pulmões de tempo” de montagem, de acordo com a convergência com o fluxo do RRC.

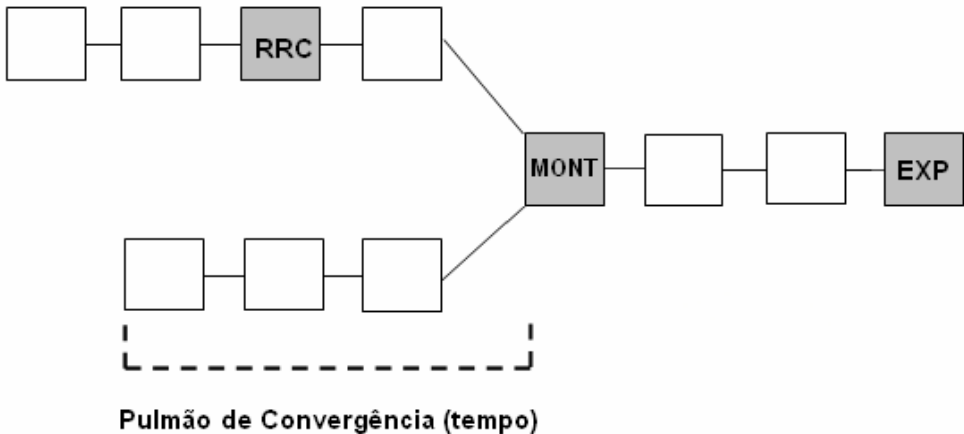


Figura 9 – O pulmão de convergência.

(Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

Enfim, de forma geral, os pulmões estabelecem as proteções contra os atrasos nos pontos de confluência.

O controle do fluxo do sistema deixa de ser feito pelos estoques e passa a ser feito através do Gerenciamento dos Pulmões, cujo consumo é monitorado pela rastreabilidade sobre a cadeia de atividades predecessoras ao pulmão consumido, “ajudando a evitar a ociosidade na restrição e o atraso nas entregas dos clientes” (COX III *et al.*, 1995, p. 10).

A Figura 10 representa, esquematicamente, a disposição física de todos os três pulmões utilizados no TPC, onde o tambor está retratado de forma esquemática pelo RRC.

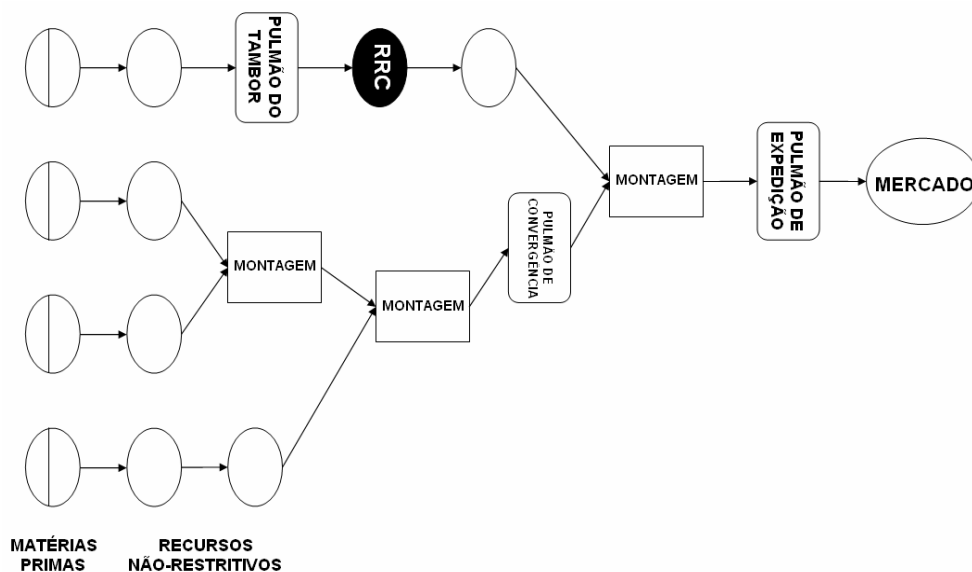


Figura 10 – Alocação dos pulmões do RRC, de convergência e de expedição em uma linha de manufatura, de acordo com o método de programação TPC.

(Fonte: Rahman, 1998).

Os pulmões fornecem importantes informações a respeito da variabilidade da demanda nos vários pontos da cadeia de suprimentos. O acompanhamento de seu consumo permite uma melhor visualização dos locais onde os controles de materiais precisam ser feitos com mais atenção e dos pontos onde a reposição é mais necessária.

Corda

Assim como o tambor, Watson *et al.* (2007) explicam que, consistentemente com o terceiro passo do processo de focalização em 5 etapas, a corda é o mecanismo que subordina o desempenho dos recursos não-restritivos à capacidade de produção do RRC (tambor). Isto é possível através do controle do fluxo de entrada de insumos para o sistema produtivo, baseado na razão de consumo e de processamento pelo RRC.

Conforme abordado anteriormente, o pulmão se traduz em tempo de transferência a partir da entrada de materiais até o ponto de controle no RRC e nas convergências do sistema. Deste modo, o “comprimento” da corda é equivalente a

quantidade de estoque (ou tempo) armazenado nos pulmões e nas cadeias predecessoras aos mesmos (incluindo os estoques de matérias-primas). Esta quantia deve ser suficiente para se proteger o RRC e o respectivo sistema contra interrupções e eventos indesejados.

Em resumo, conforme explica Rahman (2002), a corda proporciona a comunicação entre os pontos críticos de controle, a fim de assegurar a sincronia do fluxo de materiais com a produção, colaborando para minimizar os efeitos das variações dos diversos setores produtivos, de forma a manter constantes os níveis dos estoques ao longo dos processos (WATSON *et al.*, 2007). Propicia-se, deste modo, o curso contínuo do sistema, dentro das possibilidades.

Interessante, também, denotar que, para Hopp e Spearman¹ (2000 *apud* Watson *et al.*, 2007, p. 392), dada a relevância em todo o fluxo predecessor para se proteger a restrição, a quantidade de inventário nas atividades sucessoras ao RRC acabam por se tornar, praticamente, pouco significativas, pois, em caso de interrupção, em teoria, há capacidade de recuperação.

A Figura 11 complementa a Figura 8, onde a representação da corda (ou das “cordas”) denota como funciona a comunicação para, no momento apropriado, disparar a entrada de matéria-prima no sistema, a fim de garantir um fluxo sempre contínuo de acordo com a demanda de mercado (através do *shipping buffer*) e subordinação ao RRC.

¹ HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. Factory physics: foundations of manufacturing management. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2000 *apud* WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H. Jr.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints. *Journal of Operations Management*, n. 25, p. 387-402, 2007.

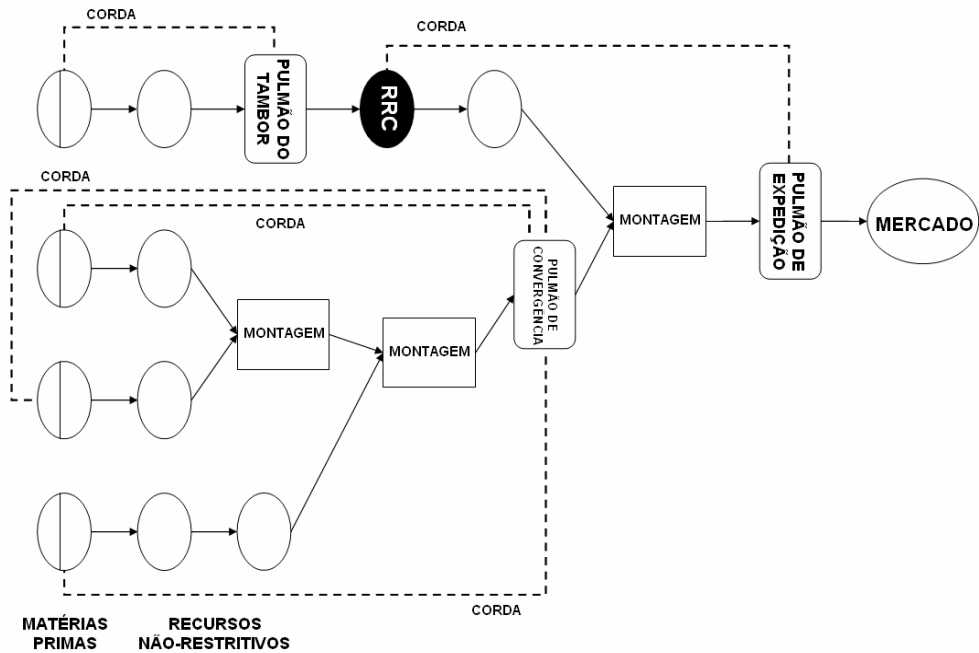


Figura 11 – Lógica da programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC).

(Adaptado de Rahman, 1998; Watson *et al.*, 2007).

Finalmente, a lógica que rege o método TPC pode ser resumida da seguinte maneira:

- Primeiro: todo o fluxo da cadeia se subordina ao tambor;
- Segundo: proteger o tambor e o sistema contra os atrasos, através das inserções dos pulmões em pontos estratégicos no fluxo no sistema;
- Terceiro: através do controle dos níveis dos pulmões, atuar ou interferir em todas as cadeias de atividades paralelas ou que precedem o tambor, visando manter o fluxo contínuo.

Como resultado, as entregas serão fornecidas no prazo, caso as atividades do tambor não atrasem. O grande benefício obtido é a visualização, com antecedência, se haverá atrasos nas atividades do RRC e, conseqüentemente, nas entregas planejadas.

2.2.1.4 Os processos de raciocínio da TOC

Os Processos de Raciocínio da TOC são ferramentas baseadas na lógica, que se utilizam de relacionamentos de causa e efeito para determinar as causas-raiz que provocam os efeitos indesejáveis observados em um sistema (CSILLAG; CORBETT, 1998).

Estas ferramentas ajudam na compreensão das relações entre (BRASIL², 2007):

- Os processos de gestão clássicos;
- As políticas e os valores institucionais da empresa;
- Os paradigmas tradicionais;
- A visão e os conceitos estratégicos de negócios baseados em doutrinas obsoletas e modismos empresariais.

Conseguindo-se correlacionar o não atingimento das metas de negócio da companhia com a influência das relações acima citadas, pode-se decidir pelo uso das ferramentas baseadas nos processos de raciocínio da TOC, a fim de orientar um redirecionamento estratégico e servir de apoio para a implementação de um novo planejamento.

Para atingir este propósito, é necessário, primeiro, que a alta administração e todos os envolvidos nesta transformação iniciem o processo de mudança a partir do nível hierárquico mais alto do planejamento estratégico, explorando as seguintes questões: o que mudar, para que mudar, e como promover e conduzir a mudança.

- **O que mudar?**

Csillag e Corbett (1998) explicam que, nesta fase, deve-se proceder ao diagnóstico do problema-raiz do processo, baseado no pressuposto de que há poucas causas comuns que explicam os muitos efeitos de um sistema. A compreensão da importância desta etapa está na conscientização de que não são os sintomas do sistema que devem ser atacados, mas sim as suas causas comuns.

A árvore da realidade atual (ARA) é a ferramenta mais empregada para proceder a este diagnóstico, pela qual todos os sintomas são expostos e conectados às suas origens (CSILLAG; CORBETT, 1998), e às origens de suas origens, através do emprego lógico de diagramas de causa-e-efeito,

² BRASIL, A. V. N. A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

em que as interligações normalmente terminam em um único ou em muito poucos problemas-raiz responsáveis por todos estes sintomas.

O pensamento criterioso para se responder a esta questão no SCM está contemplado na seção 2.3.1. Uma vez detectado o problema central, procede-se, então, à próxima etapa: para o que mudar (RAHMAN, 2002).

- **Para o que mudar?**

O que está por trás do principal problema do sistema (ou principal restrição), detectado por meio da primeira fase dos processos de raciocínio? Para Rahman (2002), esta segunda fase consiste, basicamente, em se explorar uma caminho viável para a solução do principal problema-raiz.

Para Csillag e Corbett (1998), a maioria das restrições são causadas por um conflito, normalmente não-explicito, e encontrar uma saída para este conflito é, então, o primeiro passo para se responder a esta segunda questão.

Para a emersão e elucidação destes conflitos ocultos, principais motivadores dos problemas críticos detectados na primeira fase, primeiramente emprega-se o diagrama de dispersão de conflitos (ou nuvem), o qual se utiliza do discernimento lógico como meio para “evaporação” destas divergências, ajudando a decidir qual pressuposto primário será anulado.

Na sequência, a árvore de realidade futura (ARF) se complementa à estratégia de montagem da solução, na qual identificam-se os possíveis efeitos colaterais das soluções que estão sendo elaboradas (CSILLAG; CORBETT, 1998), antecipando-se e obstruindo, desta forma, os possíveis distúrbios que venham a colocar em risco o processo de transição.

No item 2.3.2, vários diagramas de dispersão de conflito serão utilizados para demonstrar, na prática, como revelar e anular os principais dilemas que provocam divergências entre os objetivos do negócio e as decisões gerenciais a serem tomadas, ajudando na focalização das ações sobre os reais motivos que comprometem a maximização dos negócios em uma cadeia de suprimentos.

- **Como promover a mudança?**

Uma vez diagnosticado o problema-raiz e delineada a estratégia, a questão é: como implementar a solução de forma planejada e, ao mesmo tempo, promover o processo de transição da maneira mais harmônica possível?

Nesta fase, segundo Csillag e Corbett (1998), aplica-se o processo lógico da árvore de pré-requisitos (APR) (ou de objetivos intermediários), na qual são construídos e sequenciados, racionalmente, os passos necessários para implementar a ARF, delineada na segunda fase.

Por último, a árvore de transição (AT) é a ferramenta pela qual são identificadas as ações necessárias e suficientes para alcançar os objetivos intermediários mapeados na APR, com o objetivo de viabilizar a implementação da ARF, direcionando estas ações através de uma sequência coerente e racional (CSILLAG; CORBETT, 1998).

Para sumarizar este tópico, a Tabela 1 expõe as três questões lógicas que norteiam os processos de raciocínio da TOC, relacionando-as com as respectivas ferramentas.

Tabela 1 – Ferramentas dos processos de raciocínio da TOC e suas aplicações.

(Fonte: Rahman, 2002).

Questões Gerais	Propósito	Ferramentas dos Processos de Raciocínio
O que mudar?	Identificar problemas-raiz	Árvore da Realidade Atual
Para o que mudar?	Desenvolver soluções simples e práticas	Diagrama de Dispersão do Conflito, Árvore da Realidade Futura
Como promover a mudança?	Implementar as soluções	Árvore de Pré-requisitos, Árvore de Transição

Finalizando, o processo lógico apresentado neste capítulo é condição necessária para a melhor compreensão da aplicação dos processos de raciocínio da TOC no SCM, tendo também sido parcialmente empregado nas seções 2.3.1, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7 e 2.3.8 para este fim.

2.2.1.5 O mundo dos custos e o mundo dos ganhos

Quais são as medidas que, segundo a TOC, podem ajudar a organização a caminhar em direção à sua meta? Onde estão os pontos de alavancagem para aumentar os lucros? Para responder a estas questões, é necessário discorrer sobre quais são os padrões de desempenho realmente relevantes para o negócio, de acordo com os valores da gestão voltada para os ganhos.

Para vários autores (CSILLAG; CORBETT, 1998; KENDALL, 2007; RAHMAN, 1998 e 2002; BLACKSTONE, 2001; WATSON *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2004), sob o ponto de vista da TOC, as medidas de desempenho que auxiliam as empresas na tomada de decisões visando ao aumento dos lucros são o ganho (G), o investimento (I) e a despesa operacional (DO) (contudo, é particularmente importante frisar que estes mesmos indicadores possuem relevâncias diferentes se abordados segundo o ponto de vista da contabilidade de custos):

- **Ganho (G):** é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas (CSILLAG; CORBETT, 1998). De forma geral, é calculado como todo o dinheiro que entra na empresa menos o que ela pagou a seus fornecedores (CORBETT, 1997).
- **Investimento (I):** equivale a todo o dinheiro que o sistema investe na compra de insumos que pretende transformar para vender (CSILLAG; CORBETT, 1998). Corresponde a todo o dinheiro investido pelo sistema nas coisas que pretende vender (CORBETT, 1997), ou todo investimento feito para virar dinheiro (BRASIL, 2007).

É dividido em duas categorias: estoques de materiais (matéria-prima, WIP e produtos acabados) e outros ativos (máquinas, imóveis, instalações, computadores, veículos, etc.).

A significância, neste caso, é que os valores atribuídos aos estoques em processo e em produtos acabados são considerados iguais ao que aqui se designa custo totalmente variável (CTV) (CORBETT, 1997). Ou seja, de forma geral, o CTV equivale a toda a matéria-prima debitada do estoque que entra no processo produtivo para ser transformada em produto (BRASIL³, 2007), pressupondo a

³ BRASIL, A. V. N. A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

constância dos ativos. É o montante despendido para cada unidade a mais produzida (CORBETT, 1997).

Para a TOC, não são contemplados no CTV os valores de mão-de-obra direta e dos recursos utilizados para transformação, movimentação e armazenagem (CORBETT, 1997).

- **Despesa operacional (DO):** é todo o dinheiro que a empresa gasta transformando o investimento em ganho, contemplando genericamente a folha de pagamentos, despesas em geral, impostos, energia, aluguéis, depreciações, encargos sociais, etc. É todo o dinheiro que deve ser empregado no sistema para processar ou transformar os insumos em produtos finais (CORBETT, 1997; CSILLAG; CORBETT, 1998).

É através destas três medidas (G, I e DO) que teremos condições de avaliar o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa.

Para Csillag e Corbett (1998), cada medida nada indica por si, porém a associação delas em pares mostram diferentes relevâncias do sistema. Como prova disto, é necessário compreender o seu uso através das seguintes fórmulas, sob o ponto de vista do resultado que cada produto agrega ao sistema como um todo:

- Ganho (G):
 $G = \text{total de produtos vendidos} \times (\text{preço unitário de venda} - \text{CTV})$
- Lucro líquido (LL):
 $LL = G - DO$
- Retorno sobre o investimento (RSI):
 $RSI = LL/I = (G-DO)/(\text{inventário} + \text{investimentos})$,
onde I é o investimento total

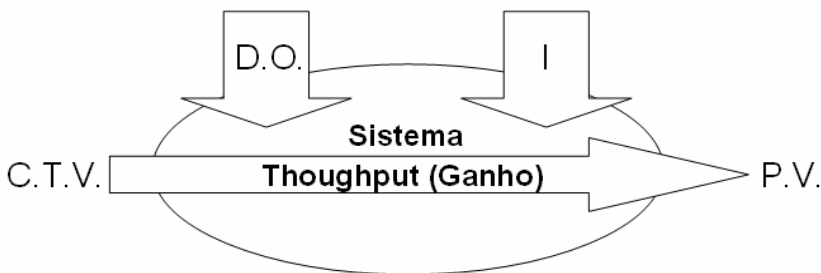


Figura 12 – Representação da importância do G-I-DO para o mundo dos ganhos.

Se $LL = G - DO$ e $RSI = (G - DO)/I$, a primeira impressão é a de que o ganho e as despesas operacionais possuem igual importância, pressupondo que o investimento tenha menor relevância. Sob esta perspectiva, segundo o mundo dos custos, a ordem de relevância é a seguinte: em primeiro lugar vem a DO (mais tangível e controlável), em segundo o G e em terceiro o I.

Pela ótica da margem individual de cada bem produzido, e pressupondo constantes os preços dos insumos, o impacto destes princípios pode ser exprimido da seguinte maneira: se os resultados precisam melhorar, então aproveitar ao máximo o uso dos recursos, priorizando, ao mesmo tempo, a produção dos produtos mais lucrativos.

Este comportamento é estimulado pelo fato do desempenho ser tradicionalmente medido com base nos resultados locais, direcionando o foco para a plena utilização de todos os recursos, posto que maquinário e operadores parados são sinônimos de prejuízo.

O resultado final é que todos estes pressupostos podem levar os dirigentes a priorizarem a produção dos itens mais lucrativos, independente da contribuição que os artigos menos lucrativos possam vir a agregar no resultado global do sistema.

Por outro lado, Corbett (1997) afirma que qualquer tomada de decisão que impacte positivamente o RSI é uma decisão que terá um efeito positivo nos resultados de uma empresa, mesmo que isto implique em manter as despesas operacionais constantes, independentemente da capacidade em se encontrar uma solução ideal que aumente o G e diminua o I e a DO.

Sob esta perspectiva, o mundo do ganho coloca em primeiro lugar em ordem de importância, o G, em segundo o I, e em terceiro a DO. Por este aspecto, a maior relevância para as tomadas de decisões se dá pela contribuição ao ganho global do sistema, independente do incremento que a margem individual de cada produto agrega ao resultado global.

Mas, como propiciar um processo acessível para as tomadas de decisões sob esta ótica?

Para desenvolver este mecanismo, é necessário compreender que o mundo dos custos é totalmente influenciado pela “abordagem do empurrar”. Como usualmente as decisões estão contaminadas por esta perspectiva, procura-se maximizar o lucro em todos os locais, com a percepção de que a soma de todos os lucros locais contribuem então para o lucro global.

Baseado nesta hipótese, melhorar o resultado local significa produzir localmente com o maior lucro possível.

Já para o mundo dos ganhos, a gestão é direcionada para a “abordagem do puxar”. Assim, de acordo com este ponto de vista, as seguintes questões devem ser respondidas:

- Quanto custa a perda de uma unidade de um recurso não-restritivo? (1 min. de um não-gargalo; 1 material abundante).
- Quanto custa a perda de uma unidade de um recurso restritivo? (1 min. de um gargalo; 1 material faltante/escasso).

Se um recurso restritivo limita o ganho G , temos que extrair a máxima quantidade de dinheiro possível por unidade de recurso restritivo, para garantir o seu máximo aproveitamento (exploração). Quando o RRC é um equipamento de produção, o critério de decisão é o ganho por tempo do RRC (BRASIL⁴, 2007).

Baseado nesta hipótese, melhorar o resultado local significa produzir o produto com o maior lucro no RRC.

Congruente com este pensamento, Corbett⁵ (1999 *apud* Souza *et al.*, 2004, p. 22), relata que este seria um quarto indicador, ou seja, o resultado da divisão do ganho do produto pelo tempo usado por ele na restrição.

Sob este aspecto, a apuração da quantidade de dinheiro que cada produto consegue gerar por minuto de uso do recurso restritivo da empresa passa a nortear as prioridades na produção, posto que o produto que tiver o melhor índice é o que melhor explora a restrição em termos de aumento do ganho da empresa.

Pode-se concluir que a análise pelo “mundo do empurrar” pode levar a decisões erradas. Portanto, mudar o processo decisório baseado no elemento que restringe o sistema de aumentar os seus ganhos passa a ser condição necessária para melhorar os resultados.

Finalizando, este capítulo foi necessário para introduzir e discorrer sobre as abordagens do “custo” e do mundo do “empurrar”, e suas influências negativas nas decisões estratégicas dos negócios. No capítulo 2.3, será evidenciado o quanto este comportamento é praticamente “institucionalizado” no SCM tradicional, induzindo os parceiros da cadeia de suprimentos a focalizarem nas suas rentabilidades

⁴ BRASIL, A. V. N. A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

⁵ CORBETT NETO, T. Make better decisions. CMA Management, Richmond Hill, p. 33-37, 1999 *apud* SOUZA, f. B. de *et al.* Utilização do sistema de produção da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão conceitual. Maringá Management: *Revista de Ciências Empresariais*, v. 1, n. 1, p. 12-26, 2004.

individuais, gerando consequências nocivas quando se visualiza os resultados da cadeia de suprimentos como um todo.

2.3 A APLICAÇÃO DA TOC NO SCM

O propósito deste capítulo é apresentar o efeito do uso da TOC em uma cadeia de suprimentos.

Usualmente, a cadeia de suprimentos é entendida como um grupo de elementos dependentes em um sistema. Por conseguinte, o desempenho global deste sistema dependerá, teoricamente, do máximo desempenho de todos estes elementos.

Todavia, a visão abrangente e o raciocínio lógico da TOC revelam que é o desempenho do elo mais frágil da cadeia de suprimentos que irá determinar os resultados globais do sistema.

Para tanto, Goldratt (1998) afirma ser particularmente importante destacar que a TOC, através dos seus processos de raciocínio (seção 2.2.1.4), expõe os principais dilemas que restringem a maximização dos ganhos no SCM, e mostra como os membros da cadeia podem concretizar as iniciativas globais de melhorias, baseado na abordagem do gerenciamento das restrições (a ser abordada na seção 2.3.6).

2.3.1 Os principais dilemas do SCM segundo a TOC

Através dos processos de raciocínio da TOC, um diagrama de dispersão do conflito (Figura 13) pode ser usado para captar e descrever um dos principais dilemas no SCM.

Neste diagrama, é revelado como as correntes de gerenciamento tradicionais tratam deste problema, podendo-se observar que, entre os ramos superiores e inferiores do diagrama, há uma divergência nas estratégias empregadas pelos membros da cadeia.

Estas estratégias estão intrinsecamente ligadas à percepção que cada envolvido na cadeia de suprimentos possui em relação à maximização dos seus respectivos resultados. Este cenário é consequência da forma como os membros da cadeia compreendem, institucionalizam e perseguem a maximização dos seus ganhos, conforme será explicado a seguir.

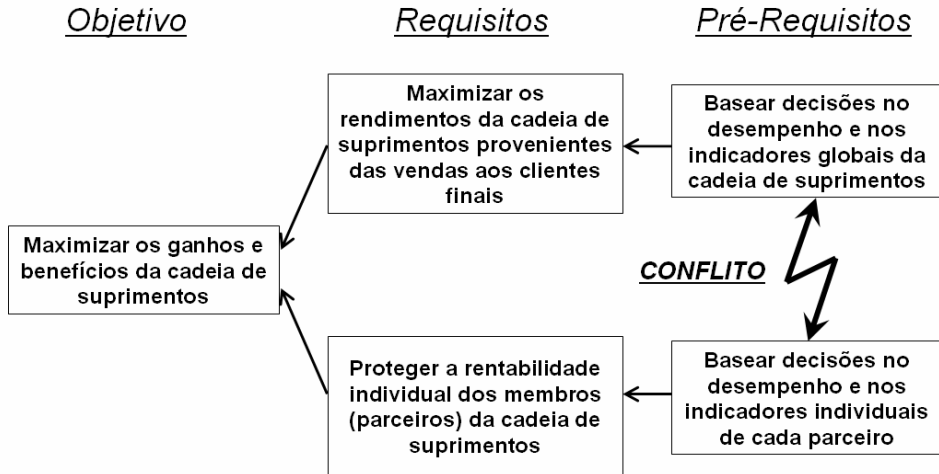


Figura 13 – Principal dilema entre os parceiros da cadeia de suprimentos. Destaque para o conflito entre ganho global *versus* ganhos pontuais.

(Adaptado de Simatupang *et al.*, 2004).

Conforme explica Blackstone (2001), no ramo superior do diagrama, a adoção de diretrizes com foco na maximização do desempenho e da rentabilidade global da cadeia de suprimentos se promove através das vendas aos clientes finais.

O raciocínio que embasa esta percepção está no fato de que clientes satisfeitos trazem mais vendas, o que contribui positivamente para os lucros da cadeia de suprimentos, somado ao fato de que para os clientes finais o grande valor está no retorno com que suas necessidades são satisfeitas (SIMATUPANG *et al.*, 2004). Estas necessidades devem ser alcançadas em termos de disponibilidade, qualidade, prazos e custos, tanto dos bens oferecidos quanto dos serviços prestados.

O maior rendimento da cadeia só será então obtido através do desempenho dos colaboradores de forma sincronizada, seguindo uma diretriz comum centrada no ganho global, promovendo a distribuição deste mesmo ganho, de forma balanceada, entre os membros predecessores da cadeia.

Ainda segundo Blackstone (2001), de forma divergente, no ramo inferior do diagrama, as empresas utilizam-se da errônea compreensão de que a grande vantagem está em proteger, individualmente, suas rentabilidades. Isto porque cada membro da cadeia entende que se beneficiará da cooperação somente se sua margem de lucro individual for incrementada, pressionados também pelas suas

responsabilidades em garantir altos retornos aos acionistas (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Dentre as atitudes nocivas neste tipo de ambiente, podemos citar a adoção de múltiplos planos de vendas, a competitividade desbalanceada, as flutuações de preços, e os descontos por volume e transportes.

As relações “predatórias” de grandes varejistas com alto poder de barganha, baseadas na adoção de certos modelos de estratégia competitiva (PORTER, 1989), frequentemente também exigem que seus fornecedores arquem (i.e. assumam os custos) de iniciativas de melhorias, como compressão do tempo, redução de inventário, volume garantido de reserva e investimentos em sistemas complexos de informações logísticas.

Como resultado, decisões que aparentemente trazem benefícios individuais para os membros da cadeia têm um impacto devastador por ameaçar o lucro da cadeia de suprimentos como um todo (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Em adição a isto, um outro diagrama de dispersão do conflito (Figura 14) pode também ser usado para melhor compreender o comportamento predominante no ramo inferior da nuvem de dispersão apresentada na Figura 13, quando examinado sob a perspectiva individual de cada um dos parceiros.

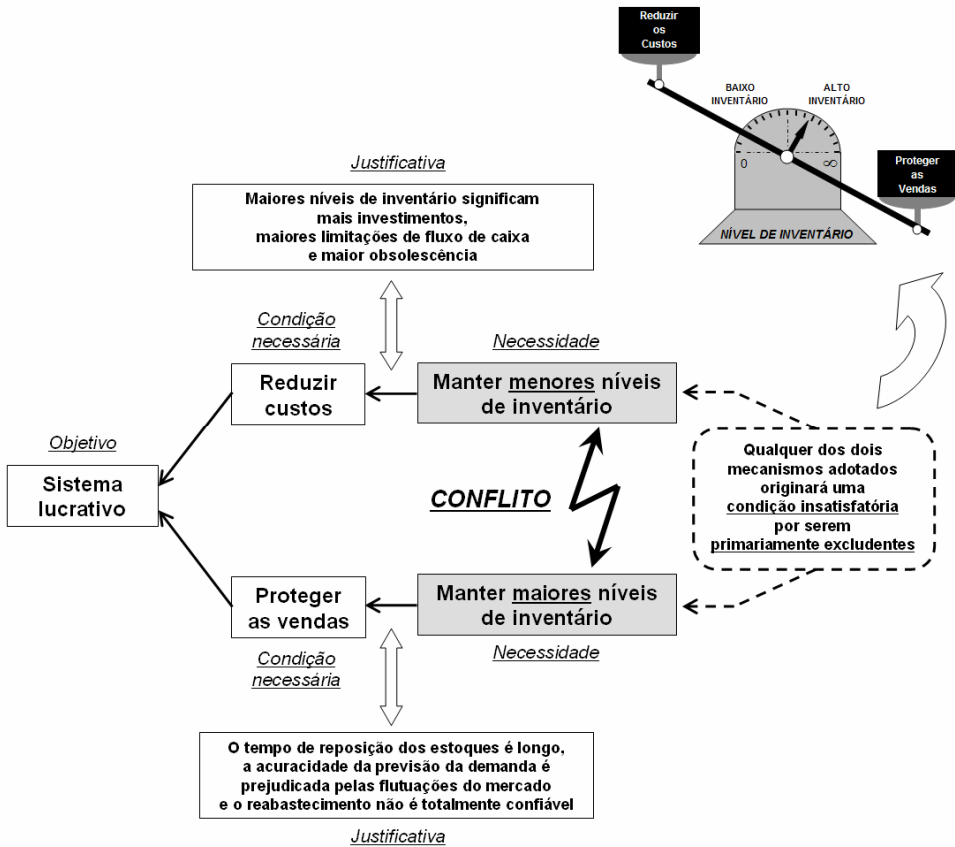


Figura 14 – Principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos. Destaque para o conflito entre sustentar ou não maiores níveis de inventário, para minimização das vendas perdidas por indisponibilidade de bens de consumo no cliente final.

(Adaptado de *TOC Insights into distribution & supply-chain – Goldratt’s Marketing Group, 2007*).

Conforme explicado nos parágrafos anteriores, cada membro da cadeia de suprimentos geralmente persegue, isoladamente, como principal objetivo, tornar seu sistema rentável e lucrativo.

Sob este aspecto, uma das condições necessárias para atingir este propósito pode ser obtida através da redução dos custos. Sendo assim, faz sentido diminuir os níveis de inventário, pois isto se justifica, basicamente, pelos motivos abaixo:

- a) Maiores níveis de estoque significam mais capital de giro “empitado”, ou seja, investimento sem retorno imediato, que da mesma forma demandam gastos com administração, armazenagem e controle, além do agravante da depreciação financeira e dos tributos sobre os materiais estocados por longos períodos;
- b) Em função disto, com mais despesas e menos capital de giro, o desempenho do fluxo de caixa é depreciado, reduzindo o resultado operacional;
- c) Quanto mais tempo os insumos (matérias-primas) permanecem nos estoques, maior o risco de obsolescência, provocando sucateamento ou uso alternativo;
- d) No caso de produtos acabados, há o risco do material ficar “encalhado” nos depósitos, sendo necessário, muitas vezes, adotar estratégias de vendas para “queima de estoques” pelo preço de venda igual ou menor que o preço de aquisição.

Uma alternativa para enfrentar estes problemas e maximizar a rentabilidade, seria reduzir as oportunidades de vendas desperdiçadas no cliente final, causadas pela indisponibilidade de bens de consumo que agregam o seu produto.

Esta condição acarreta o aumento dos estoques de insumos e produtos acabados, para prontamente atender aos pedidos de compras não planejados ou urgentes, colocados, repentinamente, pelos clientes internos e externos da cadeia.

Dentre os motivos que podemos destacar para justificar esta situação, temos três evidências básicas:

- a) O tempo de reposição dos estoques é longo devido ao *lead-time* de manufatura e transporte;
- b) A estimativa de vendas não é precisa, posto que as demandas nos pontos de consumo são flutuantes;
- c) Situações imprevistas podem acontecer (incidentes logísticos e de suprimentos, greves e operações padrão, etc.), não havendo total garantia de reabastecimento.

Sumarizando, os esclarecimentos acima permitem concluir que qualquer dos dois mecanismos que seja adotado (aumentar ou reduzir os níveis de inventário) originará uma condição insatisfatória, justamente porque estas estratégias são primariamente excludentes.

Torna-se, então, essencial a análise profunda de cada uma destas condições, procurando alcançar o ponto ótimo de equilíbrio entre as duas. Este ponto de equilíbrio é, analogamente, representado por uma balança na Figura 15.

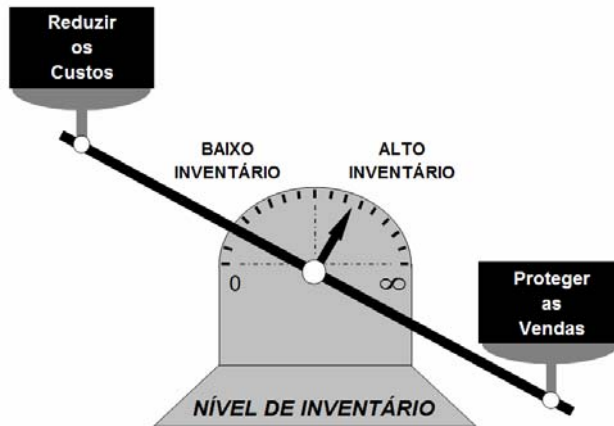


Figura 15 – Ponto de equilíbrio a ser determinado para satisfazer o principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos (Figura 14).

(Adaptado de *TOC Insights into distribution & supply-chain – Goldratt’s Marketing Group, 2007*).

De fato, esta realidade confirma o que preconiza Goldratt (1997), em que para solucionar este conflito, deve-se então quebrar o paradigma de que, no SCM, a maximização dos resultados em cada conexão da cadeia de fornecimento irá melhorar o desempenho global do sistema, emergindo a compreensão de que a soma de todos ótimos locais não contribuem para o ótimo do sistema, e sim, geram desperdício no cenário geral (mundo dos custos *versus* mundo dos ganhos – seção 2.2.1.5).

Como alternativa, a TOC pode ser adotada pelas empresas da cadeia, neutralizando os conflitos presentes no diagrama, mantendo o foco no gerenciamento das restrições como o mecanismo para obter lucratividade, sempre focalizados no ganho global (a ser exposto no capítulo 2.3.6).

Como convencer os parceiros de que a melhor solução para todos, e ainda mais importante, para a própria sobrevivência da cadeia de suprimentos, está em se pensar sistemicamente e não individualmente? Esta não é uma tarefa fácil. Todavia, sua compreensão foi, genericamente, esclarecida na seção 2.2, e será complementada mais profundamente no tópico 2.3.6, pelo qual a abordagem do

gerenciamento das restrições é aplicada para a administração da cadeia de suprimentos.

2.3.2 Distribuição: sistema “empurrado” versus sistema “puxado”

Para Simchi-Levi *et al.* (2003), “as cadeias de suprimentos frequentemente são categorizadas como sistemas puxados ou empurrados”.

Ainda segundo Simchi-Levi *et al.* (2003), nas cadeias de suprimentos baseadas em sistemas empurrados, as decisões da produção são baseadas em previsões de longo prazo, levando muito mais tempo para o sistema reagir às mudanças de mercado.

Em adição a isto, a capacidade de produção do fornecedor estará normalmente ajustada para o pico histórico de demanda, a fim de prontamente atender a um aumento repentino nas vendas. Este comportamento estimula o aumento, tanto dos estoques (efeito chicote) como do WIP, devido à maior parte do tempo os fabricantes permanecerem produzindo, posto que a presença de recursos ociosos não é uma condição aceitável.

Em contrapartida, Simchi-Levi *et al.* (2003) explicam que nas “cadeias de suprimentos baseadas em sistemas puxados, a produção é acionada pela demanda e, portanto, encontra-se associada à demanda real do mercado (clientes finais), ao invés de ser definida a partir das previsões”.

O objetivo deste capítulo é, portanto, ilustrar de forma bem simplificada, através de analogias, a comparação entre cadeias de suprimentos que se comportam em regime “empurrado” (baseado em previsões de consumo) e em regime “puxado” (baseado no consumo real).

Suponha que um porto seja o receptor de navios petroleiros vindos do exterior. A refinaria está localizada serra acima, a pouco mais de uma centena de quilômetros. O meio de transporte atual é através de ferrovia.

No estado atual, o fluxo até a refinaria é intermitente, e depende da disponibilidade dos meios de transporte, que transportarão o máximo possível em cada traslado, a fim de otimizar o custo por litro transportado.

Este cenário estimula um acúmulo localizado de lotes de combustível durante o trajeto e também no descarregamento, seguido, logicamente, de várias interrupções. A desova será total no ponto de chegada, independentemente do estoque presente ser mais que suficiente para o consumo da semana.

Foi, então, construído um oleoduto (“corda”) em um trajeto mais direto e menos extenso (portanto sem curvas, em linha reta, com menos peso e sem tráfego), com um reservatório agregado ao porto, com capacidade suficiente para algumas semanas de consumo.

Com a adoção do oleoduto, o transporte torna-se prontamente disponível, e o fluxo passa a ser contínuo, de acordo com o consumo do reservatório da refinaria. E o nível do reservatório no porto irá “puxar” novos petroleiros no exterior, dimensionado pelo *lead-time* de transporte suficientemente necessário para reposição deste reservatório, alinhado à razão de consumo da refinaria antes que o mesmo se esvazie.

A Figura 16 ilustra este processo, que resulta em um nível estável de inventário ao longo do trajeto, com um volume total menor de combustível na cadeia como um todo, otimizando também todos os custos intrínsecos ao processo.

Rompendo com a produção e o fornecimento em lote



Assegurando que a cadeia de suprimentos está fluindo sem congestionamento ou estoques intermediários



Figura 16 – Analogia: de fluxo intermitente (distribuição empurrada) para fluxo contínuo (distribuição “puxada”).

Comportamento similar pode também ser descrito através de uma analogia ao sistema de distribuição de água que abastece as residências. O cenário hipotético agora equivale a um bairro com residências, onde cada uma delas consome, semanalmente, alguns milhares de litros de água (Figura 17).

Não seria viável que cada moradia mantenha esta água estocada em lotes semanais para seu consumo. Ainda mais se transpusermos esta condição para todas

as residências da cidade, posto que a grande dimensão de água estocada depreciaria a capacidade da represa.

Felizmente, o processo real de distribuição é coerente em termos de otimização.

Uma vez que a represa armazena a água mais que necessária para toda a cidade (suficiente para alguns meses), as distribuidoras regionais são reabastecidas conforme o consumo conjunto de todas as casas dos bairros. E cada casa “puxa”, no máximo, a quantidade de água consumida no dia, a ser armazenada em seus respectivos reservatórios.

Resultado: todos os estoques de água se mantêm estáveis através do fluxo contínuo, de acordo com a demanda, não sobrecarregando individualmente cada distribuidora e cada residência.

E não menos relevante é a estabilidade do processo na represa, pois a água não consumida por uma residência provavelmente será consumida em outra, diluindo-se, desta forma, a variabilidade da demanda.

O processo é congruente com o comportamento do *shipping buffer* na fábrica, e dos pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas, conforme será esclarecido pela aplicação da TOC no SCM, a ser exposto no capítulo 2.3.6.

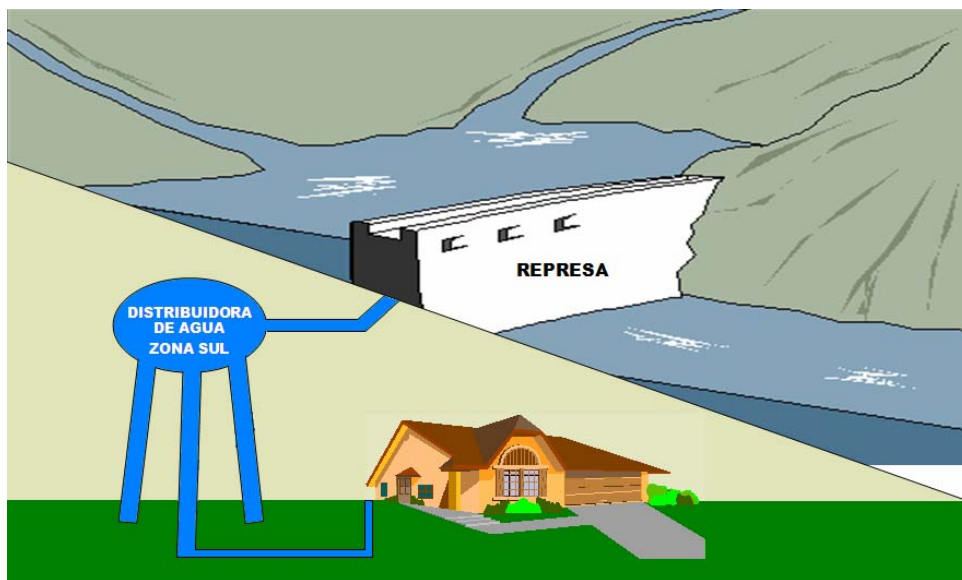


Figura 17 – Analogia para distribuição “puxada”.

(Adaptado de Novotny e Pasquarella, 2002).

Finalmente, Simchi-Levi *et al.* (2003) destacam que as cadeias de suprimentos utilizam mecanismos rápidos de comunicação e transferência de mercadorias, contribuindo para:

- A redução dos *lead-times*, em função da capacidade de antecipação aos pedidos dos clientes;
- Menor variabilidade dos pedidos no sistema, propiciado pelo fluxo contínuo;
- Redução dos estoques em função do fluxo em regime estável, sem produções em lote.

Deve-se enfatizar, porém, que os sistemas puxados podem encontrar dificuldades de implementação no caso de longos *lead-times*, justamente pela complicação em reagir às mudanças na demanda, somados às restrições em economia e transporte, normalmente vantajosos em regime de escala (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

2.3.3 O método tambor-pulmão-corda simplificado (TPC-S)

Esta seção se compõe de um extrato do livro e do *white-paper* de Schragenheim e Dettmer (2000a e 2000b), posto a carência de publicações acadêmicas sobre o tema.

O tambor-pulmão-corda simplificado (TPC-S) parte da premissa que a empresa não é, usualmente, restringida por nenhum recurso interno. Em outras palavras, o mercado, frequentemente, é a maior de todas as restrições para a maioria das empresas, o que significa atender todas as oportunidades de vendas.

Quando o mercado é claramente a restrição, os autores sugerem a combinação da simplicidade do planejamento TPC em conjunto com a intensa focalização de controle sobre o pulmão de expedição, o que resulta em uma subordinação total das operações para as vendas (a restrição). Este processo, denominado TPC-simplificado, é, portanto, uma derivação do TPC tradicional.

Todavia, quando um RRC interno começa a emergir em função de um aumento da demanda, a depreciação da capacidade deste recurso deve limitar a habilidade da empresa em responder ao mercado, posto que o atual *lead time* desde a liberação de matéria-prima até o embarque se torna insuficiente. Por conseguinte, a programação TPC tradicional passaria a ser adotada novamente.

E se esta for a decisão, toda unidade de produto precisaria passar através dos pulmões internos, cobrindo a operação restritiva e várias operações não-restritivas (tambor, convergência/montagem e expedição) ao invés de somente uma restrição

(o mercado). O controle seria intensificado, pois cada um destes deve ser monitorado e gerenciado.

Entretanto, esta condição poderá criar conflitos quando um único recurso precisar expedir diferentes ordens para diferentes pulmões. É neste contexto que o TPC-S vem agregar uma alternativa de facilitar ainda mais o processo de gerenciamento, mesmo frente à singeleza do TPC tradicional.

A premissa básica por trás do TPC-S é que a demanda do mercado é a maior restrição, mesmo quando houver um RRC interno ativo. O raciocínio por trás desta hipótese é que, se nós não satisfizermos os requisitos do mercado, nossa demanda futura de mercado será reduzida pela insatisfação dos clientes, posto que estes migrarão para a concorrência. Esta é a primeira premissa básica por trás do TPC-S:

As exigências impostas pelo mercado algumas vezes conflitam com a total exploração de um recurso interno (RRC). Nós não queremos recusar um cliente importante, mesmo que suas ordens correntes consumam uma grande quantidade da capacidade do RRC. Uma vez que nós tenhamos nos alinhado ao mercado, o prejuízo por não se cumprir totalmente este compromisso poderá ser consideravelmente mais severo que aqueles incorridos por sacrificar um pouco da capacidade do RRC (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2000a).

Nestas condições, ambos o RRC interno e a demanda de mercado estão presentes como restrições. Porém, apesar do RRC restringir nosso ganho agora, é o quão bem nós satisfazemos as demandas do nosso mercado que, com certeza, afetará nosso ganho no futuro.

Restrições internas podem vir e ir, mas a restrição do mercado sempre permanecerá com alta relevância. Neste contexto, a intuição natural, a fim de subordinar-se para as demandas do mercado, conduz para a necessidade de manter ainda uma capacidade protetiva mínima no RRC interno.

Este é o porquê do TPC-S tomar por certo que os compromissos com o mercado são sempre a maior restrição, ainda que subordinar-se para uma restrição de mercado não evita a possibilidade de haver um recurso interno que limita a expansão do mercado da empresa.

Assim, um RRC ativo deve também ser considerado, porque decidir quais segmentos de mercado a organização deve perseguir é ditado por quaisquer reais ou potenciais limitações em sua capacidade.

Além disso, como a demanda de mercado varia, há um risco de gerar uma grande carga sazonal no RRC. Conseqüentemente, a carga neste recurso deve ser cuidadosamente monitorada, podendo, inclusive, ser necessário limitar nossos compromissos para alguns segmentos de mercado.

Para sumarizar, quando um RRC está subordinado aos compromissos assumidos com o mercado, alguma capacidade protetiva deve ser mantida no RRC. Por este motivo, deve ser argumentado que, na maioria de casos como este, não deve haver uma necessidade para aderir a uma programação detalhada para o RRC.

Esta conclusão nos leva para a segunda premissa básica do TPC-S: “uma pequena mudança na atual sequência de processamento de uma restrição interna NÃO tem muito impacto no desempenho total do sistema”.

Em adição a isto, para lidar com altos e baixos de demanda, é sabido que, em várias situações, a demanda de mercado flutua. Assumindo que a capacidade em um RRC não é plenamente ocupada durante todo o ano, conclui-se que o RRC está ativo somente nos períodos-de-pico, enquanto que a demanda de mercado é a única restrição ativa durante todo o ano. A Figura 18 ilustra este cenário.

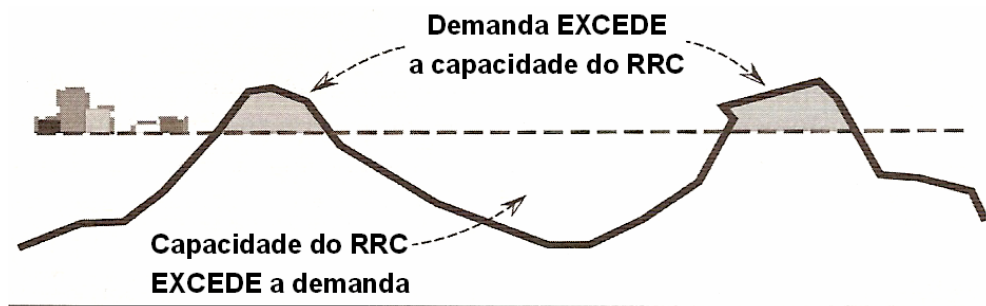


Figura 18 – Demanda e capacidade para um RRC em potencial.

(Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000a).

Migrar de três pulmões (tambor, convergência e expedição) para um pulmão, e então voltar aos três pulmões novamente, representa para o TPC tradicional uma imensa mudança de diretriz, com complicações significativas para o gerenciamento.

Por este motivo, em vários casos de cadeias de suprimentos que utilizam o TPC tradicional, considera-se o RRC interno como a restrição do sistema, mesmo em um período de baixa demanda. Isto gera resultados sub-ótimos (longos tempos de estocagem) nos períodos “fora-de-pico”.

O TPC-S é capaz de alterar suavemente entre períodos de “pico” e “fora-de-pico”, tanto quanto o foco principal de planejamento e controle não se alteram, posto que se direcionam para a satisfação do mercado.

Quanto ao suporte de pacotes usuais de tecnologia da informação (TI), o TPC-S é muito fácil de planejar e controlar com o uso de sistemas comuns de MRP.

De fato, os pacotes especializados de *softwares* TPC não são realmente necessários, desde que os sistemas de MRP possam ser ajustados para suportar o TPC-S. Isto pode ser um real benefício para as empresas que já tenham sistemas de MRP. Porém, em contrapartida, estas companhias podem ser incapazes ou relutantes em investir em *softwares* especializados de TPC.

Outro pressuposto dificultador pode ser a adequação do algoritmo do MRP para a lógica do sistema “puxado”, o que contraria a natureza de seu processamento básico, desenvolvido essencialmente para o regime “empurrado”.

O TPC-S é substancialmente mais simples de implementar, e a maioria dos benefícios em fazê-lo advém mais rapidamente. A Figura 19 representa, esquematicamente, a comparação entre o TPC tradicional e o TPC-S. Em complemento, a Figura 20 expõe um algoritmo sugerido para se implementar o TPC-S.

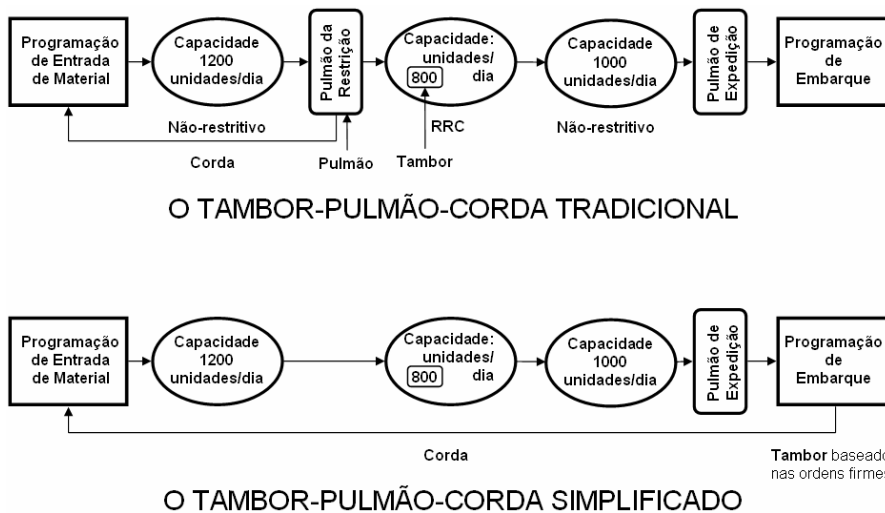


Figura 19 – Comparação entre os modelos TPC tradicional e TPC-simplificado.

(Fonte: Srinivasan *et al.*, 2005).

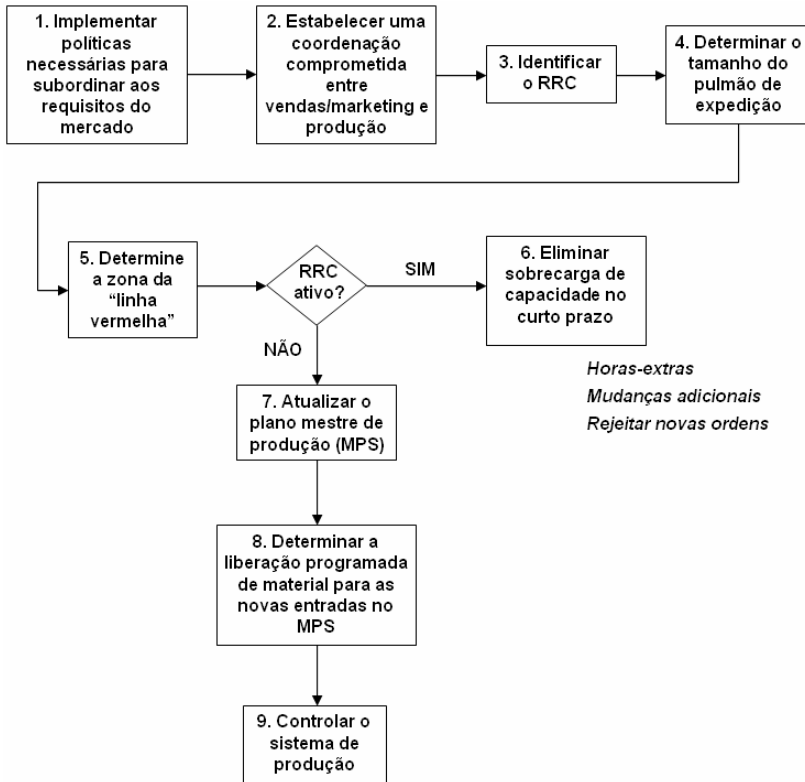


Figura 20 – O processo de implementação TPC-Simplificado.

(Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000a)

2.3.4 Distribuição “puxada” com o tambor-pulmão-corda simplificado

Frente ao exposto nos capítulos 2.3.2 e 2.3.3, esta seção tem como propósito delinear a associação do sistema “puxado” com o TPC-S. Ambos os conceitos, outrossim, terão suas arquiteturas exemplificadas através de uma analogia hipotética.

Para auxiliar a compreensão da analogia, será representado primeiro um sistema de distribuição empurrado. A Figura 21 representa uma rede, onde um grande centro de distribuição (CD) abastece outros quatro depósitos regionais (D), além de algumas cidades próximas.

Os pedidos são colocados de acordo com a necessidade dos clientes, e o transporte é feito via frete aéreo. As aeronaves partem para seus destinos com a

“carga cheia”, posto que sob o ponto de vista dos custos de transporte, não é admissível meia carga.

Frente ao pressuposto de que os destinos não comportam toda a carga, as aeronaves irão distribuir o restante do carregamento em outros depósitos ou varejistas próximos, independente se estes precisam ou não de mercadorias, para, desta forma, “não perder a viagem”.

Como resultado, observa-se pela quantidade de translados (arcos da Figura 21), o desperdício, o excesso de atividades e a quantidade de estoques localizados que não agregam valor ao sistema. Em outras palavras, são estoques que não agregam valor às vendas. Do mesmo modo, não há uma logística simples, otimizada e eficaz de distribuição.

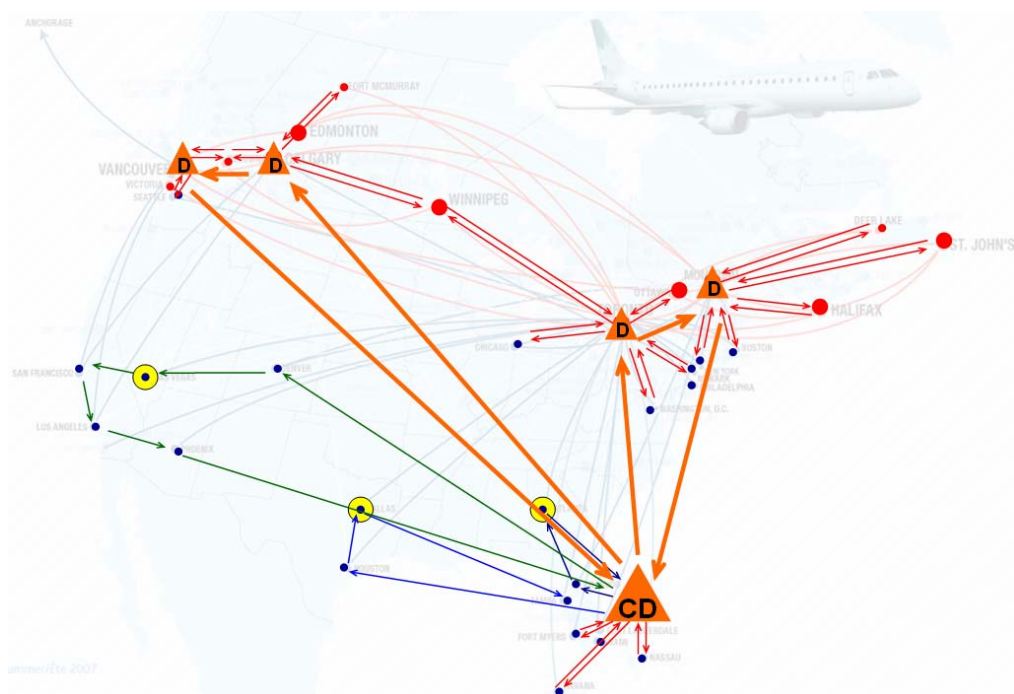


Figura 21 – O processo de distribuição “empurrada”.

Em contrapartida, a Figura 22 apresenta esquematicamente o mesmo processo, porém subordinado a uma distribuição puxada, com o controle central através do nível do pulmão de expedição do CD. Este pulmão reabastece todos os pulmões reduzidos representados na cadeia.

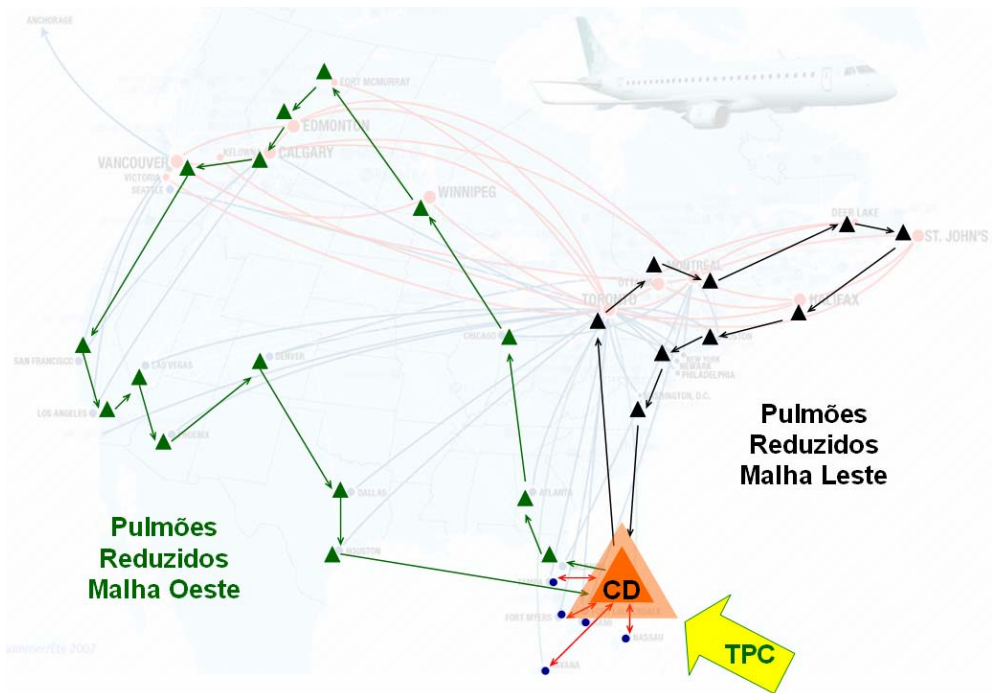


Figura 22 – O processo de distribuição “puxada” com reposição diária (ou de periodicidade curta).

Como o sistema é gerenciado segundo o conceito do TPC-S, todo o controle da demanda se reflete no consumo do pulmão de expedição localizado no CD. E a razão de consumo deste pulmão é que dispara a necessidade de reposição pelo fornecedor do CD, dimensionado pelo *lead time* de ressuprimento.

O reabastecimento é diário, cobrindo todos os pulmões que tenham as suas respectivas mercadorias consumidas em todos os varejistas no período anterior, sendo utilizada uma aeronave para a malha leste, e outra para a malha oeste.

As aeronaves carregam, então, a quantidade total de mercadorias consumidas no dia anterior. Ou seja, o sistema se movimenta de acordo com o consumo global da cadeia, e não atendendo às solicitações individuais de cada varejista.

Resultado: a movimentação é reduzida, o fluxo é contínuo, a cadeia transporta somente a quantidade real consumida pelos clientes finais, e o nível global de inventário é reduzido em grande escala.

Mesmo que o estoque do CD tenha aumentado em volume, o giro é rápido, pois se atende à cadeia total de clientes finais. Ou seja, se um lojista consumir menos, isto será provavelmente compensado por outro varejista que consuma mais.

Enfim, o propósito deste tópico foi expor, com clareza, o mecanismo necessário para que uma cadeia de suprimentos trabalhe de acordo com o modelo sugerido pela TOC. Os fundamentos lógicos deste mecanismo “puxado” são complementados ao longo da seção 2.3.6.

2.3.5 TOC: paralelo entre manufatura e SCM

O principal propósito desta seção é criar subsídios para, de forma conclusiva, auxiliar a compreensão do mais importante princípio para a gestão do SCM de acordo com a TOC: o gerenciamento das restrições (objeto da seção 2.3.6).

Para isto, se faz necessária a transposição dos fundamentos conceituais da TOC abordados até o momento. Isto é justificado pelas muitas dúvidas que cercam a metodologia da TOC voltada ao SCM, ainda mais pela escassez de publicações científicas e estudos de caso reportados (abordado na seção 1.2.3).

De certa forma, é necessário também insistir nos tópicos teóricos, posto que a origem da TOC é de fácil entendimento justamente por ter nascido no ambiente de manufatura. Entretanto, quando se transpõe para o SCM, ainda há muitas dúvidas e perguntas a serem dissipadas.

Em adição a isto, espera-se que este tópico, porventura, venha a trazer alguma contribuição para a comunidade acadêmica, na intenção de oferecer um “atalho” para os interessados sobre o tema, bem como fornecer uma visão geral sobre a TOC. Para este propósito, procurou-se agregar todo o conhecimento disperso (publicações, *white-papers*, sites de consultoria, cursos, etc.), em conjunto com a experiência prática e os contatos desenvolvidos com especialistas na área.

Na sequência, os principais elementos conceituais da TOC estão dispostos segundo o encadeamento lógico para a sua compreensão:

- **1º. Passo – identificar a restrição**

- i. Manufatura: RRC (gargalo, estratégico e convergente).
- ii. SCM: clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

- **2º. Passo – explorar a restrição**

- iii. Manufatura: tirar o maior rendimento do RRC, eliminando ao máximo o desperdício, sem investimentos.

- iv. SCM: garantir as vendas através da disponibilidade dos produtos ao consumidor final, em qualquer circunstância. Ou seja, não desperdice os clientes que vêm até você. É um total desperdício quando os clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

O problema é: como fazê-lo ao menor custo de estoque e distribuição?

- **3º. Passo – subordinar todo o sistema à restrição**

- v. Manufatura: o desempenho do sistema é ditado pelo desempenho do RRC.
- vi. SCM: o desempenho do sistema é ditado pela demanda do mercado (KENDALL, 2007).

Se a demanda for menor que a capacidade do RRC, a demanda é o “tambor”, pois ela é que dita o ritmo. E então aplicar o TPC-S, controlando o sistema através do pulmão de expedição (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2000b).

Caso contrário, dentro da cadeia de suprimentos, é o RRC da fábrica menos produtiva que ditará a cadência e o desempenho de todo o sistema (RRC ativo), e o TPC tradicional poderá ser adotado internamente.

Isto também é compartilhado por Souza *et al.* (2004), revelando que se a demanda é maior do que a capacidade do RRC, localizado em uma das empresas com *output* mais limitado do SCM, é sob a capacidade deste RRC ativo (interno na fábrica) que todo o sistema deverá se subordinar.

Apesar disto, Schragenheim e Dettmer (2000b) recomendam não aceitar encomendas acima da capacidade do RRC, e manter somente a programação segundo o TPC-S, com controle sobre o pulmão de expedição. Justificativa: o mercado a longo prazo é mais importante que um lucro sazonal pontual.

- **4º. Passo – elevar a restrição**

- vii. Manufatura: aumentar o desempenho do RRC.

ϖuu. SCM: se a demanda for menor do que a capacidade do RRC do sistema, aproveitar o aumento dos lucros (obtidos como consequência de menos vendas perdidas e menores custos de estoque e distribuição) e investir em novos mercados (KENDALL, 2000).

Caso contrário, é o RRC da fábrica menos produtiva que deverá ter sua capacidade de produção aumentada (SOUZA *et al.* 2004).

ιξ. **5º. Passo – voltar ao 1º. Passo**

ix. Manufatura: verificar novas restrições.

x. SCM: se a demanda era menor do que a capacidade do RRC ativo, verificar se o aumento da demanda devido à expansão para novos mercados originou situações em que clientes não compram porque não encontram o produto.

Caso contrário, se dentro da cadeia de suprimentos havia um RRC ativo localizado em uma das empresas com a maior limitação de produção, verificar se a limitação de produção para atender a demanda migrou para outra empresa, e identificar o novo RRC interno.

• **Tambor**

xi. Manufatura: desempenho ditado pelo RRC.

xii. SCM: desempenho ditado pelo mercado (consumidor final) (BAPTISTA⁶, 2008).

Contudo, Moellmann e Marins (2005) e Santos *et al.* (2007) sugerem que a fábrica pode ser o tambor, posto que ela é que dita a cadência do sistema.

Este ponto de vista é baseado no tempo de reposição dos pulmões dos distribuidores e varejistas a partir do pulmão de produtos acabados, localizado na fábrica. E antes disto, pelo tempo de reposição do pulmão da fábrica limitado pelo RRC interno da mesma. Esta condição também é compartilhada por Souza *et al.* (2004).

⁶BAPTISTA, H. R. Goldratt Schools, 2008.

Também para Souza *et al.* (2005), uma vez que o *throughput* (ganho) de toda a cadeia é controlado pelo RRC localizado em uma de suas companhias, os programas mestres de produção devem ser submetidos à capacidade limitada daquele RRC. Este programa mestre será o tambor do SCM, determinando o ritmo de produção de todas as companhias da cadeia.

- **Pulmões:**

- xiii. Manufatura: pulmão do RRC (*drum buffer*), pulmões de convergência ou montagem (*feeding buffers*) e pulmão de expedição (*shipping buffer*).
- xiv. SCM: pulmão de expedição, pulmões reduzidos nos distribuidores e pulmões reduzidos nos varejistas (BAPTISTA⁷, 2008).

Contudo, conforme citado no tópico “Tambor” desta seção, o programa mestre subordinado ao RRC da companhia mais limitada em termos de *output* (o tambor do SCM) permite contemplar que o enfoque tradicional do TPC não muda quando aplicado ao SCM (SOUZA *et al.* 2004).

Desta forma, torna-se necessário criar pulmões nos 3 pontos estratégicos da cadeia: na restrição, montagem e expedição. Ou seja, um pulmão para proteger o RRC, outro pulmão na montagem (convergência) para garantir que os materiais que passaram pela restrição sejam prontamente montados, e um pulmão de mercado para garantir os prazos ao cliente final da cadeia.

- **Corda**

- xv. Manufatura: é a sincronização dos níveis do pulmão do tambor e dos pulmões de convergência com o *lead-time* para chegada de materiais aos mesmos, a partir da entrada de matérias-primas no sistema. Para o pulmão de expedição, o sinal para a entrada de materiais se dá em três condições excludentes: convergência após o RRC, convergência antes do RRC e ausência de RRC (Figura 7).

⁷BAPTISTA, H. R. Goldratt Schools, 2008.

xvi. SCM: é a sincronização dos níveis dos pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas com o *lead time* para chegada de materiais aos mesmos a partir do pulmão de expedição da fábrica (BAPTISTA⁸, 2008).

- **O que mudar?**

xvii. Mudar o mecanismo de distribuição tradicional, usualmente subordinado ao sistema “empurrado”, o qual é baseado em previsões de consumo e com periodicidade de transporte aleatória.

xviii. Mudar a prática corrente em se comprar e/ou produzir grandes quantidades de materiais e produtos (processamento em lote), baseado em previsões de longo prazo, e mantendo elevadas quantidades de estoques de produtos acabados nos distribuidores e varejistas/lojistas (BLACKSTONE, 2001).

xix. Mudar o enfoque gerencial e o processo de tomada de decisão baseado nos parâmetros do custo e da eficiência local, que em função de serem parametrizados pelo sistema “empurrado”, oneram a cadeia com o excesso de inventário.

- **Para o que mudar?**

xx. Para o sistema TPC alimentando o pulmão de produtos acabados no fabricante, em conjunto com uma política de reabastecimento diária (ou semanal), repondo este pulmão conforme o consumo em tempo real pelo cliente final da cadeia (sistema “puxado”) (BLACKSTONE, 2001).

xxi. Mudar dos critérios tradicionais que direcionam as tomadas de decisão, hoje “contaminados” pelo ponto de vista dos custos, promovendo uma transição para uma cadeia de suprimentos voltada para uma visão global de ganhos, com fluxo contínuo através do sistema “puxado”, e beneficiando as relações ganha-ganha.

- **Como promover a mudança?**

xxii. É o processo em que normalmente se encontra maior resistência.

⁸ BAPTISTA, H. R. Goldratt Schools, 2008.

Mudar a lógica do SCM subordinando-o ao método TPC (tradicional ou simplificado) é o paradigma mais difícil de ser quebrado (BLACKSTONE, 2001), posto que contraria a maioria dos preceitos de gestão em SCM atualmente empregados, muitos deles ainda baseados no sistema “empurrado”.

Os membros da cadeia de suprimentos com maior lastro financeiro e poder de barganha (neste caso os grandes varejistas e os fabricantes) precisam adquirir uma certa percepção e aceitar que existe o problema.

Uma vez que os parceiros decidam agir em favor da mudança, o trabalho de conscientização, transição e transferência de conhecimento deve ser processado gradualmente, respeitando uma sequência hierarquizada de poder e influência, tanto entre os parceiros da cadeia de suprimentos quanto dos seus colaboradores internos.

Com isto espera-se promover, de forma harmônica e constante, o rompimento com os paradigmas existentes.

2.3.6 O gerenciamento das restrições aplicado ao SCM

O propósito desta seção é agregar toda conjuntura teórica percorrida até o momento, estabelecendo de forma lógica as correlações entre todos os tópicos da TOC até aqui apresentados e discutidos, a fim de concluir a arquitetura conceitual para a operacionalização da TOC no SCM.

Conforme abordado na seção 2.3.1, apesar de o principal propósito no SCM, sob o aspecto cooperativo, seja alcançar uma solução ganha-ganha para todos os membros envolvidos, frequentemente há uma grande disparidade entre os potenciais benefícios e a prática, em que o relacionamento representa um jogo de força entre os membros da cadeia (SIMATUPANG *et al.*, 2004). A consequência mais prejudicial deste cenário é o excesso de inventário quando visualiza-se a cadeia de suprimentos como um todo.

Estas inerentes dificuldades rogam aos membros da cadeia encontrarem uma “engrenagem” em comum, o que irá capacitá-los a atingir os potenciais benefícios do SCM, principalmente contra o excesso de estoques ao longo da cadeia de suprimentos (combate ao desperdício).

Sob este aspecto, vem então a principal questão: porque os estoques aumentam? Se mesmo com o uso das ferramentas convencionais de SCM, percebe-

se que ainda existe um considerável excesso (desperdício) de inventário nas cadeias de suprimentos em geral, como justificar isto, uma vez que esta afirmação é contraditória à própria natureza dos sistemas de SCM?

Para responder a esta questão, é necessário descrever e compreender o ciclo de produção e abastecimento entre os membros da cadeia de suprimentos, explicado na sequência.

Com a implantação dos sistemas de SCM, as fábricas passaram a obter instantaneamente as informações sobre os níveis de estoques dos distribuidores. Ao mesmo tempo, a adoção conjunta destes sistemas de SCM com os sistemas de ERPs, somados aos programas de melhoria contínua, aumentaram não somente a qualidade e a produtividade das fábricas, como também diminuíram o *lead-time* de fornecimento pelas mesmas (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Contudo, o problema observado por Goldratt *et al.* (2000) é que, apesar da redução do tempo que um pedido de um depósito leva para ser atendido, nem sempre os níveis estipulados de estoques são redimensionados, posto que os estoques das fábricas são expedidos para os depósitos com base na previsão de consumo.

Mas a verdade é que, teoricamente, é impossível prever com precisão o consumo de um produto específico em uma região específica com semanas de antecedência (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Goldratt *et al.* (2000) acrescentam que, de fato, uma vez que a previsão é objeto de pesquisa por amostragem ou baseada no histórico de demanda, ocorre que ao mesmo tempo os níveis de estoque atualmente estipulados são estabelecidos (ou parametrizados) com base em dados não atualizados, tanto da capacidade do sistema quanto do tempo médio que se leva para repor o estoque vendido pelos depósitos.

Goldratt *et al.* (2000) ainda ressaltam que, simultaneamente a isto, o que faz com que uma fábrica comece a produzir um produto é a falta deste em um determinado depósito, para atender clientes específicos (geralmente locais). Porém, eventualmente, há estoques suficientes deste mesmo produto em outros depósitos. Todavia, isto não impede que, por motivos de escala econômica de produção, a fábrica produza quantidades para vários depósitos.

Este cenário, somado às falhas de comunicação entre os parceiros da cadeia de suprimentos, associadas também ao fato do planejamento das necessidades dos outros depósitos estarem parametrizadas em previsões de consumo locais que não podem ser aprimoradas, fazem com que uma fábrica produza e mande o produto também para os outros depósitos.

Este comportamento impõe à fábrica produzir então a quantidade supostamente necessária para a rede de distribuição inteira (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Como se não bastasse, Goldratt *et al.* (2000) lembram que o processo é ainda agravado pelo ponto de vista de transporte logístico, posto que, se uma quantidade expedida a um depósito não é o suficiente para encher um caminhão, costuma ser mandatório acrescentar-se produtos até encher o mesmo, pois despachar caminhões com meia carga não costuma ser aceitável.

Por outro lado, não se pode cair na armadilha de que a solução esteja em reduzir os níveis estabelecidos dos estoques nos distribuidores, pois mesmo que os estoques estipulados sejam diminuídos, quando houver uma falta de produtos num depósito, a maior parte dos outros depósitos continuará não precisando de mais estoque. E naqueles poucos depósitos que necessitem dos produtos, a quantidade que falta provavelmente será pequena até mesmo para encher um caminhão.

Fica evidente que este cenário promoveria lotes de produção com quantidades tão irrisórias, fazendo com que os *set-ups* absorvessem quase que toda a capacidade produtiva das fábricas, tornando-as não rentáveis ao ponto de vista dos acionistas” (GOLDRATT *et al.*, 2000). Conseqüentemente, com a depreciação da produtividade, as fábricas não seriam capazes de produzir para atender toda a demanda de vendas.

Infelizmente, estes problemas são frequentemente verificados em várias cadeias de suprimentos, e as soluções usualmente adotadas não têm apresentado resultados suficientemente adequados.

Com a compreensão deste ciclo, elucida-se o conseqüente cenário de excesso de estoque em muitos lugares e falta de estoque em outros lugares, fazendo com que alguém que lida com centenas de *mix* de produtos e com dezenas de depósitos regionais tenha falta de produtos em alguns lugares.

Para Goldratt *et al.* (2000), é particularmente importante ressaltar que situações como estas não são um problema para as empresas que produzem sob encomendas, mas é uma dificuldade praticamente inevitável em fábricas cuja produção é baseada em previsões.

Mas, se a redução do estoque não é a solução, qual então será a saída? Pode-se responder esta questão com base nos fundamentos da TOC aplicados ao SCM, resumidos na seção 2.3.5 (1º, 2º. e 3º. passos do processo de focalização em 5 etapas).

2.3.6.1 Primeiro passo: identificar a restrição no SCM

O principal fator que impede o sistema de maximizar sua rentabilidade é o excesso de inventário, cujas causas principais são justificadas pelos ramos inferiores dos principais dilemas do SCM (Figuras 13, 14 e 15), em conjunto com a elucidação do ciclo de manufatura e suprimentos baseados em previsões de demanda.

Sendo assim, em primeiro lugar deve-se então anular estas condições, conclamando aos parceiros decidirem pela maximização do resultado global da cadeia de suprimentos, desqualificando a maximização pontual dos resultados de cada elo. E isto pode ser possível, posto que a TOC evidencia que a soma de todos os ótimos locais não necessariamente beneficiam o ótimo global (ramos superiores dos diagramas das Figuras 13 e 14).

Em segundo lugar, é preciso localizar o ponto sensível e estratégico de convergência do sistema, onde seja possível (e praticável) monitorar todo o fluxo e o desempenho da cadeia, e ao mesmo tempo determinar o ritmo imposto pela capacidade de produção, onde alimentar com menos implica em perda de oportunidade ou vendas, e alimentar com mais não resulta em maior saída.

Em outras palavras, onde está a restrição da cadeia de suprimentos (1º. Passo do processo de focalização em 5 etapas)?

Esta questão foi respondida na seção 2.3.5 em que, através da visão holística da TOC, a identificação da restrição no SCM é reconhecida como todos os clientes que não compram porque não encontram o produto prontamente disponível no momento da procura (KENDALL, 2007).

Seguindo a sequência lógica, no 2º. Passo (obter o maior proveito das vendas aos clientes no estado atual), o SCM precisa garantir as vendas através da disponibilidade dos produtos ao consumidor final, em qualquer circunstância. Ou seja, não desperdice os clientes que vêm até você. É um total desperdício quando os clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

Para atender esta necessidade, é necessário primeiro localizar qual é o parceiro mais sensível da cadeia, cuja insuficiência de insumos implicará em menos produtos, e conseqüentemente, perda de vendas ao consumidor final.

Por outro lado, este mesmo parceiro continuará não contribuindo com o aumento das vendas, caso a quantidade de insumos seja maior que sua capacidade de produção, posto que a quantidade de produtos acabados será limitada.

Para isto, faz-se necessário compreender o mecanismo de planejamento da demanda, e como a sua correta aplicação auxilia neste processo de localização estratégica deste parceiro.

2.3.6.2 Planejamento da demanda e posicionamento estratégico dos estoques

É bem sabido que a acuracidade do processo de previsão depende, dentre outros fatores:

- Da obtenção de informações acerca da estimativa sobre vendas agregadas (para famílias de produtos, para um mercado regional ou para um grupo de clientes) ou vendas individuais para clientes finais;
- Da posição relativa (próxima ou distante ao cliente final) de um membro da cadeia que estimará a previsão da demanda.

Sendo a acuracidade da previsão de consumo desigual para diferentes pontos na cadeia de suprimentos, é muito importante identificar qual é o parceiro mais adequado para uma estimativa de vendas mais precisa aos clientes finais.

Por esta razão, a cadeia como um todo deve adotar os resultados das previsões para:

- O planejamento de produção e de distribuição;
- O cálculo dos níveis de estoques;
- Os pedidos de reposição; e assim por diante.

Seguindo este raciocínio, Goldratt *et al.* (2000) estabelecem, deste modo, que o estoque deveria ser concentrado nos lugares em que a previsão na cadeia é mais precisa.

Considerando-se que a precisão de uma demanda regional piora pelo fato de a escala ser menor, o mesmo não ocorre para as vendas totais de toda a carteira de clientes.

Sendo assim, faz sentido manter o estoque nos lugares em que a previsão da demanda por eles seja a estimativa de consumo para toda a carteira de clientes finais (GOLDRATT *et al.*, 2000).

E onde, na cadeia de suprimentos, seriam estes lugares?

Resposta: os estoques de expedição das fábricas são esses lugares, pois uma fábrica produz para todos os clientes (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Sendo assim, devemos assegurar os níveis necessários de estoques de produtos acabados para que as fábricas não interrompam a manufatura dos lotes adequados de produção, visando atender a demanda total dos clientes finais.

Em outras palavras, um dos parâmetros para determinação das estimativas de vendas é fundamentado, sob o aspecto das ciências estatísticas, pelo tamanho da amostra da população a ser estudada (neste caso representado pela dimensão da população de consumidores).

Desta forma, segundo os métodos estatísticos adotados, pode-se afirmar basicamente que quanto maior a amostra, menor o desvio-padrão (menor a amplitude das flutuações de vendas), e vice-versa.

Analogamente, as demandas em cada ponto da cadeia de suprimentos são determinadas basicamente pela proporcionalidade do tamanho da amostra em relação à grandeza da população de consumidores finais.

Deste mesmo modo, as flutuações das demandas locais previstas são relativamente significativas, justamente pelo fato da escala ser regional, e conseqüentemente o tamanho da amostra da população estudada ser reduzido.

O mesmo não procede nas fábricas, pois neste ponto da cadeia as flutuações regionais estão diluídas, posto que o tamanho da amostra analisada considera o atendimento da demanda total dos clientes finais.

Se esta é a natureza do comportamento probabilístico das previsões sobre as demandas dentro de uma cadeia de suprimentos, então por que não segurar os estoques de produtos acabados nas fábricas, ou seja, no lugar onde os bens são produzidos?

Isto pode ser explicado pelo fato desta nova perspectiva ser conflitante com a realidade dos sistemas de distribuição tradicionais, justamente por terem sido concebidos principalmente para manter os estoques perto dos clientes, a fim de minimizar as perdas de vendas causadas pelos *lead-times* muitos extensos, e também devido ao pretexto de que os clientes esperam que seus pedidos sejam entregues no mesmo dia.

Mas, de acordo com a TOC, concentrar maiores estoques de produtos acabados nos pulmões de expedição das fábricas é a decisão correta a ser tomada, desde que também haja pulmões reduzidos de estoques nos distribuidores, pois quando a fábrica produzir para repor o pulmão de um depósito, o excedente produzido ficará armazenado na própria fábrica, em vez de despachá-los para todos os distribuidores, onde, muitas vezes, a reposição não é necessária (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Uma vez que o consumo do pulmão de expedição da fábrica será em função da demanda de todos os clientes finais da cadeia, sujeito então a menores variabilidades, o giro do estoque na fábrica será significativamente rápido.

2.3.6.3 Segundo passo: explorar a restrição no SCM

A partir da compreensão e da aceitação do processo lógico explanado na seção 2.3.6.2, é possível então passar para a próxima etapa: não desperdiçar os clientes que vêm até você (KENDALL, 2007). Isto significa garantir produtos prontamente disponíveis aos consumidores finais, nos varejistas e lojistas.

Para isto, é necessário adotar um mecanismo que garanta a reposição imediata de cada item recém-vendido. E é neste contexto que a política de reabastecimento delineada pela TOC ao SCM vem agregar eficácia e otimização a este processo.

Na realidade, a TOC evidencia que se substituirmos o procedimento tradicional de reposição dos estoques nos distribuidores e varejistas, baseados em níveis estipulados pela previsão das vendas, e adotarmos em seu lugar a reposição somente quando um produto é vendido, os depósitos e lojistas farão os pedidos apenas quando o estoque atingir um nível mínimo de segurança.

A recuperação dos níveis dos pulmões estará garantida antes da próxima venda, posto que o *lead-time* de reposição é determinado simplesmente pelo tempo despendido durante o transporte para reabastecimento, dimensionado dentro de cada ciclo.

Suponha por exemplo que, em um determinado depósito, a quantidade de venda diária de vários tipos de artigos (produzidos por uma mesma fábrica) seja proporcionalmente pequena quando comparada à quantidade total de vendas da cadeia.

Se levarmos em consideração todo o *mix* de produtos vendidos e suas respectivas quantidades, somadas também ao *mix* de artigos vendidos pelos outros depósitos regionais, essas quantias diárias a serem repostas pela fábrica são suficientes para encher um caminhão (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Em outras palavras, a ideia é manter estoque suficiente nas fábricas (conceito do pulmão de expedição da TOC), e recompor os níveis dos estoques dos depósitos somente após o consumo real pelos clientes finais (distribuição segundo o sistema “puxado”, abordado no capítulo 2.3.2). Os estoques são mantidos nas fábricas e retirados delas de acordo com o que foi realmente vendido aos clientes (GOLDRATT *et al.*, 2000).

O tempo de reposição é mais preciso, pois se todos os produtos estiverem disponíveis na fábrica, o *lead time* será reduzido à extensão do tempo de entrega, mostrando-se mais confiável do que planejar a manufatura de um *mix* de produtos solicitados.

Deste modo, é possível trabalhar atendendo-se aos níveis de estoques realmente necessários, liberando mais caixa e, ao mesmo tempo, praticamente eliminando-se (GOLDRATT *et al.*, 2000):

- a) A troca de estoque entre os depósitos;
- b) A falta de produtos nos depósitos;
- c) A demora no tempo de resposta.

Como consequência desta nova abordagem, as fábricas nunca terão de produzir pequenas quantidades, e devido a isto, poderão melhorar o serviço oferecido aos depósitos, pois se todos os produtos estiverem disponíveis na fábrica, ela então será capaz de repor o pulmão de cada depósito periodicamente (diariamente, bi-semanal ou semanal), repondo, se necessário, um a um cada depósito, através de um plano de distribuição adequado em que os despachos sejam feitos com o caminhão cheio. Isto será economicamente viável.

2.3.6.4 Terceiro passo: subordinar todo o sistema de SCM à restrição

Se o máximo desempenho do sistema é limitado pelo desempenho da restrição, neste caso representado por atender a demanda do mercado (KENDALL, 2007), como atender este requisito, porém com o compromisso de fazê-lo ao menor custo, tanto de inventário quanto de distribuição?

O elemento fundamental para esta etapa está no correto emprego da corda, de acordo com o sistema TPC para o SCM (abordado no capítulo 2.3.5).

Se o tambor é o mercado (capacidade do RRC maior do que a demanda), as cordas do TPC-simplificado são os instrumentos de comunicação que garantirão a subordinação do pulmão de expedição ao que realmente é debitado dos pulmões reduzidos dos distribuidores e varejistas, reflexo direto das vendas no consumidor final.

Caso contrário, se há um RRC ativo (recurso menos eficiente da fábrica menos produtiva), este será responsável pelo desempenho do sistema em atender o mercado. Para esta situação, o TPC tradicional poderá ser adotado internamente, desde que o pulmão de expedição desta fábrica esteja conectado, através das cordas, aos pulmões reduzidos dos distribuidores e varejistas.

Desta forma, assegura-se que tanto o RRC quanto o pulmão de produtos acabados da fábrica estejam sincronizados com o consumo real do mercado, através do monitoramento de todos os pulmões ao longo do sistema, tanto da fábrica (tambor, convergência e expedição) quanto da cadeia de suprimentos (expedição, depósitos e varejistas).

Em resumo, todo o sistema está subordinado ao tambor, neste caso representado pela disponibilidade de bens aos clientes finais. E na falta de produtos, a depreciação dos resultados da cadeia será impossível de ser recuperada, pois o cliente que não encontrar uma mercadoria irá procurar o produto na concorrência.

Deste modo, protegendo-se o tambor, estamos então protegendo indiretamente todo o sistema. A postura de planejamento e controle desloca-se então da visão geral de monitoramento de todas as variáveis do sistema para uma visão de gerenciamento da restrição, associada ao gerenciamento dos pulmões (visto na seção 2.3.6.2).

E o principal ponto de controle passa a ser o pulmão de expedição da fábrica, pois caso este seja totalmente consumido, nenhum outro processo na cadeia será mais ineficiente do que a recomposição dele, comprometendo a distribuição aos distribuidores e varejistas, mesmo com reposição diária.

Concluindo, a subordinação ao tambor permite controlar todas as outras variáveis indiretamente, através da subordinação do sistema ao elemento que o restringe aumentar os ganhos.

2.3.7 Considerações finais sobre a aplicação da TOC e o gerenciamento das restrições no SCM

De forma geral, o gerenciamento das restrições no SCM é compreendido pela administração da cadeia de suprimentos focalizada no mercado (a restrição), através do emprego da lógica e das ferramentas da TOC.

Toda esta arquitetura é suportada pelos os fundamentos da TOC apresentados no capítulo 2.2, em que além da restrição, do processo de melhoria contínua e do TPC, o resultado final desta abordagem vem ao encontro:

a) Dos processos de raciocínio

- O que mudar (identificar causas-raiz):
 - i. As condutas localizadas nos ramos inferiores dos dilemas, representados pelas Figuras 13 e 14, que resultam no aumento desnecessário do inventário ao longo da SC;
 - ii. As políticas tradicionais SCM baseadas em manter pulmões próximos ao consumidor final, a fim de não desperdiçar oportunidades de vendas.
- Para o que mudar

- i. Para uma estratégia que focalize os ganhos globais da cadeia de suprimentos, subordinando todos os resultados à demanda do consumidor final, eliminando o excesso de inventário, através da neutralização da visão míope de alguns parceiros em adotar políticas que maximizam localmente os resultados.
- Como promover a mudança:
 - i. Conscientização de todos os parceiros de que, enquanto o cliente final não comprar, ninguém na cadeia de suprimentos vendeu nada;
 - ii. Percepção das vantagens do fluxo contínuo (sistema puxado), principalmente pelo fato de que repassar excesso de produção para o sucessor implicará em interrupção dos pedidos nos períodos subsequentes, caso este excedente fique “enclafado” nos varejistas;
 - iii. Garantir a *performance* global através de métricas adequadas (a ser abordado na seção 2.3.8);
 - iv. Aplicação correta das ferramentas ARA, diagrama de dispersão de conflito, ARF, APR e AT.

b) Do mundo dos ganhos

$$[RSI = LL/I = (G-DO) / (\text{inventário} + \text{investimentos})]$$

- De nada adianta a soma de todas as otimizações ou maximização dos resultados, promovidos individualmente por cada um dos parceiros na cadeia (ótimos locais) se houver um RRC ativo no menos eficiente deles. Ou ainda se todos produzem mais do que o mercado deseja consumir.
Ou seja, o ganho do sistema (G) continuará limitado como um todo, seja pelas vendas, seja pelo “gargalo” de produção. E com o agravante também dos investimentos empatados (I) e do aumento das despesas operacionais (DO).

Consequentemente, conforme salienta a TOC, o controle do fluxo do sistema deixa de ser feito pelos estoques e passa a ser feito por meio do gerenciamento dos pulmões de expedição nas fábricas (estoques de produtos acabados), bem como

pelos pulmões dos distribuidores e varejistas/lojistas, estando todas as convergências do fluxo da SC subordinadas ao nível real de consumo do pulmão de produtos acabados nos pontos de consumo.

Apesar da impressão de estar aumentando os estoques nas fábricas, na verdade, este é um meio de reduzir significativamente o estoque total da cadeia, conforme ilustrado pela Figura 23.

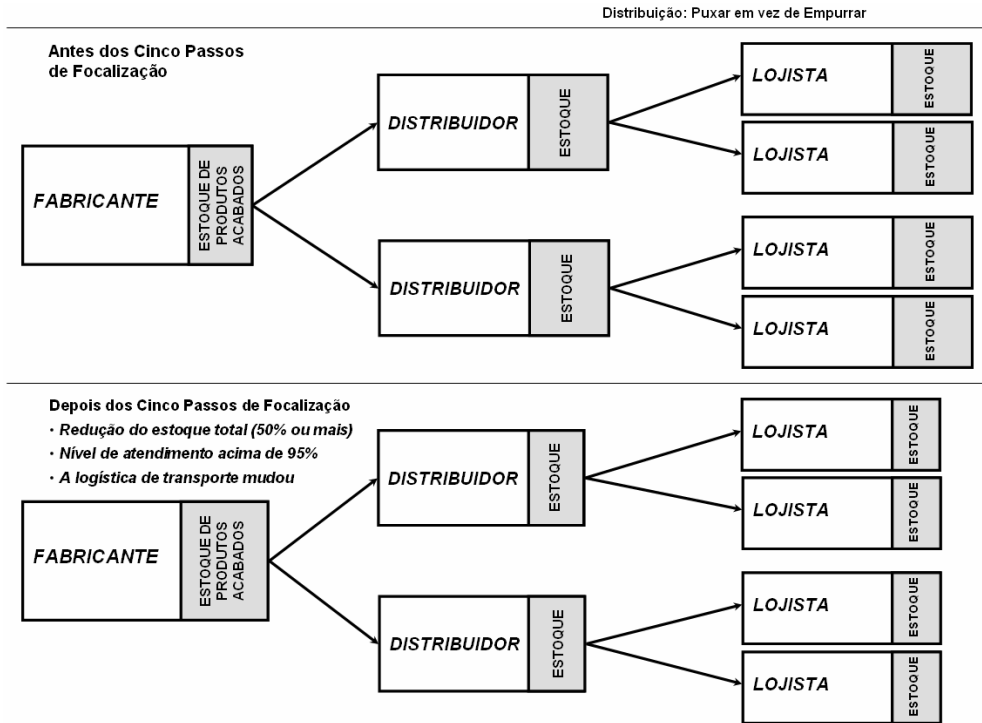


Figura 23 – Explorar e subordinar na distribuição.

(Fonte: Kendall, 2007).

2.3.8 Garantia de desempenho

Em relação ao cenário e ao comportamento convencionais apresentados na seção 2.3.6.3, verifica-se que sempre que as fábricas mandam algo para os depósitos, os atuais sistemas de medidas de desempenho premiam as fábricas com uma venda interna. O sistema não leva em conta se os depósitos precisam ou não do produto. As fábricas são recompensadas de qualquer forma (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Porém, esta prática reflete uma visão míope no curto prazo, pois quando uma empresa registra uma venda no momento em que envia seus produtos para a próxima empresa, a cadeia ainda não fez uma venda. Isso é o oposto do que faz sentido para o negócio no longo prazo, no qual uma venda é realizada apenas quando o último elo na cadeia de suprimentos vende para o consumidor final.

Verbalizando o conceito, a prática do dia-a-dia deveria ser: enquanto o consumidor final não comprar, ninguém na cadeia de suprimentos vendeu coisa alguma. O sistema deveria apenas creditar uma venda interna se a entrega for feita a um depósito que realmente precise do produto (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Se esta for então a prática adotada, isso deve fazer com que as fábricas parem de produzir apenas para parecerem boas nas medidas, não produzindo o que não é necessitado na distribuição. Porém, para fechar por completo o ciclo de benefícios, é importante que a maior parte disso chegue ao consumidor final. E enquanto o consumidor final não desfrutar disso, a cadeia não estará tendo o maior benefício: o aumento nas vendas (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Finalizando, o grande paradigma a ser quebrado para se garantir a eficácia da implementação da TOC ao SCM é: se a regra tradicional diz que “cada membro da cadeia de suprimentos gera receitas através das vendas aos seus parceiros diretamente sucessores”, então esta regra deve ser mudada para “as receitas dos membros da cadeia de suprimentos serão garantidas somente quando os produtos forem vendidos aos clientes finais” (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Em outras palavras, se cada fornecedor sabe que não será pago até que seu cliente realize a venda, então estes fornecedores estarão conscientes dos interesses de seus clientes, fazendo com que os elos individuais finalmente se comportem como uma cadeia (GOLDRATT *et al.*, 2000). Desta forma, todos os envolvidos estarão combatendo o desperdício e, ao mesmo tempo, alinhando as metas em direção aos resultados globais da cadeia, ou seja, atender as expectativas dos clientes finais.

Adicionalmente, deve-se garantir a percepção do desperdício, baseando-se na gestão através de uma estrutura hierarquizada de indicadores locais e globais, em que os membros da cadeia podem também se utilizar destes indicadores para avaliar como os outros parceiros estão contribuindo para os indicadores globais de desempenho.

Torna-se importante, então, também mensurar o grau de confiabilidade dos mesmos, tanto através do inventário-dinheiro-dia, que é a multiplicação do valor do estoque pelo número de dias que ele fica sob a responsabilidade da fábrica (tempo entre o pedido dos produtos e a rapidez em transferi-los para o mercado), como

também pelo ganho-dinheiro-dia, que significa mensurar o valor dos pedidos atrasados multiplicado pelo número de dias em atraso.

Conforme acrescenta Goldratt *et al.* (2000), todos os parceiros serão medidos não apenas pelo inventário-dinheiro-dia, mas também pelo ganho-dinheiro-dia. Afinal, confiança garantida só é crível desde que existam medidas que sirvam como vigilância. E desde também que estas mesmas medidas operacionais sejam empregadas tanto dentro de cada elo como entre os elos.

A Figura 24 exemplifica uma estruturação destes indicadores, sugerida por Simatupang *et al.* (2004), contendo medidas individuais e globais, propondo uma disposição hierárquica entre eles.

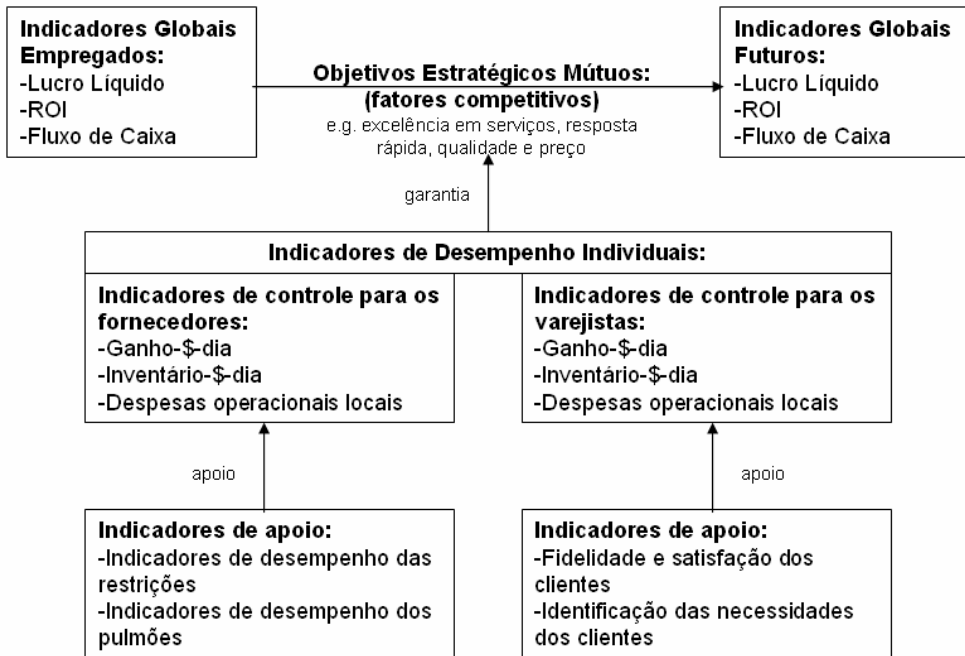


Figura 24 – Estrutura hierarquizada dos indicadores de desempenhos locais e globais. Foco nos aspectos colaborativos.

(Fonte: Simatupang *et al.*, 2004).

É muito importante ressaltar novamente que a proposta em desenvolvimento nesta pesquisa é orientada para cadeias de suprimentos com demandas baseadas em

previsões, calculadas através do histórico de consumo, sazonalidade de vendas, análise de séries temporais e tendências do mercado presente e futuro.

Porém, de nada adianta se o comportamento da cadeia não migrar deste sistema “empurrado” (baseado em previsões) para o sistema “puxado” (movimentado pelo consumo real), posto que as estimativas de consumo são adotadas como constantes, e pressupondo como determinísticos os parâmetros de mercado utilizados como referência. Ou até que algum destes parâmetros adotados seja afetado significativamente.

É particularmente importante ressaltar também que, devido aos paradigmas tradicionais no uso das ferramentas convencionais de SCM, ainda verifica-se muita resistência, por parte das empresas, em aceitarem trabalhar com altos níveis de produtos acabados nas fábricas, conforme propõe a aplicação da TOC ao SCM. Mesmo que o giro de estoque seja bastante dinâmico (multiplicação do valor do estoque pelo número de dias que ele fica sob a responsabilidade da fábrica).

O novo e ideal paradigma a ser adotado no uso da TOC ao SCM pode ser descrito como segue: pode ser mais lucrativo um alto nível de produtos acabados, porém com menor tempo de permanência no estoque (giro rápido), associado a estoques de segurança reduzidos (pulmões) ao longo da SC até o consumidor final. E com a soma de todas as demandas dos consumidores finais, aumenta o tamanho da amostra. E quanto maior a amostra, menor o desvio padrão (ou seja, menores as variações da demanda).

Vale recomendar também que, em se tratando de uma tomada de decisão estratégica, estudos devem ser feitos através dos modernos recursos de simulação, através dos quais o comportamento no ambiente da cadeia de suprimentos tradicional (com base nas informações históricas de produção, armazenagem, transporte e distribuição) pode ser comparado com o mesmo cenário, porém adotando-se a metodologia da TOC na distribuição.

Para isto, os parâmetros iniciais recomendados podem ser adotados com base nos seguintes perfis:

- a. Histórico de consumo diário de todos os pontos de venda que atendem os clientes finais;
- b. *Lead-time* de transporte dos distribuidores até os pontos de venda (varejistas e lojistas);
- c. *Lead-time* de transporte das fábricas até os distribuidores;
- d. Capacidade de recebimento de insumos e matérias-primas dos fornecedores;

- e. Capacidade dos *set-ups* e de manufatura das fábricas, com base no dimensionamento dos lotes econômicos de produção;
- f. Dimensionamento dos pulmões reduzidos nos distribuidores e nos pontos de venda (varejistas e lojistas), baseados nos *lead-times* de transporte reposição, determinado pela capacidade de manufatura, expedição e transporte das fábricas (conceito de *time-buffer*).

Este último ponto (letra “f”) é uma das mais importantes premissas a serem adotadas para a simulação, posto que os pedidos de reposição serão colocados quando a quantidade disponível em estoque for menor do que o pulmão reduzido previamente dimensionado.

Como é desejável que a frequência de reposição seja diária (ideal), o reabastecimento ocorrerá antes que o produto acabe, pois o mesmo será repostado no dia seguinte, apenas na quantidade suficientemente necessária para que este pulmão reduzido recupere seu nível previamente estipulado.

Apesar dos resultados das simulações aumentarem os níveis dos pulmões de expedição nas fábricas (o que é esperado quando se emprega o mecanismo da TOC no SCM), os volumes totais de inventário na cadeia como um todo são menores.

É a partir deste ponto que iremos iniciar o desenvolvimento de uma proposta de otimização viável e, de certa forma, exclusiva e inédita no meio acadêmico, como suplemento a fim de diminuir ainda mais os estoques de produtos acabados nas fábricas, mesmo que os níveis globais de inventário da SC já tenham sido reduzidos após a aplicação da TOC ao SCM.

2.4 VENDOR-MANAGED INVENTORY (VMI), BUSINESS-TO-BUSINESS (B2B) E ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING (APS)

A influência do “mundo do empurrar” conduz as empresas a trabalharem com previsões e estimativas, motivo este que institui aos administradores empregarem como parâmetros de planejamento as médias históricas dos elementos dos sistemas de SCM, dentre eles as vendas diárias, o tempo de entrega e a produtividade (TAYLOR, 2004). Porém, estes componentes integrantes dos sistemas empresariais manifestam uma variabilidade natural, mesmo quando bem administrados.

Em oposição a isto, as cadeias de suprimentos sofrem com as flutuações reais do mercado, e são os valores reais das demandas que irão prescrever o comportamento reativo ao planejado. E quanto maiores as oscilações destes valores, mais sensível e complexo se torna o SCM, tornando-o mais suscetível às instabilidades dos processos.

Se um item planejado não estiver disponível no prazo, este poderá propagar uma série de replanejamentos em cadeia em todos os processos sucessores (compras e suprimentos), provocando paradas, mudanças de linhas e WIP, atrasando e comprometendo drasticamente os prazos contratados com os clientes.

Em busca da minimização destes problemas, as parcerias estratégicas e o ambiente colaborativo entre os membros da cadeia de suprimentos apresentam-se então como elementos fundamentais para o gerenciamento dos inventários de acordo com a aplicação da TOC ao SCM (UMBLE; UMBLE, 2002).

A necessidade destas parcerias, em conjunto com o propósito da aplicação da TOC ao SCM em alcançar as melhorias desejadas, propiciam, desta forma, um ambiente cujos objetivos vêm ao encontro de uma outra estratégia de SCM colaborativo, denominada estoque gerenciado pelo fornecedor (*vendor-managed inventory – VMI*) (VIGTIL, 2006).

Assim como a TOC, segundo Yao *et al.* (2007), o VMI propicia a diminuição dos estoques, ao mesmo tempo incrementando o desempenho em seus processos de reabastecimento e reposição (HOLMSTRÖM, 1998), melhorando os níveis de serviços prestados para atender as demandas do consumidor final (KULP *et al.*, 2004).

Em adição a isto, de acordo com Disney *et al.* (2003), para o êxito na implementação e utilização do VMI, é necessário que uma grande quantidade de informações seja transferida e compartilhada entre os membros predecessores e sucessores da cadeia de suprimentos, mais especificamente em relação aos dados sobre vendas dos consumidores finais e dos níveis de estoque dos compradores (clientes internos).

Ainda segundo Disney *et al.* (2003), esta estratégia tornou-se economicamente viável somente a partir do advento e difusão do comércio eletrônico, o que coloca as ferramentas de *internet* baseadas nas soluções *business-to-business* (B2B) como um componente essencial a ser integrado junto à TOC e ao VMI, visando ao suporte no intercâmbio de informações entre os elos da cadeia de suprimentos.

Em função deste cenário, com o objetivo de então robustecer este sistema de SCM proposto, o VMI e o B2B são consolidados junto a TOC, levando a diminuir

ainda mais os níveis globais de inventário na cadeia, ao mesmo tempo suavizando os efeitos indesejados causados pela flutuação do consumo previsto, através da minimização da amplificação da variabilidade da demanda, observada em todos os níveis do sistema, fenômeno este também conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*), conforme referenciado por Lee *et al.* (2004) e Umble e Umble (2002), e abordado na seção 2.1.2.

2.4.1 Vendor-Managed Inventory (VMI)

Segundo Santos *et al.* (2007), o VMI pode ser definido como um sistema de compartilhamento de informações de demanda e estoques na cadeia de suprimentos. Este sistema propicia a redução dos estoques e redução nos custos logísticos devido à minimização do efeito chicote. Disney e Towill (2003) afirmam que o efeito chicote pode ser reduzido, ou mesmo eliminado, através do uso do VMI.

O VMI vem sendo utilizado pelas empresas na busca da minimização dos estoques, porém sem a redução do nível de serviço ao consumidor (SANTOS *et al.*, 2007). Taylor (2004) pondera que os estoques gerenciados pelo fornecedor têm como inovação “a forma como se distingue controle e posse, os quais normalmente eram transferidos ao mesmo tempo”. Santos *et al.* (2007) acrescentam que com o VMI, as redes varejistas mantêm a posse sem necessariamente manter o controle.

Porém, sua difusão ocorreu somente entre as grandes redes varejistas, justamente por ter sido desenvolvido no mercado de bens de consumo (*consumer goods*). Devido à maior complexidade da logística interna de manufatura e aquisição presentes nas empresas manufatureiras, sua implementação é mais complexa, sendo necessárias algumas customizações no modelo básico (voltado para bens de consumo) nestes tipos de organizações.

O VMI é ilustrado na Figura 25 (adaptada de TAYLOR, 2004), e comparado com os modelos convencional e de consignação, que foram muito aplicados nas décadas de 80 e 90. Taylor (2004) afirma que no VMI “o fabricante passa a receber atualizações constantes sobre o nível dos estoques no varejista e o reabastece conforme necessário, sendo que o varejista mantém a posse dos produtos a serem entregues. Isso permite mais visibilidade aos fabricantes sobre a venda de seus produtos”.

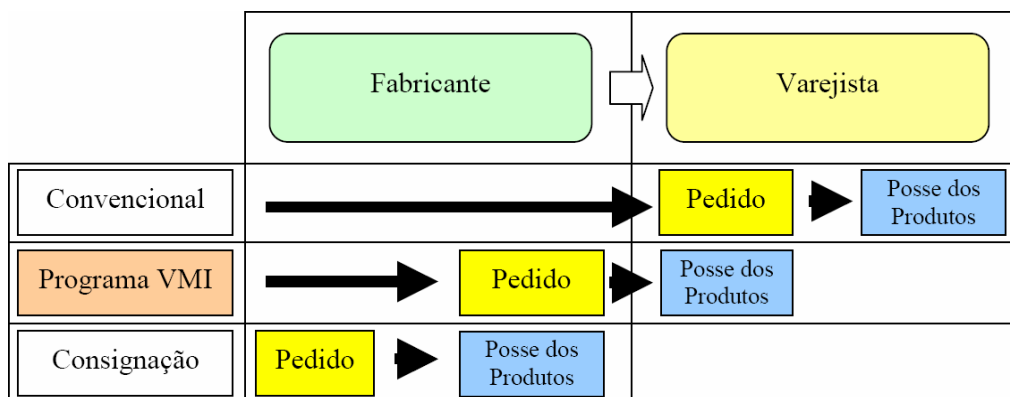


Figura 25 – Ilustração dos sistemas: convencional, VMI e consignação.

(Adaptado de Taylor, 2004).

Ainda de acordo com Taylor (2004), o controle dos níveis dos estoques e os pedidos de produtos não precisam mais ser administrados pelos varejistas, benefícios estes possíveis graças ao sistema VMI. Em adição a isto, as empresas “precisam de menos estoques, às vezes apenas metade do que manteriam em outros sistemas” (TAYLOR, 2005).

O VMI atua na melhora da comunicação entre cliente e fornecedor, minimizando o efeito chicote. Porém, considera somente a logística externa no relacionamento das empresas, desprezando os problemas encontrados na logística interna (SANTOS *et al.*, 2007).

Como proposta de solução para estes problemas de logística interna, conforme abordado anteriormente, o conjunto de ferramentas da metodologia da TOC aplicada para manufatura (processo de focalização em 5 etapas; programação tambor-pulmão-corda; processos de raciocínio; e indicadores ganho-inventário/investimento-despesa operacional) se mostra adequado para esta questão, e será evidenciado através da implementação prática a ser abordada no capítulo 4.

Outra limitação para a eficiência do modelo é a necessidade de um sistema de comunicação muito eficiente (SANTOS *et al.*, 2007). Para isto, a proposta deste estudo adota as ferramentas de B2B através da *internet*, utilizada em conjunto com o VMI.

Entretanto, segundo Chopra e Meindl (2003), é particularmente importante ressaltar que o VMI, quando empregado nas cadeias de suprimentos convencionais,

pode apresentar uma desvantagem. Isto se explica justamente no caso de clientes que consomem (ou vendem) produtos de fabricantes (ou fornecedores) concorrentes, posto que cada fornecedor poderá ignorar o impacto das substituições de seus produtos pelo competidor (a critério do cliente), ou ainda pela flutuação da demanda dos seus produtos em relação à concorrência.

Sob este aspecto, o modelo e a aplicação prática (a serem expostos nos capítulos 3 e 4), operaram subordinados ao sistema empurrado, provendo uma potencial contribuição a fim de minimizar este aspecto.

2.4.2 Internet e business-to-business (B2B)

Segundo Santos *et al.* (2007), a comunicação entre as empresas vem sofrendo profundas alterações com o advento da popularização da *internet*, uma vez que esta vem propiciando a inclusão de empresas que não tinham acesso a esta tecnologia, para então ingressarem nos comércios eletrônicos populares.

2.4.2.1 Internet

“A revolução da tecnologia da informação é um evento histórico, pois introduziu um padrão de descontinuidade nas bases materiais da economia, da sociedade e da cultura” (NOVAES, 2004b).

Segundo Stefansson (2002), a troca eletrônica de dados tem aproximadamente 30 anos. Porém, não alcançaram de forma significativa as pequenas e médias empresas, que corriam o risco de serem definitivamente excluídas da integração de seus sistemas logísticos na cadeia de suprimentos. Todavia, o advento da *internet* e os conceitos de negócio eletrônico mudaram estas perspectivas para estas empresas (SANTOS *et al.*, 2007).

Desta forma, dos quatro principais elementos despendidos em uma transação, o dinheiro, o tempo, a tensão e o esforço no transporte (NOVAES, 2004a), a *internet* ajudou a reduzir dois deles: o tempo das transações e a tensão gerada durante este processo (SANTOS *et al.*, 2007).

Além disso, Santos *et al.* (2007) destacam que, na atualidade, a *internet* de alta velocidade (banda larga) está disponível em grande parte das empresas de pequeno porte, e na maioria das empresas de médio porte, o que contribui para a inclusão destas empresas no mundo da comunicação digital, viabilizando a implementação de sistemas de comunicação eletrônica.

2.4.2.2 Business-to-business (B2B)

Para Santos *et al.* (2007), o B2B é uma forma popular de representar a expressão *business-to-business*, que se refere à realização de negócios entre duas empresas através da *internet*. O comércio eletrônico integrado ao B2B provocou profundas transformações nos relacionamentos e no modo de operação das cadeias de suprimentos (MASON *et al.*, 2003). O aprimoramento da *internet* habilitou a troca de informações comerciais entre as empresas, vinculando almoxarifados e garantindo um melhor nível de informação em toda a cadeia de suprimento (SANTOS *et al.*, 2007).

Para Santos *et al.* (2007), é particularmente importante que com o advento da *internet* de alta velocidade foi possível a comunicação em tempo real dos dados entre as empresas, as quais disponibilizam, em portais, sistemas de troca de informações referentes ao negócio em andamento entre as partes envolvidas.

A redução do custo e conseqüente popularização da *internet* de alta velocidade vêm viabilizando a difusão dos sistemas eletrônicos de comunicação empresarial via WEB, para as pequenas e médias empresas. Porém os sistemas de segurança não evoluíram com a mesma velocidade, o que vem causando grande preocupação aos administradores, que se deparam com a possibilidade de fraudes e perda de privacidade, com o risco de prejuízos imensuráveis (SANTOS *et al.*, 2007).

A Figura 26 ilustra, de forma esquemática, um sistema de TI clássico entre as empresas. O VMI e o B2B se encaixam nesta categoria, operando através de portais personalizados baseados na WEB para a troca de informações relevantes.

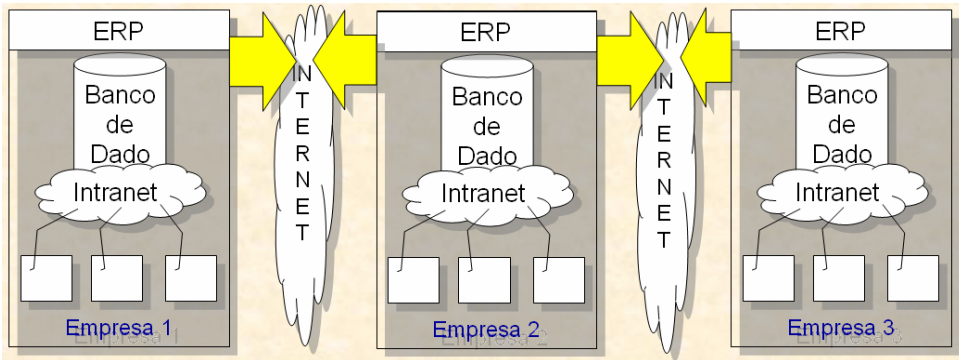


Figura 26 – Ilustração dos sistemas de TI.

(Murta⁹, 2008)

2.4.3 Advanced planning and scheduling (APS)

A evolução e o aprimoramento dos modelos de SCM demandaram um consequente aumento da necessidade em se utilizar os sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) como suporte às suas operações.

De forma geral, estes sistemas de TIC possuem uma arquitetura para análise de dados através de uma comunicação integrada entre os ERPs de duas ou mais empresas, viabilizando então estas a utilizarem o planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS).

Para Hugos (2003), o sistema APS é composto por modernas ferramentas analíticas, cujo principal propósito é determinar e compartilhar informações sobre a capacidade de manufatura das empresas, a disponibilidade de material ao longo da cadeia, e o conhecimento da demanda do cliente. Estes sistemas geram programações sobre o que deve ser produzido, em qual fábrica e em que momento, tendo como *inputs* as informações extraídas dos ERPs das empresas.

A importância é justificada pelo fato de que muitos dos aplicativos incluídos nos pacotes de ERP são diretamente relevantes para as atividades de SCM.

Porém, o VMI (como módulo de um ERP) e o B2B (como um portal externo de transmissão de informações entre empresas) geralmente se limitam a interações com parceiros comerciais imediatos, ou seja, cada um engloba apenas um único elo na cadeia de suprimentos (vide Figura 26).

⁹ ALVES, J. M. Soluções e Práticas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Cadeia de Suprimentos. Notas de aula – ITA, 2008.

É neste contexto que um APS, funcionando através de um portal personalizado pela *internet*, permite a interface entre os dados das várias empresas em uma cadeia de suprimentos, com uma segurança garantida através do controle de acesso pelo administrador do sistema. A Figura 27 representa ilustrativamente esta arquitetura.

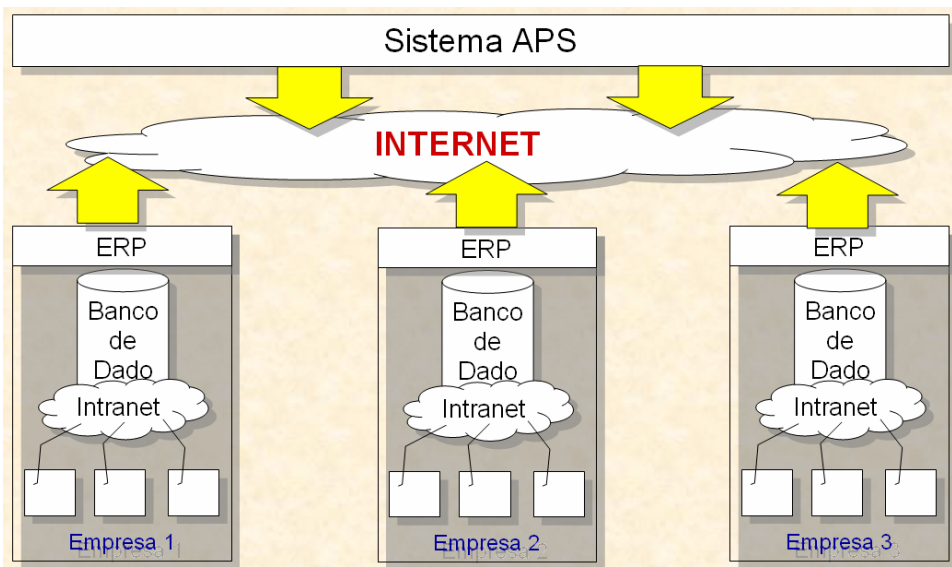


Figura 27 – Ilustração da nova arquitetura dos sistemas de TI através do APS.

(Murta¹⁰, 2008)

É comum também que algumas empresas adotem outras descrições e siglas para os APSs, podendo também ser denominados como “sistemas de apoio à decisão” (SAD), ou ainda “sistemas avançados de planejamento e sequenciamento” (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

De acordo com Sinchi-Levi *et al.* (2003), estes sistemas geralmente cobrem as seguintes áreas:

- Planejamento da demanda: baseada em dados históricos e no comportamento de consumo dos clientes;

¹⁰ ALVES, J. M. Soluções e Práticas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Cadeia de Suprimentos. Notas de aula – ITA, 2008.

- Planejamento de suprimentos: compreende planejamento estratégico da cadeia de suprimentos, planejamento de estoques, planejamento da distribuição, compras e “planejamento dos recursos de distribuição” (*distribution resource planning* – DRP, também conhecido como planejamento de transportes colaborativos);
- Planejamento e sequenciamento da produção: inclui o MRP e o MRP-II.

Usualmente, os sistemas APS realizam seus processamentos através de ferramentas matemáticas baseadas em algoritmos de pesquisa operacional, utilizando as informações quantitativas disponíveis (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). Porém, ressalta-se que estas informações são oriundas de estimativas, novamente nos levando aos sistemas predominantemente “empurrados”, sujeitos às flutuações da demanda prevista e suas consequências, conforme abordado no capítulo 2.

Sob este aspecto, surge mais uma potencial contribuição do modelo a ser proposto (capítulo 3), baseado na TOC-VMI-B2B, a ser evidenciado na aplicação real (capítulo 4), justamente por operar subordinado ao sistema empurrado.

