

**FUNDAMENTOS DE TEORIA DAS  
RESTRICÇÕES E UMA APLICAÇÃO  
EM UMA METODOLOGIA DE  
INTEGRAÇÃO DE EMPRESA**

**FERNANDO BERNARDI DE SOUZA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia  
de São Carlos, da Universidade de São Paulo,  
como parte dos requisitos para obtenção do Título  
de Mestre em Engenharia Mecânica.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100017513



**São Carlos  
1997**

Class.	TESE-EESC
Cat.	582S
Tomo	T 123/97

Área : Engenharia Mecânica.

31100017513

st 0934 197

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

S729f Souza, Fernando Bernardi de  
Fundamentos de Teoria das Restrições e uma  
aplicação em uma metodologia de integração de  
empresa / Fernando Bernardi de Souza. São Carlos,  
1997.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia  
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes

1. Teoria das Restrições. 2. Processos de  
Raciocínio. 3. Contabilidade de ganho.  
4. Tambor-Pulmão-Corda. 5. Árvore da Realidade  
Atual. 6. Metodologia de integração. I. Título

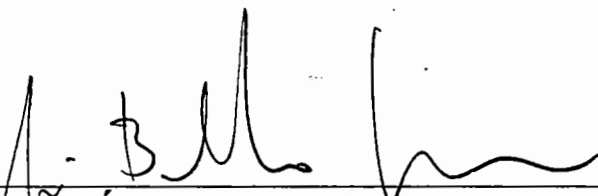
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada em 15-5-1997  
pela Comissão Julgadora:



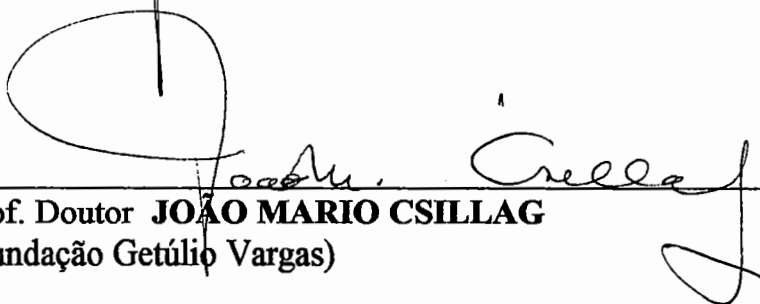
---

Prof. Doutor **ANTONIO FREITAS RENTES (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



---

Prof. Doutor **JOSÉ BENEDITO SACOMANO**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



---

Prof. Doutor **JOÃO MARIO CSILLAG**  
(Fundação Getúlio Vargas)



---

Prof. Doutor **JOÃO LIRANI**  
Coordenador da Área de Engenharia Mecânica



---

**JOSÉ CARLOS A. CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

**Aos meus pais,  
meus verdadeiros mestres  
e companheiros.**



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu professor e orientador Antonio Freitas Rentes pelas oportunidades de desenvolvimento profissional a mim proporcionadas.

Ao amigo Thomas Corbett pelos importantes conhecimentos transmitidos, com os quais pude aprender muito mais sobre Teoria das Restrições.

Ao Instituto Avraham Y. Goldratt do Brasil por me permitir participar como acadêmico em alguns de seus cursos.

Ao Miguel por me acompanhar do início ao fim de meus trabalhos, fornecendo sempre o suporte necessário.

A todos os meus colegas de Mestrado, pelo apoio e amizade dados em todas as fases de desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Engenharia de Produção pelos suportes técnicos e emocionais dispensados.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMO</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Introdução	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objetivo do Trabalho	3
1.4 Estrutura do Trabalho	3
<b>2 A TEORIA DAS RESTRIÇÕES</b>	<b>4</b>
2.1 Histórico	4
2.2 Definindo Restrição	6
2.3 O processo decisório da Teoria das Restrições	9

2.4 O Processo de Raciocínio da TOC	12
2.4.1 O Método Socrático do Processo de Raciocínio da TOC - a compra da idéia	21
2.4.2 Algumas considerações científicas sobre o Processo de Raciocínio da TOC	24
<b>3 A CONTABILIDADE DE GANHO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES</b>	<b>28</b>
3.1 Da definição da meta empresarial à determinação das medidas necessárias para tomadas de decisões gerenciais	28
3.2 A Contabilidade de Custos	34
3.3 Mundo do Ganho <i>versus</i> Mundo do Custo	38
3.4 A TOC e o Custeio ABC	42
3.5 A TOC e o Custeio Direto - diferenças e semelhanças	52
3.6 O controle de processos proposto pela TOC	55
3.7 A visão estratégica da Teoria das Restrições	59
<b>4 SOLUÇÃO PROPOSTA PELA TOC PARA PROBLEMAS DE MANUFATURA</b>	<b>62</b>
4.1 O papel do estoque de material em processo em ambientes de manufatura	62
4.2 Capacidade balanceada: mais um reflexo da constante busca por ótimos locais	71
4.3 Restrições de capacidade	81
4.4 Valor do tempo e o efeito das interações entre recursos gargalos e não-gargalos	87
4.5 Lotes Econômicos: mais um tipo de restrição de política	93
4.6 O método Tambor-Pulmão-Corda ( <i>Drum-Buffer-Rope</i> )	97

4.6.1 O Tambor	103
4.6.2 O Pulmão de Tempo	110
4.6.3 A Corda	117
4.6.4 O conceito de Capacidade Protetora	122
4.6.5 Quatro complicadores do TPC	123
4.7 Localização estratégica do RRC	127
4.8 A melhoria organizacional em ambientes TOC	135
4.8.1 Formas de aumentar a capacidade de recursos restritivos	135
4.8.2 O Gerenciamento de Pulmão	140
4.8.2.1 O Pulmão Dinâmico	145
4.9 A Análise V-A-T	147
4.9.1 A Análise V-A-T como ferramenta para identificação de Recursos com Restrição de Capacidade	147
4.9.2 A Análise V-A-T como ferramenta para identificação de problemas e controle gerencial	149
4.9.2.1 Problemas característicos de plantas em V	154
4.9.2.2 Problemas característicos de plantas em A	155
4.9.2.3 Problemas característicos de plantas em T	157
<b>5 APLICAÇÃO DOS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO EM UMA METODOLOGIA DE INTEGRAÇÃO DE EMPRESA (MIE)</b>	<b>160</b>
5.1 A Metodologia de Integração de Empresa (MIE) do Projeto CIM da USP de São Carlos - uma visão geral	160
5.1.1 Primeira etapa da MIE: Integração de Objetivos	162
5.1.2 Segunda etapa da MIE: Integração de Processos	167
5.1.3 Terceira etapa da MIE: Operacionalização	169
5.2 A Árvore da Realidade Atual (ARA)	171
5.2.1 Diretrizes para construção de uma Árvore da Realidade Atual	173

5.3 Proposta para construção de ARAs que envolvem situações complexas	176
5.3.1 Método para levantamento de disfunções	177
5.3.2 Método de Composição de Árvores da Realidade Atual	181
5.4 O modelo global de identificação de problemas-raízes organizacionais	183
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>187</b>
6.1 O corpo do trabalho	187
6.2 Os Processos de Raciocínio	189
6.3 O Mundo do Ganho	191
6.4 O Sistema Tambor-Pulmão-Corda	194
6.5 Trabalhos Futuros	195
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>198</b>
<b>8 OBRAS CONSULTADAS</b>	<b>204</b>
<b>APÊNDICES</b>	
Apêndice I	
Apêndice II	
Apêndice III	
Apêndice IV	
Apêndice V	

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1- Esquema de uma Árvore da Realidade Atual	14
Figura 2.2- O Diagrama de Dispersão de Nuvem	15
Figura 2.3- A Árvore da Realidade Futura	16
Figura 2.4- A Árvore de Pré-Requisitos	17
Figura 2.5- A Árvore de Transição	18
Figura 2.6- O Método dos Processos de Raciocínio, uma visão geral	19
Figura 3.1- Curva normal representando uma situação hipotética de variação da demanda por um produto em função das diferenças individuais de percepção de valor pelo mercado	50
Figura 4.1- Perfil de carga de um recurso	84
Figura 4.2- Curva de custos para cálculo de lotes econômicos	94
Figura 4.3- O método Tambor-Pulmão-Corda	103
Figura 4.4- Esquema das linhas de produção 1 e 2	108
Figura 4.5- Exemplo de ponto de divergência	119
Figura 4.6- Ilustração de uma restrição “falsa”	128
Figura 4.7- Ilustração de uma restrição interna plausível	129
Figura 4.8- Ilustração de uma restrição de mercado	130
Figura 4.9- Projeto de uma linha ideal	131
Figura 4.10- Efeito das flutuações internas e acumulativas	132
Figura 4.11- Efeito das flutuações	133
Figura 4.12- Pulmão localizado antes de uma restrição intermitente	134
Figura 4.13- Um pulmão após a origem da flutuação	134
Figura 4.14- Alguns casos de perfis de conteúdos de um pulmão de tempo	141
Figura 4.15- Perfis de carga de um recurso com e sem Pulmão Dinâmico	146
Figura 4.16- Estruturas genéricas de plantas fabris	148
Figura 4.17- Os três tipos especiais de “pontos” que caracterizam as plantas	151
V-A-T	
Figura 5.1- Etapas e fases da MIE	162
Figura 5.2- Localização da Árvore da Realidade Atual na MIE	164

---

Figura 5.3- A etapa de Integração de Objetivos	167
Figura 5.4- Levantamento de disfunções e expectativas	179
Figura 5.5- Diagrama representando as diversas fases para obtenção de problemas-raízes organizacionais globais	185

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 4.1- Valores individuais e métodos de produção de cada elemento produtivo em contraste com quantidade produzida pela linha	75
Tabela 4.2- Valores de estoque em processo e produção da linha a partir da variação do número de recursos e de ciclos de produção	76
Tabela 4.3- Consumo e capacidade de cada recurso	82
Tabela 4.4- Classificação dos recursos	86
Tabela 4.5- Demanda de mercado diária para os produtos A, B e C	106
Tabela 4.6- Tempos de processamento e <i>setup</i> para os produtos A, B e C (em minutos)	107
Tabela 4.7- Programa do RRC (tambor)	109
Tabela 4.8- <i>Master Production Schedule</i> para a empresa hipotética	109



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABC	- Activity-Based Costing
APR	- Árvore de Pré-Requisistos
ARA	- Árvore da Realidade Atual
ARF	- Árvore da Realidade Futura
AT	- Árvore de Transição
EI	- Efeito Indesejável
ED	- Efeito Desejável
CEP	- Controle Estatístico de Processo
CTV	- Custos Totalmente Variáveis
DBR	- Drum-Buffer-Rope
DDN	- Diagrama de Dispersão de Nuvem
DO	- Despesa Operacional
FIFO	- First In First Out
G	- Ganho
GP	- Gerenciamento de Pulmão
I	- Inventário
JIT	- Just In Time
MIE	- Metodologia de Integração de Empresa
MPS	- Master Production Schedule
MRP	- Material Requirements Planning
OPT	- Optimized Production Technology
PcR	- Processos de Raciocínio
RRC	- Recurso com Restrição de Capacidade
TOC	- Theory Of Constraints
TPC	- Tambor-Pulmão-Corda
TPM	- Total Productive Maintenance
TQM	- Total Quality Management

**RESUMO**

SOUZA, F.B. *Fundamentos de Teoria das Restrições e uma aplicação em uma Metodologia de Integração de Empresa*. São Carlos, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Concebida por Eliyahu M. Goldratt, a Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC) propõe uma nova forma de se entender e gerenciar organizações. Partindo do pressuposto de que o desempenho de toda empresa é limitado pelas restrições da mesma e que, portanto, a estes elementos restritivos deve-se dar atenção especial por parte da administração, a TOC desenvolveu uma série de princípios, conceitos e métodos para se gerenciar quaisquer ambientes organizacionais. Fundamentada num sistema de medidas para suporte a decisões locais e globais da empresa denominado de "Mundo do Ganho" e desenvolvida a partir da aplicação de seus "Processos de Raciocínio", a TOC criou uma série de aplicativos para uso em diversas áreas como *marketing*, logística de distribuição, gerenciamento de projetos e seu sistema de gerenciamento da produção, denominado de "Tambor-Pulmão-Corda". Este último é um dos focos deste trabalho. Será também melhor explorada uma das ferramentas dos Processos de Raciocínio chamada de Árvore da Realidade Atual (ARA). Propõe-se aqui a sua utilização em uma Metodologia de Integração de Empresa (MIE), como método suporte à etapa de diagnóstico de empresa, adaptando-se o método original proposto por Goldratt para aplicações em situações complexas, onde existe um grande volume e/ou variedade de disfunções.

Palavras-chaves: Teoria das Restrição, Processos de Raciocínio, Mundo do Ganho, Tambor-Pulmão-Corda, integração de empresa.

**ABSTRACT**

SOUZA, F.B. *Principles of Theory of Constraints and an application in an Enterprise Integration Methodology*. São Carlos, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Conceived by Eliyahu M. Goldratt, the Theory of Constraints (TOC) proposes a new way of understanding and managing the organizations. Considering that the performance of all firms is limited to their constraints and that these elements must receive special attention from the administration, the TOC developed several principles, concepts and methods for management in any organization. Based on a system of measures to hold onto local and global enterprise decisions called Throughput World and developed from Thinking Process application, the TOC created a variety of tools for different business fields such as marketing, distribution logistics, designs management and its system of production management called "Drum-Buffer-Rope", which is one of the focal points of this work. Besides this, one of the tools of Thinking Process called Current Reality Tree will be explored. This work recommends its utilization in an Enterprise Integration Methodology, as a method to hold onto the enterprise diagnosis stage, adapting the traditional Goldratt's method for applications in complex situations, where there is a large volume and/or variety of disfunctions.

Keywords: Theory of Constraints, Thinking Process, Throughput Word, Drum-Buffer-Rope, enterprise integration.

## 1 APRESENTAÇÃO

### 1.1 Introdução

A grande maioria das empresas atuais, sejam elas manufatureiras ou de prestação de serviços, estão organizadas com base em princípios e conceitos cujas raízes se remontam ao século XVIII com a divisão do trabalho proposta por Adam Smith em *A riqueza das nações* e pelos modelos de “administração científica” desenvolvidos no início deste século, em sua grande parte devidos aos trabalhos de Frederick Taylor e Henry Ford. Após a Segunda Guerra Mundial, tais princípios, inicialmente desenvolvidos nos Estados Unidos, se espalharam rapidamente pela Europa e, depois, pelo Japão. Nesta época, de demanda intensa e crescente, os clientes estavam mais que satisfeitos em comprar o que lhes ofereciam.

Contudo, o mercado consumidor, que se durante muito tempo ficou submisso às vontades das empresas produtoras, possui hoje o poder de exigir mercadorias com altos padrões de qualidade, confiáveis, entregues dentro do prazo e personalizadas de acordo com seus desejos individuais. É o total domínio da demanda em relação à oferta. As novas tecnologias atualmente disponíveis, em conjunto com a derrubada das fronteiras nacionais e com as expectativas e exigências dos clientes em constante mutação e que, por sua vez, contam hoje com uma gama de opções nunca antes vista, faz da realidade atual um campo árido para os métodos clássicos de gestão organizacional.

A luta pela sobrevivência e por uma vantagem competitiva sustentável vem levando as organizações a buscarem outras formas de gerir suas atividades, fazendo com que, muitas vezes, estas sejam obrigadas a desaprender muitas técnicas e modelos que tanto sucesso propiciaram às mesmas. A manufatura, antes relegada a um segundo plano, tem seu papel revalorizado no que tange aos objetivos estratégicos

da organização. O mundo entra, desta forma, num novo paradigma produtivo, com novas formas de gestão da produção fundamentadas em revolucionárias filosofias administrativas. É neste contexto turbulento que surge a Teoria das Restrições como macro filosofia de conduta empresarial, com novos métodos de gestão da manufatura e da empresa como um todo.

## 1.2 Motivação

A intensificação da pressão do mercado e da concorrência nas indústrias tem levado empresas de diversos países a procurar outras formas de gerenciar os sistemas de manufatura em seus esforços para melhorarem suas posições competitivas. Talvez destes novos modelos, os mais publicados e aplicados nas principais fábricas de todo o mundo sejam o MRP (*Material Requirements Planning*) e seu sucessor o MRPII (*Manufacturing Resources Planning*), o JIT (*Just in Time*) e o aplicativo de produção da TOC (*Theory of Constraints*) conhecido como “Tambor - Pulmão - Corda” (TPC) e “Gerenciamento de Pulmão” (GP). Contudo, enquanto o JIT e o MRP têm recebido ampla atenção de acadêmicos e administradores, principalmente no que se refere ao caso brasileiro, pouca atenção tem sido dada aos princípios e técnicas contidos na Teoria das Restrições.

Tal descrédito, entretanto, não condiz com os enormes benefícios que uma empresa pode obter quando bem compreende e aplica as ferramentas presentes na TOC. Como será visto no decorrer deste trabalho, seu fácil entendimento, os baixos custos envolvidos em sua implementação, sua alta aplicabilidade e flexibilidade, além dos rápidos e excelentes retornos práticos, faz da Teoria das Restrições uma potente arma na busca por melhores níveis de desempenho organizacional, elevada produtividade e conseqüentemente alta lucratividade. Num país como o Brasil, onde a falta de recursos financeiros é uma realidade e uma barreira ao seu desenvolvimento, e a rapidez no retorno dos resultados é um fator ainda mais importante nestes tempos de globalização da competitividade, a TOC aparece, mais do que nunca, como solução viável e possivelmente adequada.

Desta forma, a motivação deste trabalho é contribuir para a sociedade acadêmica e para os engenheiros, administradores e executivos interessados em

alavancar a capacidade competitiva de suas empresas, trazendo à tona este importante modelo de gestão da produção.

### 1.3 Objetivo do trabalho

Apresentar os conceitos, técnicas, princípios e filosofia contidos na Teoria das Restrições, sobretudo seu aplicativo de administração e logística do sistema produtivo, além de apresentar e discutir um método de identificação de problemas raízes nas organizações, solução e implementação denominado Processos de Raciocínio (PcR) da Teoria das Restrições. Este, por sua vez, deve ser inserido dentro de uma metodologia de integração de empresas, com o propósito de cooperar na fase de diagnóstico da situação atual destas empresas.

### 1.4 Estrutura do trabalho

São apresentados um breve histórico da Teoria das Restrições, algumas definições para “restrição” e a forma como a TOC lida com os diversos tipos de restrições no capítulo 2, mormente os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições. No capítulo 3 é apresentada a contabilidade gerencial proposta pela Teoria das Restrições denominada de “Mundo do Ganho”. São discutidos também neste capítulo diversos aspectos conflitantes que existem entre este método e algumas formas de custeio tradicionais ou não. No capítulo 4 é discutido, dentro do contexto de planejamento e controle da produção, o sistema logístico da Teoria das Restrições conhecido como “Tambor-Pulmão-Corda” (TPC). É apresentado também um método chamado de “Gerenciamento de Pulmão” (GP) para focar os processos de melhorias organizacionais. Neste contexto, são realizados alguns paralelos entre os métodos TPC/GP e o movimento da Qualidade Total e seu sistema *Just in Time*. No capítulo 5 é discutido com maior profundidade a primeira das ferramentas do PcR dentro do contexto de uma Metodologia de Integração de Empresa (MIE) juntamente com uma nova proposta para construção da mesma. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões obtidas no trabalho e a identificação de trabalhos futuros.

## 2 A TEORIA DAS RESTRIÇÕES

— História —

Ca'

Este capítulo procura posicionar historicamente a Teoria das Restrições, relatando algumas terminologias que muitas vezes se confundem com a própria TOC. Algumas definições geralmente encontradas para o termo “restrição” e a forma como a TOC se propõe a lidar e administrar as diversas restrições dos sistemas organizacionais representam o foco deste capítulo.

### 2.1 Histórico

Criada pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt na década de 80, a Teoria das Restrições foi inicialmente fundamentada em programas de computação com o objetivo de desenvolver e implementar um sistema de programação de produção com capacidade finita para resolver problemas de chão de fábrica. Este sistema ficou conhecido como OPT (*Optimized Production Technology*) e sua aplicação tornou-se para muitos sinônimo de Teoria das Restrições.

Ficou constatado na prática, entretanto, que o simples uso de um *software* não iria garantir à empresa um processo auto-sustentado de melhoria contínua. Para tal, era necessário, antes de mais nada, que fossem quebrados certos paradigmas que regem as organizações, mudando a forma de agir e pensar das pessoas. Tornou-se evidente que era realmente preciso desenvolver um método em que se permitisse criar, comunicar e implementar uma boa solução para a produção. Surgia desta maneira os alicerces do que é hoje conhecido como Teoria das Restrições, ou seja, um conjunto de pressupostos, regras e princípios capazes de orientar um processo focalizado de gerenciamento empresarial e que, portanto, transcende o OPT enquanto metodologia de programação da produção.

Como explicado em SPENCER & COX (1995b), o uso do termo OPT, portanto, deveria ser limitado à descrição do *software* como ele está atualmente

disponível. O Software fornece um metodologia de programação finita baseada na maximização da produção através da operação gargalo. Ele contém elementos de DBR (“Drum-Buffer-Rope” ou Tambor-Pulmão-Corda) mas não está solidificado como um sistema identificável. Ele não contém um sistema de medidas de desempenho, idéias, ou outros conceitos fundamentais de como uma organização opera, ainda que o software OPT execute um programa que assume alguns destes conceitos existentes no ambiente de produção.

A primeira experiência bem sucedida de abordar o que foi depois chamado de “O Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições” se deu através da publicação de “A Meta”, um livro técnico escrito de maneira romaneada por Goldratt juntamente com Jeff Cox. “A Meta” não somente foi a base na qual foi sedimentada a Teoria das Restrições, como também foi muito útil em aplicações industriais via implementação dos conceitos de programação da produção delineados na obra.

Tornava-se evidente, desta forma, que o uso do *software* não deveria mais ser a prioridade número um dentro de um processo de implementação de soluções de produção. Tal constatação levou, mais tarde, à desvinculação de Goldratt com os produtores dos sistemas computacionais e a conseqüente fundação do Avraham Y. Goldratt Institute em 1986, com a meta declarada de gerar e disseminar conhecimento através dos Processos de Raciocínio da TOC. A aplicação destes processos não se limitaram, contudo, ao desenvolvimento de soluções para a produção. Outras áreas de negócio também foram abrangidas pela Teoria das Restrições como logística de distribuição, gerenciamento de projetos, *marketing*, entre outras.

Pode-se dizer, portanto, que a Teoria das Restrições se divide hoje em dois grandes grupos de trabalho: os Processos de Raciocínio e os seus aplicativos já citados. É importante salientar aqui, que este trabalho de pesquisa irá se concentrar no estudo do aplicativo de logística da Produção da Teoria das Restrições denominada de “Tambor-Pulmão-Corda” e “Gerenciamento de Pulmão”, sem deixar de lado, contudo, todo o contexto filosófico que o fundamenta.

Dentro deste espírito, serão discutidas a seguir algumas definições para “restrição” encontradas na literatura sobre TOC. Será também apresentado um processo decisório baseado na restrição do sistema para serem aplicados em



ambientes com “restrições físicas” e, em seguida, delinear-se-á os “Processos de Raciocínio” da Teoria das Restrições, como ferramenta para lidar com situações marcadas por “restrições não-físicas”.

## **2.2 Definindo Restrição**

De acordo com os pressupostos presentes na Teoria das Restrições, restrição é qualquer coisa que limita um sistema em atingir maior desempenho em relação a sua meta, (GOLDRATT, 1991). Vislumbrando as organizações como sistemas onde seus elementos são dependentes entre si de alguma forma (como elos de uma corrente), a TOC costuma fazer uso de uma corrente como analogia às organizações em geral. Assim, da mesma forma que todo sistema possui um objetivo, a meta de uma corrente é resistir à tração. Pode-se afirmar, devido às flutuações estatísticas presentes, que todo sistema possui pelo menos uma restrição ou que toda corrente possui sempre apenas um elo mais fraco (ponto onde se rompe a corrente quando tensionada acima de seu limite de resistência à tração). Tal afirmativa pode ser comprovada ao se analisar a realidade dos sistemas produtivos. Se tais sistemas não possuem restrições, ou seja, se nada limita seus desempenhos, qual seria então seu lucro líquido? Uma vez que não existe nenhuma empresa capaz de gerar um lucro operacional infinito, fica claro que sempre existirá ao menos uma restrição que limitará o ganho de qualquer tipo de organização.

GOLDRATT (1991) advoga que existem diversos tipos de restrições. Estas podem ser físicas, como uma máquina com baixa capacidade produtiva, despreparo da mão-de-obra, baixo número de empregados, demanda de mercado, fornecedores ou então restrições não-físicas, como as restrições de política da empresa, comportamentais ou culturais. Entretanto, como bem salienta Goldratt, as restrições físicas podem ser consideradas, na maioria das vezes, como reflexos das restrições comportamentais ou de procedimentos da organização.

FAWCETT & PEARSON (1991), afirmam que o gerenciamento das restrições, para ser mais efetivo, deve considerar a existência de dois tipos de restrições: externas e internas. As restrições externas são governadas pelo mercado e estão freqüentemente fora do controle da administração. Entretanto, as restrições de

mercado influenciam o *mix* de produtos da empresa e conseqüentemente a taxa de utilização dos recursos. Tais restrições, portanto, devem ser consideradas dentro de um processo decisório.

As restrições internas, por outro lado, podem surgir sob diversas formas como capacidade limitada das estações de trabalho, inflexibilidade nas regras de trabalho, habilidades da mão-de-obra e filosofias administrativas. Ainda de acordo com os autores, as restrições físicas são as mais freqüentemente discutidas e as de mais fácil gestão. Nestes casos, o número total de recursos restritivos seria, na maioria das vezes, menor que cinco ou seis.

Segundo CSILLAG (1991), as diversas categorias de restrições podem ser relacionadas como de mercado, de material, comportamental e de políticas. Ele ressalta, contudo, que em geral, os gerentes de produção se atentam às restrições referentes à falta de material ou à capacidade insuficiente de alguns equipamentos, deixando de lado outras “poderosíssimas”, como aquelas relativas a procedimentos ou políticas da empresa como não permitir segundo turno ou horas-extras, por exemplo.

Outra forma de restrição, a comportamental, seria, de acordo com o autor, fruto de uma sistemática de controle de eficiência que procura incentivar tanto as pessoas quanto as máquinas a produzirem continua e ininterruptamente. Ainda que neste momento possa parecer difícil notar-se o verdadeiro impacto deste tipo de restrição, deve-se sublinhar aqui que as causas para atitudes como esta e os efeitos por ela gerados, serão bastante discutidas no decorrer deste trabalho, especificamente nos capítulos 3 e 4.

Para PLANTULLO (1994), além das restrições de capacidade, podem aparecer também aquelas localizadas no ambiente externo à organização. Aparecem, deste modo, as restrições de mercado consumidor final que pode ser direta, quando um produto ou serviço compete com o mesmo produto ou serviço da empresa ou então indireta, quando a demanda do produto aumenta, mas por falta de capacidade, há uma redução na probabilidade do sistema em propiciar outro produto ou serviço equivalente. Outras formas de restrições próprias do ambiente externo são aquelas geradas pelos fornecedores, quando estes suprem os compradores de maneira inadequada.

De qualquer modo, é importante ressaltar que a aplicação dos conceitos presentes na Teoria das Restrições só terão os efeitos desejados quando a verdadeira restrição do sistema estiver corretamente identificada e localizada. As restrições físicas, como no caso de recursos produtivos por exemplo, possuem seus próprios métodos de identificação que serão melhor abordados no capítulo 4 deste trabalho. Estes métodos, como serão vistos oportunamente, constituíram-se por diversas vezes em temas de discussão de diversos trabalhos de pesquisa. Entretanto, pouco se tem estudado e publicado a respeito de técnicas de identificação e análise de restrições não-físicas.

Com o intuito de preencher esta lacuna, Goldratt desenvolveu uma metodologia denominada de “Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições” que, através de cinco passos lógicos, procura auxiliar na busca pela verdadeira restrição do sistema em estudo, no desenvolvimento da solução e na implementação desta solução.

Considerando-se as diferenças de tratamento necessárias ao lidar-se com restrições físicas e não-físicas, serão discutidas, nos dois próximos tópicos deste capítulo, duas metodologias de administração da restrição. A primeira fornece um processo genérico de melhoria contínua quando se está lidando com restrições físicas. O segundo tópico trata dos “Processos de Raciocínio” como ferramenta gerencial no trato de restrições não-físicas.

### 2.3 O processo decisório da Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições propõe uma seqüência coerente de passos que deve ser seguida por qualquer organização que pretenda adentrar num processo focalizado de aprimoramento contínuo. Este processo, primeiramente descrito por GOLDRATT & COX (1995), foi desenvolvido com o intuito de capacitar as empresas a reconhecerem sistematicamente os principais elementos do sistema que devem ser aprimorados (as restrições) a fim de se melhorar o desempenho da organização como um todo. A partir daí, tal processo fornece um procedimento simples e intuitivo de focalização constituído por cinco passos para lidar com estes elementos restritivos, denominado de processo decisório da Teoria das Restrições. São eles:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema;
2. Explorar as restrições do sistema;
3. Subordinar tudo à decisão anterior;
4. Elevar as restrições do sistema;
5. Se nas etapas anteriores uma restrição for quebrada, volte à etapa número um, mas não permita que a inércia se torne uma restrição no sistema.

Se um melhor desempenho organizacional está sempre limitado por alguma coisa, ou seja, por uma restrição (de acordo com a definição de restrição dada pela Teoria das Restrições), torna-se lógico e ao mesmo tempo intuitivo que o primeiro passo num processo decisório seja *identificar a ou as restrições do sistema*.

O bom senso também diz, pelo menos num primeiro momento, que o passo seguinte deveria ser a sua total eliminação. Entretanto, a Teoria das Restrições propõe, para o caso de restrições físicas, que, devido à necessidade de grandes investimentos que a eliminação da maioria das restrições deste tipo exigiria, o segundo passo deva ser *explorar da melhor forma possível a restrição identificada*.

Obtido o máximo aproveitamento da restrição, a próxima etapa deverá levar em conta a grande maioria dos recursos da empresa que são do tipo não-restrição. Se forem mal gerenciados, estes irão perder desempenho e rapidamente se tornarão restrições. Por outro lado, uma vez que as restrições, quando bem exploradas de

acordo com o predito no passo anterior, irão consumir “coisas”, fica claro que os demais recursos devem fornecer o necessário, nem mais nem menos, o que as restrições precisam consumir. Caso a quantidade que foi fornecida seja maior do que a restrição é capaz de consumir ter-se-ia então, não apenas um enorme desperdício de recursos, como também um total descontrole em todo o sistema produtivo. Por outro lado, se o fornecido for inferior à capacidade do recurso restritivo, então todo o sistema será prejudicado pelo mau aproveitamento da restrição e conseqüente perda de ganho. O próximo passo deverá ser, portanto, *subordinar tudo o mais à decisão anterior*.

Com a situação atual sob controle, é hora de se procurar a eliminação da(s) restrição(ões). Este é o passo de *eleva(r) a(s) restrição(ões) do sistema*. É importante salientar aqui que, segundo GOLDRATT (1991), muitas vezes após executado o segundo e o terceiro passos do processo decisório, onde a restrição deixa de ser desperdiçada, ela começa a aparecer como tendo mais do que o suficiente, isto é, descobre-se agora que a real restrição da organização está em outro lugar no sistema. Assim, este quarto passo só deve ser efetivado quando os dois anteriores estiverem completos.

CSILLAG (1991) advoga que esta etapa pode ser efetuada através de trabalhos de Análise de Valor, cuja metodologia permite encontrar melhores desempenhos às funções adequadas com um consumo reduzido de recursos. Tal aplicação seria uma boa alternativa aos grandes investimentos financeiros necessários na aquisição de novos equipamentos.

Quando no quarto passo, ao acrescentar-se mais àquilo que não se tem o suficiente, até o ponto da restrição não ser mais um fator limitante no desempenho da companhia, algo novo surgirá impedindo a empresa de alcançar melhores níveis de *performance*. Esta coisa limitante será a próxima restrição do sistema e deverá ser tratada com a mesma seqüência de passos da restrição anterior. Logo, ter-se-á como quinta etapa do processo decisório, a seguinte regra: *se nos passos anteriores uma restrição for quebrada, volte ao passo 1*.

GOLDRATT (1991) adverte que muito cuidado deve ser tomado neste ponto. De acordo com ele, durante a convivência e execução das quatro primeiras etapas do

processo, algumas regras e princípios são desenvolvidos até mesmo de maneira formal pela empresa. Entretanto, quando uma restrição é eliminada, a realidade muda e estas regras ou princípios deixam de ter valor. Neste ponto podem surgir as chamadas restrições políticas. Goldratt ainda acrescenta, que muitas das políticas errôneas que as organizações tanto insistem em utilizar, são na verdade resultado de práticas bem sucedidas de uma realidade de trinta ou mais anos atrás. É o que ele costuma chamar de inércia organizacional. Desta forma, o quinto passo deve ser acrescido de um importante adendo, o que lhe dá a seguinte configuração: *se nos passos anteriores uma restrição for quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a inércia se torne a próxima restrição do sistema.*

#### **2.4 O Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições**

Como já anteriormente apresentado, a Teoria das Restrições oferece um processo de tomada de decisão constituído por cinco passos. Tais passos, contudo, são muito úteis quando se está tratando de restrições físicas, ou seja, recursos, fornecedores ou mercados. Entretanto, as verdadeiras restrições de uma empresa são, de acordo com GOLDRATT (1991), geralmente representadas por políticas errôneas, que nem sempre se traduzem em restrições físicas.

Desta forma, a Teoria das Restrições propõe uma nova abordagem que permite proceder em favor de um aprimoramento contínuo em organizações que não possuem restrições físicas relativamente permanentes. Esta é denominada de Processos de Raciocínio (PcR) da Teoria das Restrições, definida pela TOC como um conjunto de ferramentas analíticas formais que permite responder às três perguntas fundamentais de qualquer processo gerencial decisório que são: “o que mudar”, “para o que mudar” e “como motivar a organização para mudar”, (GOLDRATT & COX, 1995). As explicações relativas aos Processos de Raciocínio, em conjunto com as figuras ilustrativas apresentadas no decorrer deste tópico, foram baseadas em anotações e apostilas referentes ao curso “Construção de Oferta Irrecusável com os Processos de Raciocínio da TOC”, (CALIA, 1995a).

Quando se está diante de restrições na forma de políticas, o primeiro passo do processo de tomada de decisão ainda é válido, ou seja, deve-se primeiramente identificar as políticas errôneas que limitam um melhor desempenho da empresa como um todo. Por outro lado, o número de situações indesejáveis resultantes de procedimentos errôneos é tão alto que se torna impossível lidar com todas elas ao mesmo tempo ou mesmo fazer uso da regra de Pareto para identificar quais são as mais importantes. O primeiro passo, portanto, deve também fornecer um método que capacite os administradores a identificar a verdadeira restrição do sistema.

Assim surge o primeiro dos processos de raciocínio, a *Árvore da Realidade Atual (ARA)*, que parte de dois pressupostos básicos. O primeiro é que um problema ou “efeito indesejável” (EI na linguagem da TOC), é geralmente um sintoma, um efeito resultante de uma causa raiz. Este princípio básico dos Processos de Raciocínio afirma que a imensa maioria dos problemas organizacionais são dependentes uns dos

outros, existindo entre eles uma forte relação de causa-efeito. O segundo é que qualquer processo de otimização eficaz deve encontrar estes poucos elementos responsáveis pela maioria dos problemas com os quais a organização convive. A ARA é, portanto, usada para diagnosticar estas causas ou “problemas-cernes”, constituindo-se num diagrama expresso de forma lógica que, através de conexões de causa-efeito, interliga todos os principais efeitos indesejáveis existentes.

Ao invés de fazer uso apenas do bom senso e intuição para identificar a causa, a ARA possibilita um mapa formal de causa-efeito que interliga todos os EIs considerados. As entradas da árvore, entidades que não se mostram como consequência de outras entidades, constituem-se nas causas-raízes procuradas. Para a Teoria das Restrições, por mais amplo que seja o contexto estudado, é sempre possível construir uma *Árvore da Realidade Atual* onde uma entrada leva à existência da maioria dos efeitos indesejáveis, ou seja, o problema-raiz ou restrição do sistema no qual a organização deve focar seus esforços de otimização. A figura 2.1 apresenta um esboço simplificado de uma ARA.



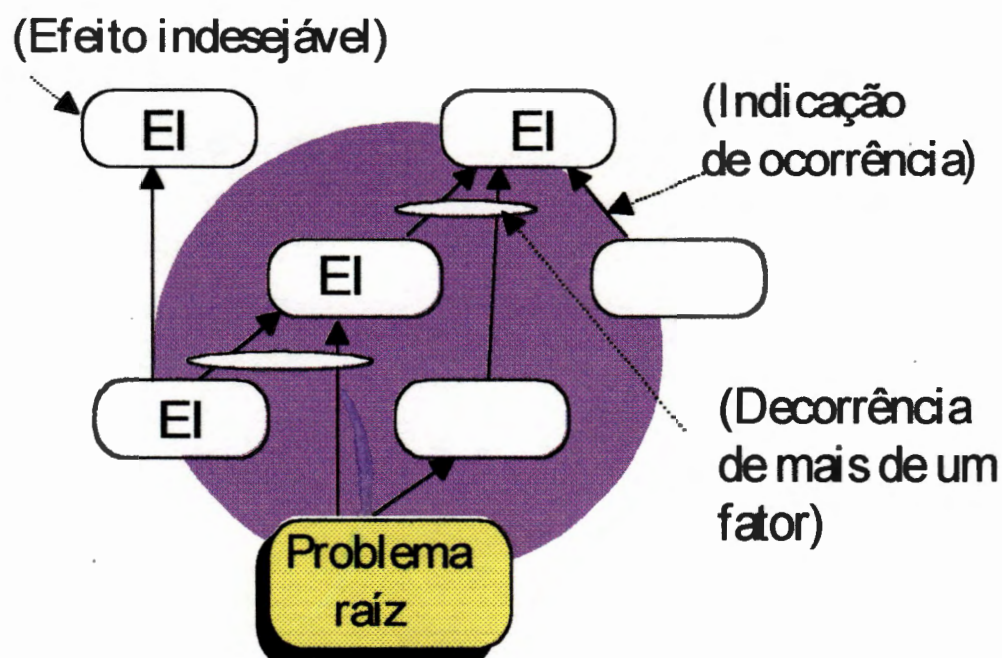


FIGURA 2.1: Esquema de uma Árvore da Realidade Atual.

Ao tratar-se com restrições não-físicas, o segundo e o terceiro passos tornam-se sem importância. Explorar ou subordinar tudo a uma política errônea não faz o menor sentido e portanto deve-se passar ao quarto passo para elevar a restrição do sistema. Mas elevar uma restrição não-física tem agora um significado diferente, não mais implicando num aumento de desempenho, e sim, em uma substituição de uma regra errônea por outra mais conveniente ou adequada. Obter esta política substituta é o próximo objetivo dos Processos de Raciocínio que, através de duas ferramentas, o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e a Árvore da Realidade Futura (ARF), procura responder a questão “para o que mudar”, eliminando todos os efeitos negativos advindos daqueles procedimentos incorretos sem criar outros efeitos negativos indesejados.

Para Goldratt, as pessoas dentro de uma empresa têm intuição suficiente para reconhecerem a existência do problema-raiz e que somente a perpetuação de um conflito interno a mesma, que anularia os esforços organizacionais, “como num cabo-de-guerra”, explicaria o fato de tal problema ainda estar insolúvel. O Diagrama de Dispersão de Nuvem seria a ferramenta adequada para eliminar tais conflitos que

bloqueiam a solução. Este parte da definição do objetivo (oposto do problema-raiz) explicitando as duas situações ou condições necessárias ao atingimento deste e os pré-requisitos que conduzem às condições requeridas. A verbalização do conseqüente conflito e dos pressupostos implícitos e inerentes ao mesmo, permite que não se faça concessões e, sim, que se elimine efetivamente o problema através de mudanças na realidade, suprimindo ao menos uma das razões da existência do conflito. É o que a Teoria das Restrições chama de “Dispersar a Nuvem”. A figura 2.2 ilustra este tipo de ferramenta.

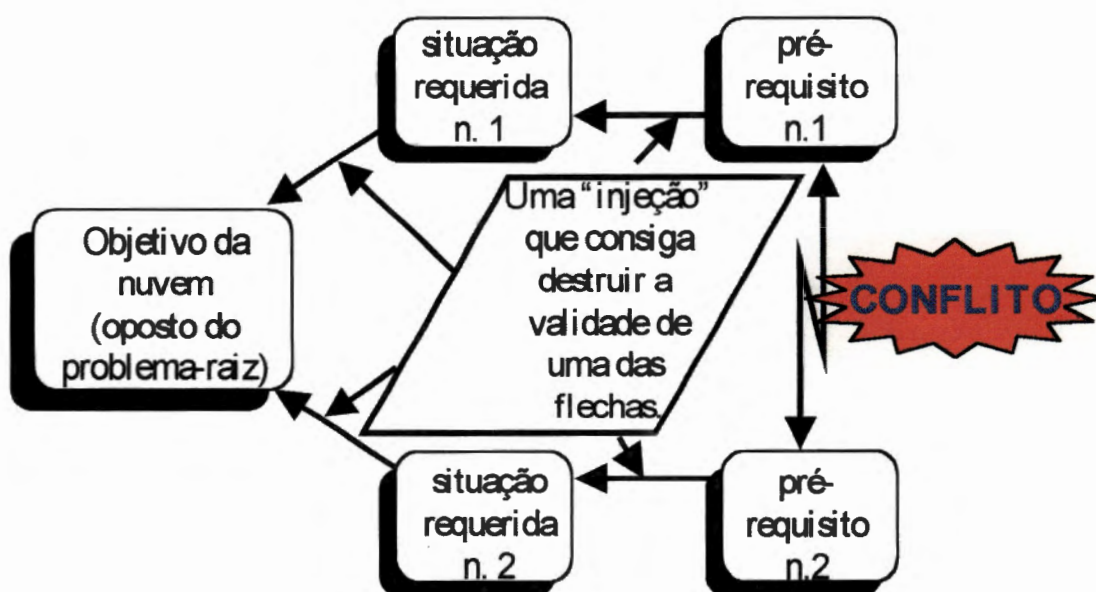


FIGURA 2.2: O Diagrama de Dispersão de Nuvem.

A idéia mobilizadora que eliminou o conflito, denominada pela TOC de injeção é, na maioria das vezes, insuficiente para transformar todos os efeitos indesejáveis em seus opostos, ou seja, efeitos desejáveis. Assim, supondo-se que a injeção exista na realidade, constrói-se relações de causa e efeito que permitem deduzir seus futuros desdobramentos ou efeitos desejáveis, além de garantir que os elementos faltantes ou demais injeções sejam contemplados a fim de que todos os efeitos desejados sejam alcançados. O pacote final de injeções que constitui a solução completa para o problema deve também conter algumas providências (injeções adicionais) que impedem o aparecimento de novos efeitos indesejáveis. Estas injeções adicionais podem também ser obtidas usando-se novamente o Diagrama de Dispersão

de Nuvem. A todo este conjunto de procedimentos a TOC denomina de *Árvore da Realidade Futura* (ARF), cujo esquema é delineado na figura 2.3 a seguir.

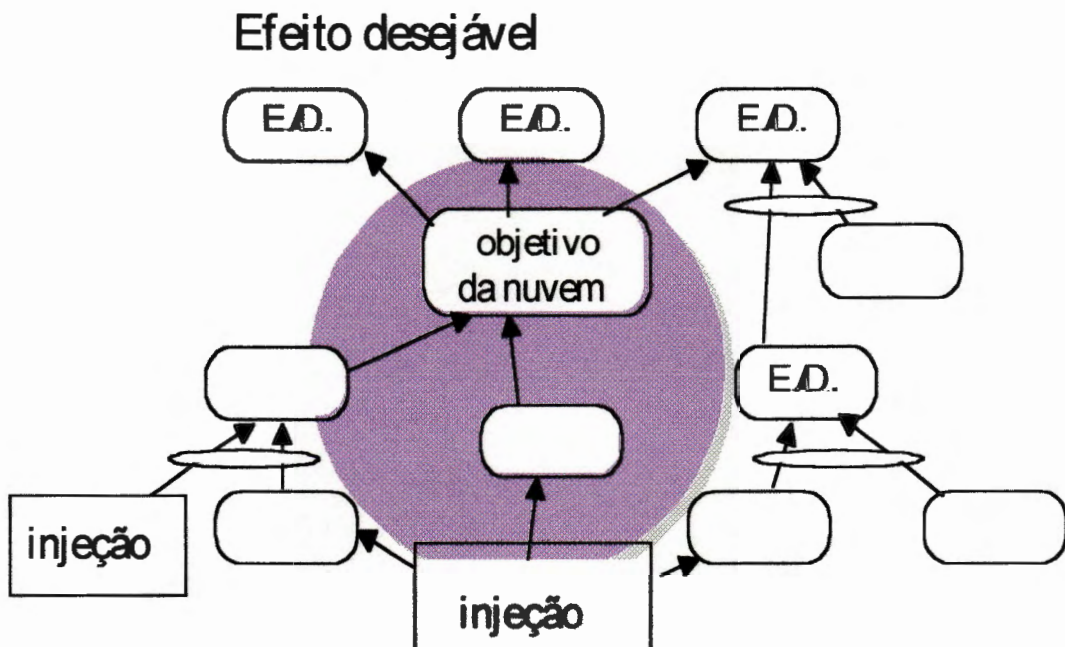


FIGURA 2.3: A *Árvore da Realidade Futura*.

O quinto passo, para o caso em que se tem uma restrição “não-física”, passa a ter um significado diferente. Aqui, não permitir que a inércia se torne uma restrição do sistema, advém, na verdade, da necessidade de uma profunda mudança cultural na empresa. Os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições, através de sua metodologia essencialmente socrática (mais detalhes no tópico 2.4.1.), onde os envolvidos na construção da solução tornam-se inventores e portanto defensores da solução alcançada, são capazes de quebrar os dogmas que regem as atitudes e comportamentos organizacionais e desta forma criar um ambiente criativo favorável às mudanças, com entusiasmo e satisfação dos participantes.

Com a finalidade de se permitir uma efetiva transição para uma nova realidade onde a política errônea não mais exista, surgem a quarta e quinta fases dos Processos de Raciocínio que, através da *Árvore de Pré-Requisitos* (APR) e da *Árvore de Transição* (AT), respondem a última, mas não menos importante, questão gerencial “como motivar a organização para mudar”.



A Árvore de Pré-Requisitos permite a implantação das injeções anteriormente obtidas com a compreensão de que pelo menos uma das injeções é uma idéia revolucionária que muito provavelmente quebrará certos paradigmas atuais. Assim, torna-se muitas vezes necessário a subdivisão do processo total de atingimento do objetivo final em pequenos passos, obtendo-se primeiramente os obstáculos que se espera encontrar e depois os objetivos intermediários que, quando alcançados, eliminarão os obstáculos correspondentes. Ao mesmo tempo, a APR permite que se faça um seqüenciamento lógico dos objetivos intermediários a partir dos níveis de dependência cronológica que possuem os obstáculos em questão. Esta é a fase de macro-planejamento de implantação das injeções na empresa. A figura 2.4 esquematiza uma APR genérica.

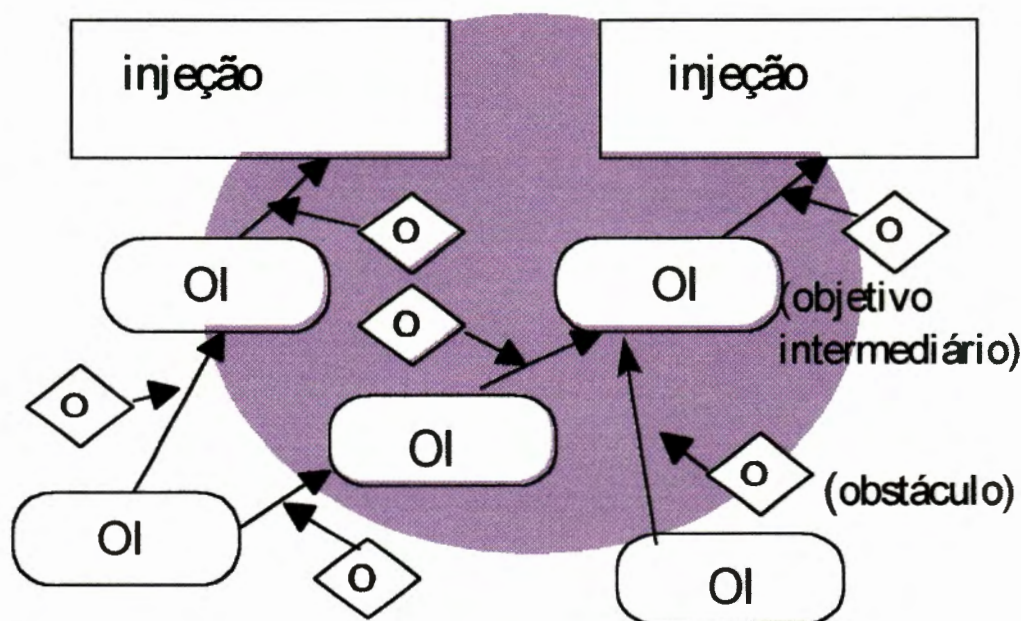


FIGURA 2.4: A Árvore de Pré-Requisitos.

A fase mais micro de planejamento se dá a partir da utilização da última ferramenta, denominada *Árvore de Transição (AT)*, que descreve de forma detalhada as mudanças graduais necessárias à efetiva implementação das injeções na empresa. Este processo baseia-se na alocação das pessoas realmente envolvidas com cada objetivo intermediário estabelecido, levando-se ainda em consideração que cada ação seja necessária e suficiente para garantir a mudança pretendida. A *Árvore de Transição* é, na verdade, o plano de implementação das injeções obtidas no Diagrama de Dispersão da Nuvem e na *Árvore da Realidade Futura*. A figura 2.5 a seguir procura descrever de maneira sucinta uma AT.

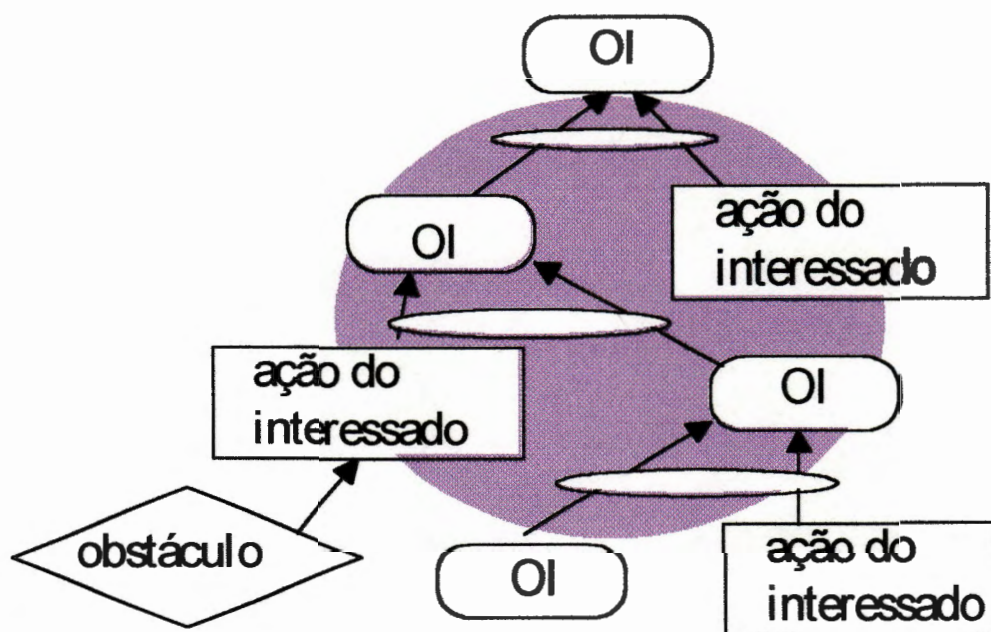


FIGURA 2.5: A *Árvore de Transição*.

Como pôde ser notado, as árvores lógicas anteriormente apresentadas estão, na verdade, interligadas uma nas outras. De fato, dito de uma maneira simples, as informações obtidas na ARA constitui-se no *input* para construção do Diagrama de Dispersão da Nuvem. Da mesma forma, a ARF é consequência das informações extraídas do Diagrama de Dispersão de Nuvem e assim por diante. Uma visão geral do inter-relacionamento entre cada ferramenta apresentada é mostrada na figura 2.6.

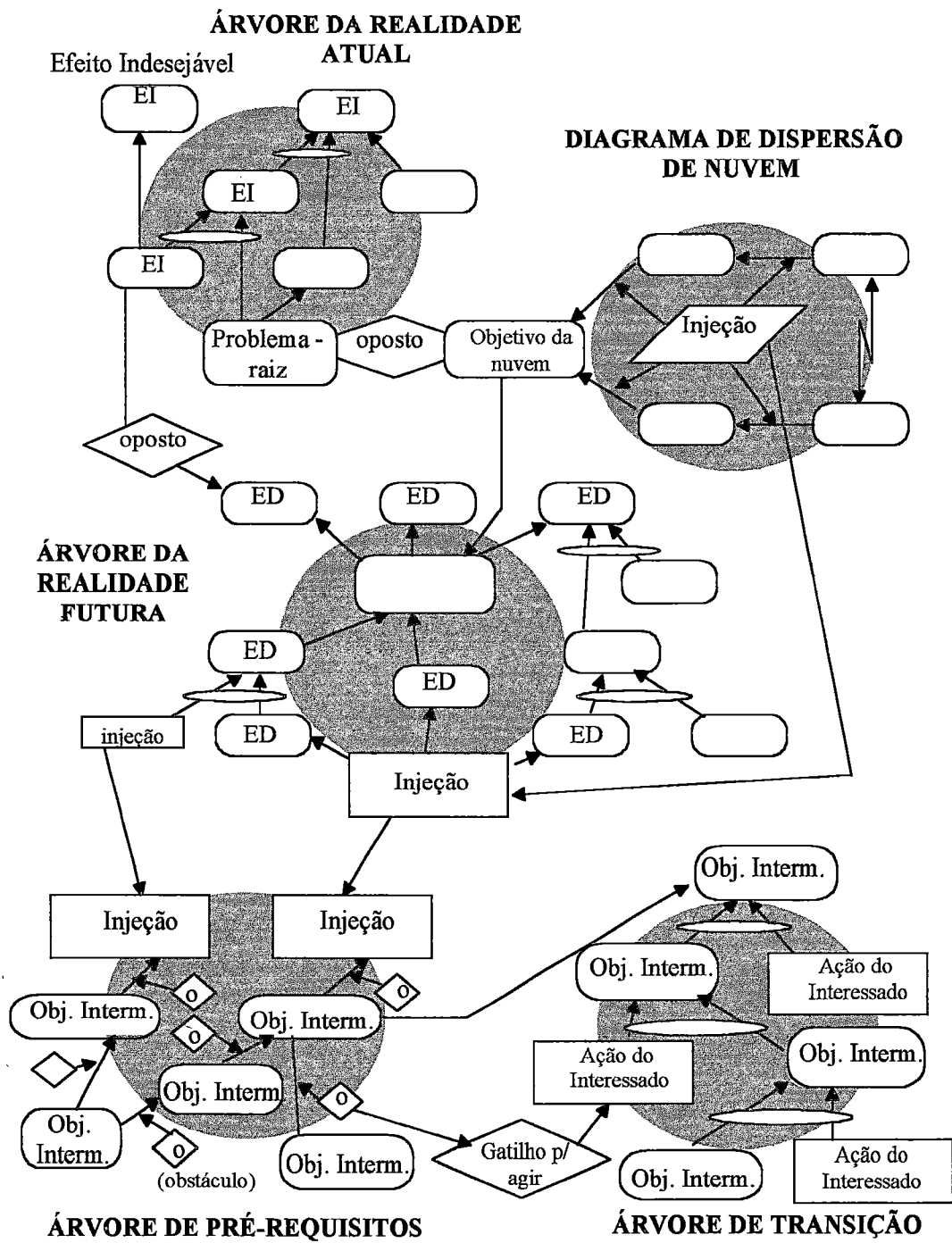


FIGURA 2.6: O Método dos Processos de Raciocínio, uma visão geral.

Faz-se vital dizer, entretanto, que o uso dos Processos de Raciocínio não implica, necessariamente, em seguir-se a seqüência apresentada aqui e ilustrada na figura 2.6. Não há necessidade de se fazer uso de todas as ferramentas que constituem os Processos de Raciocínio para se resolver um determinado problema, ou seja, os

Processos de Raciocínio podem ser usados seletivamente. Em algumas situações, por exemplo, o problema central que deve ser atacado já é conhecido e a *Árvore da Realidade Atual* pode ser desnecessária. Em outras situações, a empresa pode considerar-se apta a implementar a solução construída sem fazer uso das *Árvores de Pré-Requisitos* e de *Transição*.

Existem ainda outras aplicações dos Processos de Raciocínio que não estão relacionadas à resolução de problemas organizacionais. Assim, os Processos de Raciocínio podem ser uma abordagem muito útil na resolução de problemas pessoais a partir de algumas aplicações específicas do Diagrama de Dispersão da Nuvem, por exemplo, ou no desenvolvimento de algumas habilidades gerenciais (CALIA, 1995b).

Com relação a esta última função, o método dos Processos de Raciocínio pode ser muito útil em diversas situações como: comunicar algumas idéias que necessitarão do apoio de outras pessoas para sua real efetivação, servir de apoio a algumas atividades gerenciais diárias, como planejamento de uma reunião com funcionários, por exemplo, lidar com questões que necessitam de um “balanceamento” entre autoridade e responsabilidade do subordinado, avaliar sugestões semi-prontas, trabalhar em equipe, entre outras aplicações. No entanto, por não ser objetivo deste trabalho detalhar todas as potencialidades e aplicabilidades possíveis do Processo de Raciocínio, sugere-se aos leitores interessados em se aprofundar mais na técnica brevemente descrita acima a leitura do livro “Mais Que Sorte... Um Processo de Raciocínio” de Eliyahu M. Goldratt, (GOLDRATT, 1994).

Fica claro, desta forma, que o método dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições abrange todas as etapas necessárias a um processo de apoio a tomadas de decisões gerenciais, desde a determinação do problema-cerne, passando pela formulação da solução, e implementação desta solução com a participação e colaboração de todos os envolvidos. Por outro lado, este método não deve ser visto como uma substituição aos cinco passos mencionados, e sim, como processos que capacitam às empresas executarem estes cinco passos, no caso muito comum em que as restrições não sejam físicas, e sim regras, treinamentos e medições errôneos, não menos tangíveis e devastadores.

No apêndice 1 desta dissertação é ilustrada uma aplicação dos Processos de Raciocínio em uma empresa de prestação de serviços. O trabalho realizado para esta empresa foi desenvolvido durante o curso “Construção de Oferta Irrecusável com os Processos de Raciocínio da TOC”, oferecido pelo Avraham Y. Goldratt Institute do Brasil, (CALIA, 1995a).

#### **2.4.1 O Método Socrático dos Processos de Raciocínio da TOC - a compra da idéia**

A Teoria das Restrições reconhece que a maioria dos problemas ou situações indesejáveis, com que convive uma organização, ficam perpetuados durante tanto tempo sem solução devido a dois motivos principais. O primeiro deles refere-se à existência de algum tipo de conflito que bloqueia a construção de uma boa solução para todos os envolvidos. O segundo motivo relaciona-se ao elevado grau de inércia ou de continuísmo das pessoas que faz com que estas se acostumem com uma determinada forma de conduzir suas tarefas diárias sem se questionarem se estes procedimentos estão ou não contribuindo para o alcance da meta da empresa.

Com a finalidade de eliminar estes dois fatores, a Teoria das Restrições faz uso de duas técnicas específicas a saber, o Diagrama de Dispersão da Nuvem (DDN) e o método socrático da Compra da Idéia. A quebra do conflito é alcançado, como já explicado anteriormente, a partir do uso do DDN que expõe e verbaliza os pressupostos que estão por detrás dos pré-requisitos e necessidades que geraram o conflito. Esta técnica tem a função de facilitar a dispersão do conflito a partir do desafio aos pressupostos implícitos e inerentes que o alimentam. Entretanto, a segunda grande causa da perpetuação da maioria dos problemas organizacionais ainda não foi tratada neste trabalho e será o tema deste tópico em particular.

Goldratt sempre se questionou sobre o porquê da maioria das boas soluções gerenciais serem, na realidade, alternativas puramente intuitivas e de bom senso, geralmente afastadas das práticas convencionais. Segundo ele, uma boa resposta para este fato estaria no fato que as pessoas tendem a agir de acordo com práticas e costumes já há muito tempo enraizados nas organizações apenas porque tais práticas foram bastante positivas em momentos remotos. Mas a realidade está em constante



mutação e a maioria das ações e atividades empresariais permanecem as mesmas. Como interromper então este processo e assim permitir-se o surgimento de soluções poderosas e propícias ao momento atual da empresa?

GOLDRATT & COX (1995) acreditam que há necessidade de algum tipo de estímulo externo para que as pessoas percebam o que elas já sabem intuitivamente. Tais estímulos teriam a função de romper as espessas camadas das tradições e culturas que envolvem as pessoas, permitindo que estas se questionem a respeito de seus procedimentos e desenvolvam, elas mesmas, as soluções cabíveis. Uma forma conveniente de fazer isto é transferir aos envolvidos na criação e implementação da solução o sentimento de “paternidade” por ela. Para tal, os autores recomendam o método socrático para envolver e ganhar o apoio das pessoas necessárias.

Segundo OVERHOLSER (snt), Sócrates, filósofo grego que morreu no ano 399 a.c., “acreditava que os professores não deviam dar aulas para os alunos; ao invés disso, eles deviam tentar identificar o conhecimento ‘intocado’ que existe em níveis profundos, em cada pessoa. Ele tentava ensinar seus alunos a avaliar suas crenças de maneira crítica e, dessa forma, melhorar suas capacidades de tirar conclusões. Fazendo uso de perguntas críticas, que ‘sondavam’ o raciocínio, Sócrates demonstrava as conclusões inadequadas do aluno e ilustrava as falhas de lógica, para estimular um raciocínio mais racional e lógico. O diálogo continuava, enquanto Sócrates conduzia os alunos por um caminho que ia das idéias inadequadas e desprovidas de sustentação até os conceitos lógicos.”

A preferência por este tipo de metodologia é prática comum de Goldratt em seus métodos educativos e de transferência de conhecimentos. Assim, algumas de suas principais obras como “A Meta”, “A Corrida” e “Mais Que Sorte...um Processo de Raciocínio” foram escritas em uma base de perguntas e respostas, fazendo com que o leitor se sinta parte do processo de desenvolvimento das soluções e dos conceitos centrais do livro.

No entanto, o método socrático não deve ser confundido com um simples método de perguntas e respostas. Certas premissas básicas devem ser respeitadas para que a aplicação do método socrático surta os efeitos desejados. A primeira é que quem faz o papel de Sócrates detenha o conhecimento. A segunda condição é que

quem faz a vez do discípulo tenha uma razoável intuição do assunto abordado e a terceira, muito importante em aplicações que envolvam problemas organizacionais, é que a passagem de conhecimento seja uma relação benéfica para todas as partes (relação ganha-ganha), (CALIA, 1995a).

Mas como é que Goldratt e a Teoria das Restrições faz uso dos princípios de Sócrates em situações que envolvam problemas gerenciais crônicos? Para tal, Goldratt recomenda às pessoas que desejam utilizar os Processos de Raciocínio que o faça, sob certos critérios, com a participação ativa de certas pessoas envolvidas no processo. Este envolvimento, além de permitir um resultado mais eficaz no uso das ferramentas dos Processos de Raciocínio através da técnica do “escrutínio” (técnica que procura verificar, em grupo, a existência de alguma objeção ou ressalva nas relações de causalidade entre as entidades lógicas), também possibilita ganhar a simpatia e o envolvimento das pessoas.

É claro que, assim como o método socrático possui procedimentos próprios que exigem certas habilidades como saber fazer as perguntas certas, no momento certo, às pessoas certas e ainda ter a capacidade de neutralizar qualquer resposta errônea, o mesmo se aplica à forma de trabalhar os Processos de Raciocínio com um grupo de pessoas. Desta feita, Goldratt desenvolveu uma metodologia coerente e lógica de leitura das cinco fases do Processo de Raciocínio além da melhor seqüência em que estas devem ser apresentadas para que a solução “ganha-ganha” possa ser realmente percebida como tal pelo outro lado, conseguindo, assim, sua colaboração. Este método, chamado de Compra da Idéia, foi elaborado a partir da aplicação do próprio método dos Processos de Raciocínio ao problema de como desenvolver, nas pessoas que são afetadas de alguma forma pela solução construída, entusiasmo pela mudança.

Como é explicado pelos instrutores do Instituto Goldratt em seus “Cursos Jonah” (curso criado com finalidade de transmitir aos participantes a capacidade de lidar com os Processos de Raciocínio para resolver problemas pessoais ou relativos ao ambiente de trabalho), há duas causas mais prováveis de falhas num processo de implementação de uma solução: a solução construída não é “ganha-ganha”, ou seja,

não é positiva para todas as partes, ou as pessoas não foram induzidas a se sentirem proprietárias da solução criada.

#### **2.4.2 Algumas considerações científicas sobre os Processos de Raciocínio da TOC**

ELMES (1992) faz uma análise crítica dos Processos de Raciocínio (PcR) propostos pela Teoria das Restrições como uma metodologia útil na resolução de problemas. Em seu trabalho, Elmes relata que, ao contrário de como é aparentemente apresentado, o método PcR não é algo que se poderia chamar de *sui generis*. Psicólogo experimental e particularmente interessado em processos cognitivos, especialmente naqueles relacionados ao aprendizado, memória e raciocínio, Elmes se propôs a estudar os Processos de Raciocínio sob um prisma mais acadêmico e compará-lo com quatro outros modelos de resolução de problemas.

No estudo, o autor considera os Processos de Raciocínio uma abordagem científica de gerenciamento e tomada de decisão que vai além da mera classificação e correlação de princípios. Supostamente, uma pessoa usando o método PcR deveria ser capaz de determinar porque existem problemas particulares e porque uma solução estratégica particular funciona. Salienta também que certas características e mecanismos deste método são frutos de teorias importantes da literatura científica moderna, como o trabalho de Newell e Simon denominado *Human Problem Solving* publicado em 1972. Para ELMES (1992) a visão geral exposta por Newell e Simon é que a cognição humana é baseada no processamento de informações, a qual se refere à capacidade de armazenar e recuperar informações da memória de longo prazo, também como a capacidade de manipular informações na memória de curto prazo.”

Do trabalho de Newell e Simon surgiram outros como de John R. Anderson chamado *The Architecture of Cognition* (1983), cujo modelo conhecido como ACT possui, de acordo com ELMES (1992), impressionantes semelhanças em certos aspectos dos mecanismos dos Processos de Raciocínio.

Após abordar o método PcR dentro de um amplo contexto científico da literatura da psicologia e posicioná-lo como uma ferramenta bastante fundamentada em estudos modernos de processos cognitivos, ELMES (1992) relaciona quatro

modelos representativos para compará-los ao PcR. Uma visão geral destas quatro ferramentas de resolução de problemas citadas no artigo é delineada abaixo.

**Complete Problem Solver** (Hayes, 1981)

Encontrar O Problema

Representar O Problema

Planejar A Solução

Cumprir O Plano

Avaliar A Solução

Consolidar Ganhos

**IDEAL** (Bransford & Steim, 1984)

*(Identify)* Identificar O Problema

*(Define)* Definir E Representar O Problema

*(Explore)* Explorar Possíveis Estratégias

*(Act)* Agir Sobre As Estratégias

*(Look Back)* Rever E Avaliar Os Efeitos

**Planning and Understanding** (Wilensky, 1983)

Planejamento

Detetor De Objetivo

Propositor Do Plano

Projeter

Executor

Meta-Planejamento

Não Desperdício De Recursos

Atingir Tantos Objetivos Quanto Possível

Maximizar O Valor Dos Objetivos Alcançados

Evitar Objetivos Impossíveis

Modelos Para Computador

Pam (*Plan Applier Mechanism*)

*Pandora (Plan Analysis With Dynamic Organization, Revision, And Application)*

**Decision Making** (Janis & Mann, 1977)

1. Explorar minuciosamente uma larga gama de ações alternativas;
2. Pesquisar a gama completa de objetivos e os valores implicados pela escolha;
3. Pesar cuidadosamente os custos e benefícios associados com cada escolha;
4. Procure cuidadosamente por novas informações relevantes às alternativas;
5. Assimilar e prestar atenção em novas informações ou opiniões de especialistas, mesmo que não apoie a decisão original;
6. Reexaminar os custos e benefícios de todas as alternativas, incluindo aquelas que não foram aceitas originalmente, antes de se fazer a escolha final;
7. Detalhar as condições de implementação do curso de ação escolhido, com especial atenção aos planos contingenciais se riscos conhecidos podem concretizar-se.

Um ponto importante que deve ser ressaltado é que todos os modelos citados no estudo possuem diversas características em comum com os Processos de Raciocínio, o que enfatiza o fato do método proposto pela TOC não se constituir como algo completamente novo no campo da psicologia aplicada à resolução de problemas.

Assim, de acordo com ELMES (1992), todos compartilham um perfil geral que caracteriza o método PcR. Isto é, cada posição aponta primeiro à especificação do objetivo ou problema em que se confronta o solucionador. Então, a segunda fase envolve algum tipo de plano ou ação que será considerada e avaliada. Neste estágio, muitos dos esquemas incluem uma verificação de factibilidade em relação à ação proposta. Finalmente, o plano proposto e avaliado entra na fase de implementação do processo. Então, ainda que os esquemas tenham diferentes propósitos e terminologias e difiram em suas específicas sugestões, todos eles possuem a mesma abordagem

geral para resolver problemas. À primeira vista, portanto, não há um novo vinho, somente variações sobre o tema.

Analisando cada um dos modelos apresentados no artigo, o autor verifica que muitos aspectos dos Processos de Raciocínio, como ele é atualmente concebido, possuem diversas analogias na literatura técnica, o que lhe confere certo embasamento teórico. Entretanto o autor salienta alguns aspectos peculiares do método PcR que o diferencia dos demais, argumentando que em qualquer evento, tanto a abordagem efeito-causa-efeito, quanto a técnica da nuvem, representam contribuições interessantes dos Processos de Raciocínio para a literatura de resolução de problemas, apesar da falta de suporte empírico.

Quanto a estas duas particularidades dos Processos de Raciocínio, ELMES (1992) resalta suas respectivas importâncias e as analisa e compara à luz da ciência. Para ele, o maior propósito da evaporação da nuvem é expor os pressupostos que estão por detrás dos conflitos como forma de lidar com o atingimento do objetivo. Expor pressupostos tem se mostrado uma técnica valiosa (Bransford & Stein), mas a técnica de trabalhar para trás, do objetivo para os aparentes conflitos inerentes, não tem sido analisada sistematicamente. Os procedimentos efeito-causa-efeito usados no método PcR para desenvolver suas árvores são variantes relativamente únicas em seus esquemas, e são altamente similares aos sistemas de produção que Anderson acredita exemplificar o processo de raciocínio humano. Algumas análises sugerem que diagramas em árvores são formas úteis de delinear o espaço do problema.

Fica claro, portanto, que apesar de muitas técnicas presentes nos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições aparecerem também em outras metodologias, o método PcR possui certas características que o distingue dos demais modelos. ELMES (1992) resume e responde a questão formulada no título de seu artigo (*old wine in a new bottle or a new varietal?*) afirmando que, em parte, a resposta é 'sim', pois a maioria das ferramentas usadas pelo método PcR provêm de técnicas que já se encontram testadas em análises de laboratório. Porém, em parte a resposta é 'não', pois ele contém algumas características únicas (como as técnicas de efeito-causa-efeito e evaporação da nuvem), além do pacote inteiro de técnicas ser dirigido para a resolução de problemas de melhoria organizacional.

### 3 A CONTABILIDADE DE GANHO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Este capítulo busca apresentar uma forma diferente e talvez mais correta e prática que os métodos convencionais de se usar as informações contábeis. Esta, denominada de Contabilidade de Ganho, é parte fundamental da Teoria das Restrições, pois todos os aplicativos desenvolvidos e designados como parte da TOC estão baseados nos conceitos que serão aqui apresentados.

#### 3.1 Da definição da meta empresarial à determinação das medidas necessárias para tomadas de decisões gerenciais

GOLDRATT (1991) <sup>tem</sup> advoga que toda organização é formada ou constituída com um propósito principal—e que este é, na verdade, determinado por seus proprietários ou por seus acionistas, que investem recursos com um determinado objetivo. Se a empresa possui ações negociadas no mercado de capitais, certamente a meta é “ganhar mais dinheiro tanto agora como no futuro”. Por outro lado, a Teoria das Restrições ressalta a necessidade de se definir as fronteiras dentro das quais a meta pode ser alcançada. Estas fronteiras, também chamadas por Goldratt de grupos de poder, são capazes de restringir as ações dos proprietários, podendo até mesmo prejudicar a organização caso seus “direitos” sejam violados. Exemplos de grupos de poder podem ser os clientes, que exigem produtos de qualidade, confiáveis, seguros, que cumpram determinados prazos de entrega e que ainda venham acompanhados por um bom serviço de apoio ao consumidor; ou então os empregados da organização, que impõem condições mínimas de salubridade no local de trabalho, certos níveis de salários ou de garantia de emprego.

Fica claro, portanto, que o objetivo estratégico de qualquer organização deve ser, de acordo com os princípios da Teoria das Restrições, satisfazer plenamente e simultaneamente, acionistas, clientes e trabalhadores, independentemente das

eventuais flutuações que possam ocorrer na economia ou na demanda. Assim, pode-se representar a meta de qualquer organização na forma de um triângulo, onde os vértices deste correspondem a luta constante pela satisfação dos acionistas (ou proprietários), do mercado e dos empregados da companhia. Se uma empresa tem como meta um destes vértices, ela necessitará, para atingi-la, cumprir as exigências dos outros dois. Pode-se afirmar, no entanto, que em uma economia capitalista, a meta de uma organização não-filantrópica é ganhar mais dinheiro agora e no futuro, mas que, para tal, esta deve também atender as exigências tanto dos seus trabalhadores como do mercado em que está inserida.

Definido o objetivo, a empresa deve agora encontrar as medidas necessárias para guiar e controlar seus esforços na direção de sua meta. Para GOLDRATT (1991), medidas financeiras são necessárias por dois motivos principais. O primeiro é controle, ou seja, saber até que ponto a empresa está conseguindo alcançar o objetivo de gerar dinheiro. A outra razão, e talvez a mais importante delas, é induzir que as partes façam o que é bom para a organização como um todo.

Tradicionalmente, são usadas três medidas para se avaliar a “saúde” das empresas: o lucro líquido (medida absoluta), o retorno sobre investimento (medida relativa) e o fluxo de caixa (condição necessária muito importante à sobrevivência da companhia). Estas, quando julgadas em conjunto, são suficientes para fornecer as informações financeiras necessárias à administração de uma empresa.

O uso destas medidas, porém, são muito úteis nos relatórios da alta cúpula administrativa, mas diz muito pouco quando se pretende medir o impacto das ações diárias de chão de fábrica no resultado global do sistema. Assim, a Teoria das Restrições definiu três novas medidas que não apenas auxiliam nas tomadas de decisões da diretoria da empresa, como também possibilitam julgar o impacto de uma decisão local sobre a meta da empresa. São elas:

Ganho ou fluxo (*Throughput*) : índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas.

É importante observar na definição que o ganho só é obtido quando o produto (ou serviço) ofertado é efetivamente vendido. De acordo com Goldratt, as três



últimas palavras da definição foram propositadamente colocadas para se evitar uma confusão entre produção e ganho. Se o que foi produzido não for realmente vendido não se obtém ganho.

Esta abordagem vai contra às formas convencionais de contabilidade. Quando se aumentam os níveis de estoque de produtos acabados, os relatórios financeiros indicam que houve uma “absorção” das despesas de *overhead* e conseqüentemente um aumento no lucro líquido. Com a finalidade de evitar-se este tipo de situação, o ganho deve estar sempre associado a entrada efetiva de capital na empresa e não através de manipulações contábeis comumente praticadas.

Isto elimina, por exemplo, alguns problemas presentes em empresas que operam através de um sistema de distribuição. Estas, muitas vezes, consideram que houve a venda de seus itens quando estes são entregues ao canal de distribuição e não quando chegam às mãos do consumidor final. Faz-se necessário, portanto, distinguir clientes de consumidores. Uma vez que a relação fornecedor - distribuidor é geralmente reversível, podendo o distribuidor devolver o item à empresa produtora e ainda receber desta o valor atual da mercadoria, tal situação pode trazer alguns inconvenientes quanto à determinação das reais vendas efetuadas num determinado período, além de ocasionar excesso de produtos nos canais de distribuição, que só aumentem a distância entre o produtor e o último cliente da cadeia, colocando em risco a rentabilidade futura da empresa.

O cálculo de ganho é bastante simples. Ele é efetuado através da subtração do preço de venda de todos os “custos totalmente variáveis” (CTV) envolvidos na confecção do produto vendido. No entanto, o conceito de custos totalmente variáveis não coincide com a definição de custos variáveis da contabilidade de custos. Mão-de-obra direta, por exemplo, não é considerado uma forma de CTV, segundo a TOC. Para GOLDRATT (1991, p.18), “ganho é o preço de venda menos o montante pago a nossos fornecedores pelos itens que entraram no produto vendido, não importando quando compramos estes itens...Além das peças e materiais adquiridos, existem outras quantidades que precisamos subtrair do preço de venda para calcular o ganho. Temos que deduzir subcontratação, comissão paga a vendedores externos, taxas

alfandegárias e até transportes, se não tivermos nosso próprio canal de transporte. Todos esses montantes não são dinheiro gerado pelo nosso sistema.”

Inventário ou Investimento (*Inventory*) : todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender.

Aqui, inventário deve ser entendido no seu sentido mais amplo, incluindo máquinas, equipamentos, instalações, construções, materiais, etc.. Esta definição é a mesma do convencional significado de ativo, com exceção ao que se refere ao inventário de material. GOLDRATT (1991) considera que não se deve atribuir valor ao produto conforme este vai sendo manipulado pelo sistema produtivo, uma vez que todo conceito de valor acrescido ao produto faz parte de um distorcido processo de otimização local. O objetivo é acrescentar valor à empresa e não ao produto.

De acordo com a filosofia TOC, qualquer programa de redução de inventário seria visto como prejudicial do ponto de vista local de valor acrescido ao produto. Na maioria das vezes, reduções na quantidade de materiais em processo e produtos acabados, não apenas com seus preços de matéria-prima, mas também com alguns valores acrescidos aos mesmos, fazem com que os ativos patrimoniais das empresas demonstrem perdas em seus resultados contábeis. Isto se deve ao fato que os valores agregados aos produtos costumam ser superiores à economia proporcionada pela não aquisição de mais materiais para a fábrica durante a fase de redução de estoques. O único momento em que se poderia ser “bem sucedido” em tal ação é quando as vendas aumentam em número suficiente para mais que compensar o impacto negativo da redução de inventário.

O conceito de valor acrescido também pode provocar distorções no que se refere às decisões de comprar ou produzir peças. O cálculo dos custos das peças é baseado no rateio das despesas totais (mão-de-obra direta mais despesas de *overhead* associadas a elas de alguma forma) pelo número de peças produzidas. Entretanto, quando se decide parar de fabricar determinadas peças, as despesas não diminuem o esperado e os produtos que continuam fazendo parte do *mix* da empresa ficarão sobrecarregados com as despesas remanescentes, o que elevam ainda mais seus custos.

Como bem salienta GOLDRATT (1991), o fato de não se levar em conta no cálculo do inventário o valor agregado ao mesmo, não significa que não se tenha estas despesas. Tais gastos, para ele, aparecem na terceira medida denominada Despesa Operacional.

Despesa Operacional (*Operating Expense*) : todo o dinheiro que o sistema gasta transformando Inventário em Ganho.

De acordo com a definição, qualquer tipo de trabalho, seja ele direto ou não, se enquadraria nesta categoria. Despesa Operacional pode ser entendida, portanto, como todo dinheiro que sai ou é perdido pelo sistema.

GOLDRATT & COX (1995), procuram esclarecer com exemplos, alguns conflitos conceituais que podem surgir na aplicação das definições de Inventário e Despesa Operacional. Assim, eles citam que quando se efetua uma compra de certa quantidade de óleo lubrificante, o montante gasto na sua aquisição não deve ser relacionado como Despesa Operacional, pois ainda se tem o óleo, e sim como Inventário. Na medida em que se faz uso do óleo, a parte consumida deixa de ser Inventário para se tornar Despesa Operacional. O mesmo raciocínio vale também para os materiais. Quando comprados ou mesmo processados, tais materiais são categorizados como Inventário, mas, se surgirem refugos, estes devem ser relacionados como Despesa Operacional. Já no caso de máquinas, equipamentos ou veículos, a Despesa Operacional aparece na forma de depreciação dos mesmos.

Em suma, pode-se dizer das três medidas apresentadas que ganho pode ser definido como o dinheiro que entra no sistema, inventário como o dinheiro que está dentro do sistema e despesa operacional como o dinheiro que sai. Para GOLDRATT & COX (1995), tudo o que se administra em uma fábrica é abrangido por estas medidas. Assim, para uma empresa caminhar em direção ao alcance de sua meta, ela deve agir sempre no sentido de aumentar o ganho, diminuir o inventário e reduzir a despesa operacional.

Entretanto, se por um lado as medidas convencionais não são muito úteis para as operações diárias da organização da produção, as medidas propostas pela TOC

têm a capacidade de unificar as linguagens usadas tanto pela alta cúpula administrativa (que normalmente julgam o desempenho global do sistema através do lucro líquido e do retorno sobre o investimento), como também para a média gerência e supervisores de chão de fábrica (que geralmente medem o impacto de uma decisão local através dos índices de produtividade e giros de inventário). Desta forma, o lucro líquido (LL), o Retorno Sobre o Investimento (RSI), a Produtividade (PROD) e os Giros de Inventário (GIRO) podem ser escritos matematicamente como função das medidas Ganho (G), Inventário (I) e Despesa Operacional (DO) da seguinte maneira [GOLDRATT, 1991]:

- $LL = G - DO$
- $RSI = (G - DO) / I$
- $PROD = G / DO$
- $GIRO = G / I$

Ressalta-se que, nas expressões anteriores, G, I e DO devem ser entendidos como variações ao longo de um determinado período.

No decorrer deste capítulo serão discutidos alguns pressupostos em que se baseiam a contabilidade de custos e seus métodos de rateio. Um paralelo comparativo entre alguns métodos contábeis e o proposto pela TOC será delineado com o intuito de se bem diferenciar as filosofias que os fundamentam.

### **3.2 A Contabilidade de Custos**

Quase todos os envolvidos no mundo dos negócios procuram, insistentemente, encontrar soluções definitivas para seus problemas. Procurar soluções finais implica, no entanto, em aceitar a existência de uma verdade absoluta num ambiente imprevisível e em constantes mutações.

Entretanto, é fácil compreender que se não existem soluções definitivas, existem soluções poderosas, que num primeiro momento podem trazer inúmeros benefícios a quem delas fizer uso. Por outro lado, devido ao elevado grau de interdependência entre uma empresa e seu ambiente externo, a aplicação de uma solução poderosa trará um grande impacto tanto no desempenho como no comportamento da organização. As condições iniciais deixam de existir e a empresa passa a viver um novo estágio de desenvolvimento, com novas exigências de mercado e, portanto, com novos problemas a serem sanados. Como bem enfatiza GOLDRATT (1991), quanto mais poderosa uma solução, mais rápida será sua deterioração e sua obsolescência, podendo a solução poderosa de ontem tornar-se o desastre de hoje.

A contabilidade de custos foi um grande exemplo de solução poderosa que, quando inventada, foi responsável em grande parte pela prosperidade e pelo crescimento das indústrias. Entretanto, este processo trouxe consigo a necessidade de mais e melhores tecnologias que mudaram por completo o contexto no qual as empresas estavam inseridas. Os fatores de “overhead”, por exemplo, passaram de índices próximos de 0,1 na época em que a contabilidade de custos foi concebida, para valores atualmente muito superiores, o que inviabiliza muitos dos pressupostos que a fundamenta.

Ainda segundo GOLDRATT (1991), qualquer tentativa de julgar o impacto de uma decisão local sobre o resultado final da organização, implica em dividir cada medida em seus componentes. Assim, o ganho da empresa como um todo seria nada mais que a soma do ganho obtido na venda dos produtos ( $G_p$ ) ou serviços individuais. Matematicamente ter-se-ia:

$$G = \sum_P G_p$$

Por outro lado, a despesa operacional total pode ser relacionada com o dinheiro repassado aos gerentes, operários e demais funcionários pelos seus trabalhos

prestados, às empresas prestadoras de serviços, às empresas fornecedoras de energia, às empresas de seguro, entre outros. Pode-se observar, portanto, que em nenhum caso foi passado dinheiro a um produto. Mesmo quando se faz referência aos fornecedores, o montante a eles pago deve ser enquadrado como inventário e não como Despesa Operacional. Desta forma, o único modo de se descrever a despesa operacional total da empresa é dividi-la em suas categorias individuais ( $DO_C$ ), ou seja,

$$DO = \sum_C DO_C$$

Uma vez que os julgamentos finais são o LL e o RSI, surgem algumas dificuldades em se usar as medidas acima para uma decisão local. O lucro líquido, por exemplo, toma a seguinte forma:

$$LL = \sum_P G_P - \sum_C DO_C$$

Nota-se, que o primeiro membro da expressão refere-se a produtos, enquanto o segundo a categorias. Para contornar este conflito e assim permitir-se tomar decisões como lançar ou não um novo produto no mercado (qual será o impacto deste lançamento nas diversas categorias de despesa operacional?) foi inventada a contabilidade de custos. Esta percebeu que, se por um lado tal questão não poderia ser respondida com exatidão, não seria tão difícil chegar-se a uma resposta aproximada. Assim, a despesa operacional deixou de ser dividida por categorias passando agora a ser rateada por produtos, de acordo com os níveis de mão-de-obra direta alocada na confecção dos mesmos.

Contudo, é imprescindível salientar que, quando surgiu a contabilidade de custos, havia duas situações que lhe eram extremamente favoráveis. A primeira é que a mão-de-obra direta era paga de acordo com a quantidade de peças fabricadas. A segunda refere-se às demais despesas com empregados além de outros custos associados, chamados de “despesa de *overhead*”, que por sua vez, eram muito pequenos quando comparados às despesas relativas à mão-de-obra direta. Assim, pôde-se fazer uso de um poderosíssimo método contábil, o rateio, o qual permitia que todas as despesas fossem distribuídas de acordo com a contribuição dos trabalhadores diretos. Agora, não só o ganho, mas também a despesa operacional pode ser dividida por produtos ( $DO_P$ ), ou seja,

$$LL = \sum_P G_P - \sum_P DO_P$$

Mas como já dito anteriormente, o crescimento das indústrias e o conseqüente avanço tecnológico, alteraram por completo ambas as premissas fundamentais da contabilidade de custos. Atualmente, a mão-de-obra direta recebe não mais pelo quanto produz, mas sim, através de um salário pré-estabelecido. As “despesas de *overhead*”, por sua vez, já são maiores que as despesas relativas à mão-de-obra direta.

Novamente para GOLDRATT (1991), as novas formas de se fazer contabilidade, como o Custeio Baseado na Atividade (*Activity-Based Costing*), por exemplo, “não se voltou aos fundamentos, à lógica dos demonstrativos financeiros” e por isso continuam utilizando o conceito de rateio, só que agora não mais de acordo com a mão-de-obra direta, e sim, a partir de outras formas de alocação chamadas de atividades.

Certas terminologias, típicas da contabilidade de custos, ainda são extremamente utilizadas como “custo do produto”, “lucro líquido de um produto”, ou ainda “margem de um produto”. Entretanto, tais nomenclaturas são resultado da grosseira aproximação expressa na fórmula

$$LL = \sum_P G_P - \sum_P DO_P$$

que trazem desastrosos julgamentos quando utilizados e que deveriam ser eliminados da linguagem empresarial no momento em que a aproximação é reconhecida como não sendo mais válida. A utilização do conceito de “custo do produto” num processo decisório de “comprar ou fazer” pode levar a resultados inesperados como ilustrado a seguir.

Se o item que está sendo fabricado “custar” mais que o ganho por ele obtido, a decisão é imediata: elimina-se o produto. Todavia, no momento em que ele não faz mais parte do *mix* de produtos da fábrica, nota-se, ao contrário do que se imaginava, que as despesas de *overhead* não caíram o esperado e os demais produtos remanescentes, devido a técnica do rateio, terão custos ainda maiores. Novamente, decide-se parar de fabricar também estes itens e a empresa começa a entrar em uma verdadeira espiral descendente.

De acordo com os mandamentos da TOC, nestes casos, dever-se-ia calcular o impacto que a retirada deste item trará sobre o ganho total (perda de venda deste produto) e depois verificar quanto de despesa será deduzida da despesa operacional total (analisando-se, além de outras despesas relacionadas à eliminação daquele item, quantas pessoas serão dispensadas, não transferidas, mas efetivamente dispensadas). Se a perda de ganho for menor que a redução da despesa operacional, deve-se deixar de fabricar este produto. Caso contrário, só se irá prejudicar o desempenho da empresa.

A Teoria das Restrições procura, portanto, trazer uma alternativa, através do uso de suas três medidas, ganho, inventário e despesa operacional, a tão desgastada contabilidade de custos, objetivando, desta forma, fazer com que toda e qualquer decisão local tenha um impacto positivo no resultado final da companhia, no que tange ao alcance de sua meta.



### 3.3 Mundo do Ganho versus Mundo do Custo

É fato comum, que empresas com problemas financeiros ou com tendência de queda na participação do mercado, tomam suas primeiras medidas gerenciais baseadas num programa de redução de despesas. Surgem, desta forma, soluções como Qualidade Total e seus métodos de redução de todos os tipos de desperdícios, ou mesmo a Reengenharia, que se num primeiro momento deveria voltar-se a um processo de reestruturação no modo de se conduzir os negócios organizacionais, está hoje sendo desejada por altos executivos como uma ferramenta capaz de eliminar despesas, através de um “enxugamento” da folha de pagamento das empresas.

Relatórios administrativos, jornais ou revistas financeiras referem-se sempre aos custos associados à condução dos negócios da companhia quando querem relatar a situação atual ou esperada das empresas por elas citadas. Mesmo para se conseguir um financiamento bancário, torna-se, na maioria vezes, imperativo que a empresa entre num programa de redução de custos. Fica claro, portanto, que a principal medida gerencial, pelo menos para a grande maioria das empresas, é a despesa operacional. É ela que norteia todos os esforços da organização e é nela que os impactos das ações locais são avaliados.

O ganho aparece em segundo lugar, ainda que de maneira difusa. A grande dificuldade aqui é quantificar o impacto de uma determinada ação isolada sobre o ganho. Projetos de redução de *lead-time*, melhoria da qualidade dos produtos e/ou serviços, etc., são considerados como intangíveis e decididos muito mais pela intuição do que por qualquer outro método.

O inventário, por sua vez, quando visto sob a visão tradicional, tem influência apenas na despesa operacional e aparece, portanto, em terceiro lugar na ordem de prioridades.

Na década de 80, entretanto, três grandes movimentos mudaram por completo as formas tradicionais de administração de empresas, a saber: o *Just in Time* (JIT), o *Total Quality Management* (TQM), e a *Theory of Constraints* (TOC). Segundo GOLDRATT (1991), fundamentados em uma filosofia de gerenciamento global voltada a processos de melhoria contínua, os três movimentos estabeleceram o ganho como primeira medida na escala de importância. Isto porque o ganho é a única das

três medidas que pode ser continuamente melhorada sem nenhuma limitação do ponto de vista teórico. A despesa operacional e o inventário, por outro lado, podem ser reduzidos até um valor igual a zero (ainda que isto implique numa inexistência da empresa), o que restringe suas possibilidades de melhoria. Assim, no âmbito de um programa de aperfeiçoamentos constantes, o ganho torna-se a principal medida, pois é a única potencialmente ilimitada.

Estes mesmos movimentos trouxeram também um novo enfoque para análise do elemento inventário. Todos eles perceberam que o inventário não deve ser analisado apenas sob seu impacto direto no resultado global através da medida retorno sobre o investimento, mas também sob os impactos adicionais indiretos a ele associados. Tais influências podem ser relativas tanto a categoria de despesa operacional, através dos custos associados ao “carregamento de estoques” e depreciação dos investimentos realizados, como também através de aspectos ligados ao ganho, a partir de melhorias no *lead-time* e nos tempos de resposta obtidos via redução dos níveis de estoque de produtos acabados e em processo. Assim, o inventário passou a ocupar um segundo lugar na escala de valores das empresas.

De acordo com os princípios inseridos nestes três movimentos, a despesa operacional passa a ocupar agora um modesto terceiro lugar, atrás do ganho e do inventário, nesta ordem.

Colocar o ganho em primeiro lugar tem, entretanto, ramificações muito mais profundas. Reconhecer a prioridade de tal elemento implica na compreensão que este só pode ser obtido no final de todas as operações, quando diversas tarefas são executadas de forma sincronizada até que o ganho, objetivo principal, seja alcançado. Este novo modo de se ver as coisas, conhecida na Teoria das Restrições como Mundo do Ganho, questiona inúmeras ações convencionais. Vislumbrar os sistemas produtivos no Mundo do Ganho significa entendê-los como um todo complexo de variáveis dependentes, como os elementos interligados de uma corrente, e não mais como elos isolados (GOLDRATT, 1991).

A função principal de qualquer corrente é resistir mecanicamente a esforços de tração. Logo, ao desejar-se melhorar a capacidade de resistência de uma corrente deve-se, obviamente, identificar o elo mais fraco e então reforçá-lo. A Teoria das

Restrições defende a tese de que o que se faz tradicionalmente, no Mundo do Custo, é considerar as organizações como um conjunto de elos desconectados. O problema é que qualquer esforço para aumentar a resistência mecânica destes elos deve implicar num aumento da resistência de todos os elos. A diferença no consumo de recursos nos dois casos é brutal.

Para GOLDRATT (1991), no Mundo do Custo, o custo é a preocupação principal. Cada elo é importante e tudo deve ser controlado, pois as despesas existem e são escoadas em todos os lugares, tudo custa dinheiro. É claro que, devido às flutuações estatísticas, não existem dois elos exatamente iguais, e desta forma faz sentido aplicar-se o Princípio de Pareto onde vinte por cento das variáveis é responsável por oitenta por cento do resultado. No Mundo do Ganho, entretanto, a relação 20 x 80 deixa de fazer sentido, tomando agora a forma de 0,1 x 99,9. O elo mais fraco é responsável por 99,9% da resistência de toda a corrente. Mesmo quando a empresa opera com várias linhas de produtos, a analogia continua sendo válida, só que agora não mais como uma única corrente e sim como várias correntes interligadas. Ainda assim, haverá poucos elos fracos nos quais a organização deve centralizar seus esforços.

Todavia, tanto o JIT quanto o TQM parecem não ter compreendido tal implicação. Ambos os movimentos continuam dando a mesma importância a todos os elementos do sistema. O JIT e seu modo de programar e controlar a produção através de cartões *Kanban* sabe que qualquer parada por um tempo significativo num equipamento produtivo resultará na interrupção de todo o sistema. Atividades como o Controle Estatístico de Processo (CEP) ou Manutenção Produtiva Total (TPM), por exemplo, devem ser executadas em todas as etapas de manufatura e com o mesmo grau de importância. Reduções nos tempos de *setup* são igualmente desejados em qualquer centro de produção. Também a filosofia TQM, de acordo com os preceitos presentes no Mundo do Ganho, incorre nos mesmos erros. Para o TQM, deve-se executar programas de melhorias contínuas em todos os setores ou departamentos da organização visando a eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício.

Como bem coloca CZILLAG (1991, p.67), “será que com equipes cada vez mais enxutas, é possível e necessário se concentrar em tudo?”. A resposta é negativa

para ambas as perguntas, pois além de não existir recursos suficientes, o bom senso diz também ser desnecessário fortalecer um elo que não é o mais fraco em uma corrente. Por isso, ele ainda questiona se não seria um desperdício de recursos o que o JIT e o TQM pregam como boa prática de administração.

### **3.4 A TOC e o Custeio ABC**

Devido ao crescente descrédito que vem tomando conta dos sistemas tradicionais de contabilidade de custos, novas formas de custeio e sistemas de informação contábil surgiram em anos recentes, mais precisamente a partir da década de 80. Dentre estes, figura-se o custeio ABC (*Activity-Based Costing*) que procura corrigir as principais falhas da contabilidade convencional e desta forma tornar-se um método mais confiável às decisões administrativas.

Como já anteriormente explicado, um dos grandes problemas do custeio tradicional está na forma de como este aloca seus custos indiretos de fabricação aos produtos da empresa. O ABC não só encontrou um mecanismo mais eficiente para ratear estes custos como também realiza o rateio de todas as demais despesas organizacionais. Para tal, o ABC faz uso de várias bases de rateio, ao contrário das práticas tradicionais de custeio que se utilizam de apenas uma base de rateio ou direcionador de custos, o volume de produção.

O uso do volume como único direcionador de custos constitui-se em uma prática advinda do início do século, quando os sistemas de contabilidade gerencial foram concebidos. Naquela época, como também já mencionado, os custos variáveis correspondiam à maior parcela dos custos da empresa. Além da matéria-prima, a mão-de-obra também era um custo variável pois esta era paga por peça produzida e não através de um salário fundamentalmente fixo como nos dias de hoje. Desta forma, o uso do rateio baseado no volume de produção fornecia informações muito próximas do custo real de um produto.

Com o passar do tempo, no entanto, a situação se inverteu completamente. Nos dias atuais, com o advento de novas tecnologias e com o drástico aumento na complexidade das organizações, os custos indiretos de fabricação suplantaram os custos variáveis no total dos custos, e as informações contábeis fornecidas pelos sistemas de custeio baseados no volume como único critério de rateio perderam relevância. Dentro deste contexto surge o ABC, que propõe a utilização de diversos direcionadores de custo para solucionar o problema de perda de relevância da informação contábil e, portanto, auxiliar os gerentes a tomarem decisões acertadas.

Tradicionalmente, o processo de custeio é focado no produto, ou seja, os custos são alocados aos produtos pois se pressupõe que todo item do produto consome recursos como mão-de-obra direta, horas-máquina ou material direto. Em contrapartida, o sistema ABC fundamenta-se nas atividades como direcionadores de custos. Assim, os custos são rateados dos recursos para as atividades e destas para os produtos, de acordo com a demanda que os produtos impõem sobre estas atividades. Para se estabelecer o fator que determinará este consumo, deve-se identificar "o que" direciona os custos em cada atividade relevante da organização.

Ressaltando mais uma vez, o ABC através deste método aloca não apenas os custos relacionados ao processo de fabricação como também todas as demais despesas incorridas no sistema, ou seja, para o ABC, o custo de um produto corresponde à soma dos custos de todas as atividades necessárias para se produzir e entregar um produto. O importante aqui é identificar, de forma eficaz, quais as atividades mais significativas que os produtos consomem, a taxa de consumo destas atividades impostas pelos produtos e o preço que a organização paga por estas atividades.

"Fundamentalmente, cada componente das despesas gerais é causado por alguma atividade. Cada produto deve ser carregado com uma parcela do componente com base na proporção de cada atividade que ele cause. O custo de programação de produção, por exemplo, é gerado pelo número de corridas de produção a ser programado e assim deve ser alocado com base no número de corridas de produção que o produto gere. Produtos que gerem corridas de produção relativamente curtas geralmente têm uma fatia menos que proporcional do custo sob qualquer sistema de alocação baseado em volumes. O custo de programação não depende do volume a curto prazo; não depende nem do volume a longo prazo. A longo prazo, depende de quantas corridas devem ser programadas, não de quantas unidades são produzidas. Se as horas-máquina ou as horas de mão-de-obra são as melhores medidas de produção, usar estas medidas introduz um erro no efeito que o produto com grande número de corridas curtas tem sobre o custo de programação. A idéia básica é que o volume de transações (número de corridas de produção) é um melhor substituto para o custo

variável de longo prazo que o volume de produção", (SHANK & GOVINDARAJAN, 1995, p.220).

Apesar das diferenças ressaltadas acima, que distinguem por completo o ABC da contabilidade gerencial convencional, alguns pressupostos básicos ainda são mantidos intactos no sistema ABC (CORBETT, 1996). O primeiro pressuposto é que se precisa do custo do produto para se tomar decisões, ou seja, é possível e necessário através de algum método de rateio obter-se um valor confiável para o custo do produto. Isto significa dizer também que os custos da empresa variam de acordo com alguma variável quantificável, no caso os direcionadores de custo.

Um segundo pressuposto, e talvez mais importante, diz respeito ao fundamento básico que sustenta todas as práticas contábeis, tradicionais ou não. Toda sistemática contábil considera que ótimos locais levam seguramente ao ótimo organizacional global, ou em outras palavras, o ótimo global corresponde à soma dos ótimos locais. Tal visão sugere que uma organização é constituída por setores, departamentos, áreas, atividades ou processos que atuam independentemente um do outro.

Na analogia da corrente, seria como se uma empresa fosse constituída por elos isolados e cujo objetivo final fosse reduzir o peso de toda a corrente a partir da redução do peso de cada elo, ao contrário do verdadeiro objetivo que é resistir à tração. Esta idéia de elos independentes, pode levar à ações que, apesar de bem intencionadas, conduzem a empresa na direção oposta a sua meta. Medidas de desempenho como eficiência e produtividade locais são exemplos típicos da busca por ótimos isolados. Uma pergunta que pode surgir é se todas as máquinas devem operar 100% do tempo (máxima eficiência) para que todo o sistema obtenha alto desempenho em termos de produção. Mais adiante, no capítulo 4, procurar-se-á responder esta pergunta.

Por outro lado, a Teoria das Restrições possui pressupostos completamente diferentes. A TOC não necessita da informação do custo do produto para tomar uma decisão. Não há rateio pois, para a TOC, a despesa operacional não varia de acordo com nenhum tipo de variável quantificável. Num ambiente TOC, a restrição, ou a

informação ganho por tempo de restrição, substitui o papel que o custo do produto desempenha nas tomadas de decisões gerenciais.

O segundo pressuposto é também formalmente atacado pela Teoria das Restrições. "A TOC quebra o paradigma mecanicista da administração científica, encarando a empresa como um organismo, no qual um sistema de ótimos locais não é um sistema ótimo, mas sim um sistema ineficaz", (CORBETT, 1996, p.60).

O impacto da mudança destes pressupostos é muito grande. Na prática, o que seria uma boa decisão para uma corrente de pensamento, implicaria num desastre para a outra, como pode ser visto através da análise de alguns destes impactos.

A escolha do melhor *mix* de produção para o sistema contábil ABC advém do cálculo de todos os custos incorridos em todas atividades da organização, desde a compra de peças e matérias-primas, passando pela fabricação até a venda efetiva do bem, de acordo com o nível de demanda que cada produto impõe sobre estas atividades. Conhecido o preço de venda e a demanda esperada para cada produto, pode-se calcular o lucro a ser obtido com cada produto. Os itens de maior lucro devem ter prioridade no processo produtivo. Produtos cujo lucro calculado é negativo devem ser eliminados ou repensados de acordo com o objetivo estratégico da organização.

Por sua vez, a TOC não faz nenhum tipo de rateio. A escolha do melhor *mix* para a empresa é obtido a partir do cálculo do ganho (preço de venda menos os custos totalmente variáveis) dividido pelo tempo que cada produto consome do recurso restrição. Os produtos mais lucrativos serão aqueles que obtiverem o maior valor calculado. Caso a restrição esteja no mercado, a ordem de prioridade na comercialização dos produtos é obtida apenas calculando-se o ganho para cada item. Será dada preferência aos produtos com maior ganho.

Para a Teoria das Restrições, qualquer descontinuação de um produto ou de uma linha de produtos deve ser decidida a partir do impacto que esta irá gerar nas três medidas: ganho, inventário e despesa operacional. A rentabilidade da empresa irá melhorar se a queda no ganho devido a redução nas vendas for inferior ao decréscimo na despesa operacional advinda de uma possível diminuição na folha de pagamento, aluguel, depreciação, etc. Deve-se salientar, que pelo menos num curto prazo, o *mix*



escolhido pelo da TOC é mais lucrativo que o calculado pelo sistema ABC, (LOW, 1992).

Outro aspecto que diferencia em muito as abordagens ABC e TOC refere-se a variabilidade dos custos. O ABC pressupõe que os custos variam de acordo com os direcionadores de custos escolhidos para cada atividade relacionada, não num curto prazo, mas a longo prazo. "O custeio das atividades não implica que as despesas gerais possam ser reduzidas no curto prazo se as transações que as provocam forem interrompidas. Há quase sempre uma defasagem entre as mudanças no volume de atividades e as mudanças no nível de custo. Os programadores de produção assalariados não são demitidos imediatamente se o número de corridas de produção diminuir. Contudo, no longo prazo, o custo da programação estará seguramente vinculado a uma atividade fundamental - o número de corridas de produção a programar. Uma lógica similar aplica-se a cada componente das despesas gerais de produção, como os pedidos de embarque para os custos de embarque ou os pedidos de recebimento para os custos de recebimento", (SHANK & GOVINDARAJAN, 1995, p.221).

Para a TOC, entretanto, só há variação nos custos nas atividades restritivas. As demais áreas da organização, por serem não restritivas, teriam condições de absorver variações de volume e *mix* devido a sua ociosidade. Este pressuposto seria válido para todos os setores da empresa, produtivos ou não.

"Quando é que um custo varia? Quando precisamos aumentar a disponibilidade de algo que não temos o suficiente, que está nos limitando. Então, só aumentamos os custos nas restrições do sistema, nos pontos onde precisamos aumentar a nossa capacidade. Os custos de uma atividade devem aumentar apenas quando aquela atividade não tiver mais capacidade em excesso, isto é, apenas quando aquela atividade for uma restrição do sistema.

Não parece razoável pressupor que todos os custos da empresa vão aumentar se aumentarmos o volume de produção ou mudarmos o *mix* de produção, mas é justamente isto que o ABC pressupõe. Isto é a mesma coisa que dizer que num sistema todas as atividades são igualmente importantes para o seu desempenho, que

todas as variáveis são restrições. Esse pressuposto vai contra a noção de sistema", (CORBETT, 1996, p.84).

Mesmo num longo prazo, a TOC defende a idéia que sempre haverá ao menos uma restrição (caso contrário o desempenho do sistema seria infinito) e que portanto todas as decisões devem ser tomadas caso a caso, levando-se sempre em consideração o impacto que estas terão nas três medidas: ganho, inventário e despesa operacional.

"No longo prazo a empresa continuará sendo um sistema e, conseqüentemente, continuará tendo seu desempenho limitado por poucas restrições. Então, mesmo no longo prazo, é necessário identificar as restrições e controlá-las, e não ignorá-las achando que no longo prazo todos os recursos serão igualmente importantes. Quando o ABC afirma que é necessário calcular o custo de longo prazo dos produtos, ele está afirmando que, no longo prazo, a empresa não terá restrições e que, por isso, todos os recursos da empresa serão igualmente importantes", (CORBETT, 1996, p.94).

Estas diferenças de fundamentos refletem também na forma como a TOC administra seus itens de despesa operacional. Tal assunto será tratado com mais detalhes no tópico 3.6 "O Controle de Processos Proposto pela TOC".

Outro aspecto que deve ser ressaltado diz respeito ao uso de um típico direcionador de custos, o *setup*. Para o ABC, quanto maior o tempo que um determinado produto gasta com preparação de máquinas, maior será seu custo, pois maior também será o tempo improdutivo gasto na fabricação do bem. Da mesma forma, quanto menores os lotes, mais preparações terão que ser efetuadas e, conseqüentemente, maiores os custos de *setup* das máquinas.

No entanto, a Teoria das Restrições discorda deste pressuposto. Para ela, um aumento no número de preparações em recursos não-restrição não irá resultar em aumentos nas despesas da empresa. Somente na restrição, o número de preparações teria um impacto nos resultados finais da empresa e, mesmo neste caso, o impacto seria relativo a uma queda no ganho devido a perda de capacidade do recurso restritivo e não a um aumento na despesa operacional.

A utilização do tempo de *setup* como direcionador de custos também leva a um outro reflexo negativo. Em ambientes apoiados pelo método ABC, alguns

produtos, por demandarem altos tempos de *setup* nos recursos produtivos, podem aparecer como pouco lucrativos para a organização. Até que uma política de redução nos tempos de preparação surta efeitos positivos significativos, os gerentes de produtos terão que escolher entre abandonar uma determinada linha ou aumentar o tamanho do lote.

De acordo com COUGHLAN & DARLINGTON (1993), usar tempos de *setup* como um direcionador de custos para revelar o custo do produto, inevitavelmente penalizará os lotes pequenos e encorajará grandes lotes. Para os autores, pode-se questionar se isto é de interesse da companhia num longo prazo pois não se pode pensar em quase nenhum produto cuja demanda pede uma menor ao invés de uma maior diversificação.

A questão do nível de diversificação de produtos em ambientes TOC e ABC é também tratada por NOREEN et al. (1996, p.141). "As estratégias de produtos de empresas envolvidas na TOC podem diferir grandemente daquelas das empresas que usam custos baseados na atividade (ABC). A TOC revela tipicamente a capacidade e oferece flexibilidade na produção, tornando possível mais variedade nas ofertas dos produtos da empresa. Os produtos invariavelmente parecem mais lucrativos em uma fábrica TOC do que noutra em que as margens do produto são computadas usando custos totais. Desde que um produto novo com ganho positivo não use a restrição, ele parecerá mais atraente. Portanto, os produtos tenderão a proliferar num ambiente TOC. O sistema ABC, por outro lado, pode levar facilmente a uma redução na oferta de produtos. Uma mudança de um sistema de custos convencional com bases de alocação associadas ao volume para um sistema ABC com fundos comuns de custos para lote ou produto, irá mudar os custos dos produtos de alto volume para os de baixo volume. O resultado usual é um 'mapa de lucratividade' que sugere que os produtos de baixo volume estão perdendo dinheiro. Se os gerentes reagirem, eliminando esses produtos, as ofertas da empresa irão encolher. Assim sendo a TOC e o ABC têm efeitos opostos na variedade de produtos oferecidos pela empresa."

Como já mencionado, o cálculo do custo do produto no sistema ABC é obtido somando-se o tempo consumido por cada produto em todas as atividades requeridas

para produzi-lo e entregá-lo. O pressuposto que está por detrás deste método é que todos os recursos têm igual importância no cálculo do custo total do produto.

Entretanto, o uso desta premissa pode implicar em ações errôneas sob o ponto de vista da TOC. Digamos que um engenheiro de processo propusesse, sem nenhuma necessidade de investimento ou aumento na folha de pagamento da empresa, um acréscimo na carga de trabalho de um recurso não-restritivo para aliviar ou aumentar a capacidade da restrição. Se tal transferência de carga entre os recursos levasse a um aumento no *lead time* total, então, muito provavelmente, esta proposta seria negada pelo método ABC. Por outro lado, a TOC fatalmente premiaria tal ação por esta permitir um aumento na capacidade do sistema e, portanto, um incremento no ganho sem nenhum tipo de impacto relevante nas outras duas medidas de desempenho.

A forma como a contabilidade da TOC apoia as decisões da companhia reflete também em diferenças significativas no que tange à abordagem do mercado. A idéia de custo de um produto pode levar, e geralmente leva, a percepção de um preço justo para este produto, que corresponderia a soma deste custo mais uma margem de lucro razoável. Se se considerar que cada vez mais é o mercado que dita o preço de venda de um bem e que a percepção de valor que o mercado tem em relação a um produto não tem relação com a percepção de valor do fabricante e ainda, que o mercado pode ter diversas percepções distintas de valor para um mesmo produto, então a noção de preço justo pode levar a bloqueios na busca pela segmentação de mercado e por aumentos no lucro da empresa (CORBETT, 1996).

Suponha que uma curva normal, como a ilustrada na figura 3.1, represente a relação que existe entre a "demanda" por um determinado produto e o "valor percebido pelo cliente" para este produto. Suponha também que a linha vertical mostrada no interior da curva normal corresponda ao preço (custo mais lucro) cobrado por uma empresa fictícia fornecedora de um determinado bem. De acordo com a figura, pode-se notar que os consumidores situados a esquerda da reta vertical percebem um valor menor do que o cobrado para o produto e portanto não irão comprá-lo. Já a parcela do mercado localizada à direita da linha de "preço justo" do produto notam um valor maior mas só irão pagar o preço considerado "adequado" pela empresa, ou seja, o preço de venda daquele bem. Desta forma, a política e a

mentalidade embutida na idéia de "preço justo" para um produto pode levar a uma perda de volume com os clientes que comprariam por um preço menor e perda de um maior ganho unitário por produto vendido em relação aos consumidores que pagariam mais pelo produto.

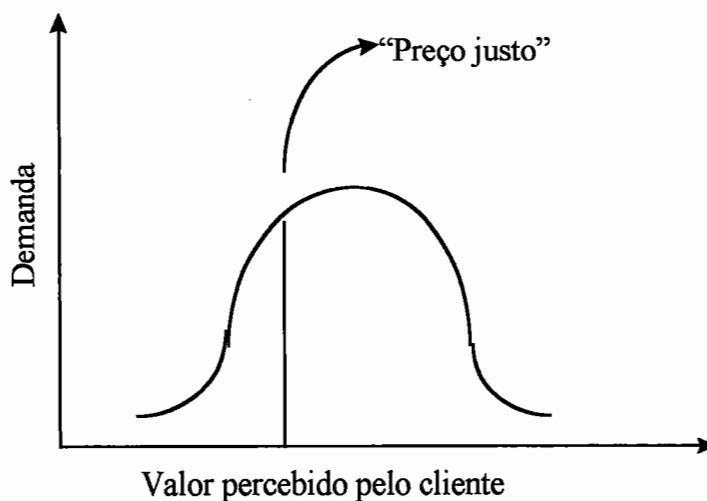


FIGURA 3.1: Curva normal representando uma situação hipotética de variação da demanda por um produto em função das diferenças individuais de percepção de valor pelo mercado.

A TOC não reconhece o custo do produto e portanto, suas decisões referentes a preços não são tomadas em função da figura de margem de lucro. "Para a TOC o mercado é que estabelece o preço e o papel da contabilidade gerencial é dizer se a esse preço e volume o produto irá aumentar a lucratividade da empresa. Com isso há uma maior flexibilidade nos preços num ambiente TOC", (CORBETT, 1996, p.97).

É claro, entretanto, que apesar da maior flexibilidade de preços que o método da TOC oferece, as empresas que operam com este sistema devem evitar uma guerra de preços entre seus competidores. A idéia aqui é procurar novos mercados ou segmentos de mercado. Segundo a literatura da Teoria das Restrições (CALIA, 1995a), um mercado está segmentado quando os preços praticados por este não interfere nos preços praticados em outros mercados. A TOC sugere também que uma boa ferramenta para praticar segmentação e diversificação de mercado são os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições.

Por último, surge a questão da praticidade e agilidade dos relatórios contábeis emitidos pelas duas abordagens. Enquanto que o ABC necessita de dados relativos a todas as áreas da companhia, pois este dá igual importância a todas estas áreas nos seus cálculos de custo das atividades, a TOC, por sua vez, necessita de poucos dados advindos de poucos "elos" para elaborar suas planilhas.

"Os gerentes informaram que os demonstrativos contábeis preparados usando os princípios TOC foram muito mais fáceis de entender do que os convencionais, e os efeitos de sua ação sobre os relatórios contábeis fizeram mais sentido com os demonstrativos de custeamento variável. Os gerentes pareceram estar cientes da superioridade da informação de custos variáveis na tomada de decisões, usando conceitos de custeios relevantes. Além disso, algumas empresas estavam tirando proveito da simplicidade da contabilidade TOC para compilar relatórios de lucro com mais frequência e numa base mais oportuna. Estes relatórios estavam sendo usados para monitorar o desempenho de todo o sistema", (NOREEN et al. 1996, p. XXXII).

### **3.5 A TOC e o Custeio Direto - diferenças e semelhanças**

O sistema contábil proposto pela Teoria das Restrições, denominado de contabilidade de ganho, parece, em princípio, com o método de custeio variável ou direto. Tal semelhança se deve ao fato de ambos os sistemas contábeis abolirem as práticas de rateio de custos, seja este rateio fundamentado nos métodos convencionais de absorção de custos baseados em volume ou nos sistemas mais modernos de alocação de custos baseados em atividades (ABC). Deste forma, tanto o custeio direto quanto a contabilidade de ganho da TOC não fazem nenhum tipo de alocação de custos aos seus produtos, ou seja, não há a figura do “custo do produto”.

Todavia, a contabilidade da TOC se distingue do custeio direto em três aspectos principais: na nomenclatura ou terminologia empregada, no tratamento dos custos variáveis e na filosofia que os fundamenta.

Enquanto que o custeio direto faz uso de termos normalmente encontrados nos livros de contabilidade, a Teoria das Restrições procura utilizar algumas nomenclaturas próprias. Assim, no lugar da expressão “margem de contribuição” a literatura TOC propõe o uso da palavra “ganho”. Talvez o motivo do uso de termos distintos se deva a forma que a Teoria das Restrições aborda a questão de custos variáveis, que será tratada a seguir. Também para a TOC, não há distinção entre os diversos tipos de custos (diretos, indiretos, variáveis, fixos, etc.), gastos ou despesas. Tudo está contido na expressão “despesa operacional” com exceção dos dispêndios que variam uniformemente com a quantidade de produtos vendidos que a TOC prefere chamar de “custos totalmente variáveis”.

A segunda diferença entre as duas metodologias se encontra nos itens que devem ser considerados no cálculo dos custos variáveis. Neste ponto, o que mais as distingue é o tratamento da mão-de-obra. Para a Teoria das Restrições, a partir do momento que a mão-de-obra direta deixou de ser paga por quantidade de peça produzida, não faz mais nenhum sentido continuar empregá-la como parte do custo variável e sim, como despesa operacional. Contudo, na grande maioria das aplicações do custeio direto, a mão-de-obra direta ainda é registrada nos demonstrativos como custo variável. Assim, uma vez que para a TOC o ganho é igual a receita menos os “custos totalmente variáveis” e o custeio direto calcula a margem de contribuição

como igual a receita menos "custos variáveis" (e aí se inclui a mão-de-obra direta), os valores obtidos para os índices "ganho por unidade de restrição" e "margem de contribuição por unidade de restrição" serão diferentes. Estas diferenças podem resultar em escolhas distintas para o melhor *mix* de produtos.

PATTERSON (1992) demonstra em seu artigo, através de um exemplo numérico, que o *mix* escolhido utilizando-se a abordagem da Teoria das Restrições é mais lucrativo que o método empregado pelo custeio direto, mesmo com o auxílio da programação linear.

NOREEN et al. (1996, p.16) resume bem esta questão: "A nível conceitual, o ganho não pode ser distinguido da margem de contribuição. Ganho é receita menos 'custos totalmente variáveis', e a definição da margem de contribuição é receita menos custos variáveis. Também a nível conceitual não há diferença entre contabilidade de ganho e custeamento variável. Na prática, porém, há uma diferença significativa - o tratamento da mão-de-obra direta. Na contabilidade do ganho a mão-de-obra direta não é deduzida ao computar o ganho e não é capitalizada nos inventários. Em vez disso, é incluída como parte da despesa operacional. O tratamento convencional no custeio variável é considerar a mão-de-obra direta como um custo variável."

Se se pode argumentar que os dois primeiros aspectos são pouco relevantes para caracterizá-los como dois sistemas contábeis distintos, tal argumento não seria válido quando a discussão recai sobre o terceiro ponto, referente a suas filosofias. A contabilidade de ganho da TOC representa, na verdade, um novo paradigma da contabilidade gerencial. Este novo modo de pensar é o que a Teoria das Restrições chama de "Mundo do Ganho". Como já explicado no tópico específico ao tema, a TOC considera o ganho como medida principal de enfoque administrativo, vendo as organizações como um sistema de variáveis dependentes. A preocupação com a contenção de custos ou despesa operacional ficou relegada a um terceiro nível de prioridade gerencial (devido aos cortes de pessoal que geralmente estão vinculados aos programas de redução de despesas) atrás também da medida inventário.

Por outro lado, quando a TOC faz uma análise dos custos e benefícios relevantes associados a uma decisão, esta não desconsidera os itens de despesa operacional como muitas vezes o faz o custeio direto. Sempre que uma decisão é



tomada num ambiente TOC, procura-se computar o impacto que esta decisão terá sobre o ganho, o inventário e despesa operacional, ou seja, a Teoria das Restrições entende que todas as três medidas podem variar em função das decisões que forem tomadas. A TOC reconhece que algumas funções de *overhead* podem tornar-se uma restrição do sistema e, desta forma, os custos relacionados a estes "setores restrição" deixarão de ser fixos e suas variações deverão ser relevadas na tomada de decisão.

Em suma, em termos filosóficos, a prática do custeio direto está ainda calcada no que a TOC chama de "Mundo do Custo", no mundo das variáveis independentes, onde tudo é igualmente importante e onde a mentalidade de redução de custos continua predominando na organização. Nas empresas que aplicam o custeio direto, o conceito de restrição fica geralmente restrito a visão de gargalos físicos (recursos de produção) deixando de compreender seu sentido mais amplo. Em contrapartida, a TOC dá muito mais importância às restrições. Na verdade, as restrições são o foco de atenção para as organizações voltadas para a filosofia TOC, pois é a partir da análise do comportamento atual e futuro dos elementos restritivos que a empresa estabelece todo seu processo de planejamento estratégico.

### 3.6 O controle de processos proposto pela TOC

Como já anteriormente ressaltado, a filosofia da Teoria das Restrições está calcada em uma nova forma de vislumbrar os sistemas organizacionais, onde cada parte ou subsistema deve contribuir para a melhoria na *performance* global da empresa e não com objetivos próprios independentes e inconsistentes com o todo. Para a TOC, um novo paradigma deve surgir, substituindo a antiga idéia de que ótimos locais levam impiedosamente ao ótimo organizacional. Essa visão, baseada na avaliação de pessoas e áreas funcionais a partir de cálculos convencionais de eficiência, é completamente incompatível com a prática da TOC.

A visão sistêmica da Teoria das Restrições reconhece que práticas comuns de controle da contabilidade gerencial como o custeio por absorção e relatórios de custo padrão, criam incentivos para produzir excesso de inventário, não conduzindo, portanto, a empresa na direção de sua meta.

O custeio por absorção, com o intuito de reduzir os custos, incentiva o acúmulo de inventário como forma de ratear o custo em um maior número de unidades produzidas. Assim, um desnecessário inventário de material em processo é formado, aumentando-se artificialmente o lucro da empresa num período em detrimento dos períodos posteriores. O sistema de custo padrão, por sua vez, assume que todos os centros de trabalho operam de forma *full time*. Não há, portanto, o reconhecimento de que todo processo produtivo possui elementos que limitam o fluxo do sistema como um todo, ou seja, as restrições. Já que, por definição, os recursos não-restritivos têm excesso de capacidade em relação à restrição, se estes forem estimulados a produzir ininterruptamente com a finalidade de alcançar altos índices de eficiência, o resultado será, novamente, um aumento no nível de estoque em processo.

Devido a estes problemas, as empresas que trabalham com TOC preferem um controle de suas operações diárias feito com o auxílio de medidas muitas vezes físicas em lugar de financeiras. O desempenho dos recursos não-restrição, assim como dos níveis de inventário de material em processo, é medido através da monitoração e gerenciamento de alguns estoques estrategicamente posicionados. Estes são denominados na literatura TOC de pulmões.

Para as empresas que administram seus sistemas produtivos de acordo com a metodologia Tambor - Pulmão - Corda (TPC) da Teoria das Restrições, existem três tipos de pulmão de estoque: Pulmão-Restrição, localizado logo antes da restrição e é formado com o objetivo de assegurar que esta não fique ociosa; Pulmão-Montagem, formado para proteger algumas operações que montam peças advindas de recursos restritivos e não restritivos; e Pulmão-Expedição, para garantir o cumprimento das datas de entrega dos pedidos (maiores detalhes a respeito de TPC e gerenciamento de pulmão serão vistos no capítulo 4).

Um bom controle destes pulmões fornece importantes informações a respeito do desempenho dos recursos que alimentam estes pulmões, identificando fontes de problemas, ineficiência de alguns processos, nível de inventário de material em processo, controle do *lead time* e atendimento dos prazos de entrega dos pedidos. O que se procura atingir, não é 100% de utilização dos centros de trabalho não-restrição e sim, que estes permitam ou possibilitem uma maximização da exploração do recurso restrição.

Entretanto, o grande foco de controle da organização centraliza-se na restrição. As informações referentes ao desempenho do recurso restrição irão ditar os rumos que a companhia irá seguir. Tal importância se deve a inúmeros motivos. Em primeiro lugar, qualquer tempo desperdiçado em uma restrição implica em perda de ganho (ou lucro) que jamais será recuperado. Em segundo lugar, os produtos que tiverem maior participação no índice ganho por tempo consumido da restrição terão maior prioridade no *mix* de produção da empresa.

Segundo NOREEN et al. (1996), o conceito de margem de contribuição por unidade de recurso com restrição de capacidade juntamente com o conceito de custo de oportunidade têm ainda duas importantes ramificações: decisões quanto a investimento em capacidade de produção e orientação quanto a preço.

"...a margem de contribuição por unidade da restrição para o trabalho marginal (isto é, o custo de oportunidade de usar a restrição) oferece uma idéia do interesse em elevar a restrição (se o trabalho seguinte tiver uma margem de contribuição por hora de \$510, seria então lucrativo para empresa gastar até \$510 por hora para adquirir mais do recurso com restrição de capacidade). Se o benefício de

e elevar a restrição exceder o custo, então deve ser adquirido mais do recurso com restrição de capacidade.

Além disso, o custo de oportunidade de usar a restrição fornece dados valiosos para dar preço aos produtos. Quando há uma restrição na produção, o custo real de aceitar um pedido é o seu custo variável desembolsado mais o custo de oportunidade envolvido no uso do recurso com restrição de capacidade. Os custeios convencionais por absorção são simplesmente irrelevantes neste caso. O preço real cobrado deve depender, como é natural, das condições do mercado, do cliente e da concorrência; mas, na ausência de razões compensadoras, o preço deve pelo menos cobrir os custos variáveis desembolsados mais o custo de oportunidade", (NOREEN et al., 1996, p. XXXIII e XXXIV).

Quando se fala em restrição, é sempre muito importante ressaltar que esta não necessariamente tem que ser um item físico como uma máquina ou uma célula produtiva. O elo mais fraco da organização pode se deslocar por todos os departamentos da empresa (produção, compras, manutenção, qualidade, pessoal, transportes, vendas, etc.) ou mesmo estar fora dos limites da companhia, como nos casos das restrições de fornecedor ou mercado. Esta visão de conceito de "elo mais fraco" acaba tendo reflexos também no que diz respeito à administração das despesas operacionais pelas empresas que trabalham com a Teoria das Restrições.

Como para a TOC a grande maioria dos elos do sistema são não-restrição, estes terão, por definição, uma inerente ociosidade. Assim, a grande maioria dos custos organizacionais são provenientes de setores ou departamentos considerados não-restritivos, ou seja, que possuem excesso de capacidade. Este excesso de capacidade proporciona a estes departamentos (ou áreas, atividades, processos, etc.) uma flexibilidade tal que lhes que permite absorver variações na demanda por suas operações diárias.

"As despesas da empresa não variam de acordo com qualquer que seja o direcionador de custo escolhido. Isso é devido ao fenômeno que já discutimos anteriormente, de que um sistema tem muito poucas restrições e, por isso, a maioria dos recursos do sistema têm capacidade disponível para absorver aumentos de volume e/ou mudanças de *mix*", (CORBETT, 1996, p. 84).

Apenas se justificaria um aumento nas despesas de *overhead* quando algum de seus componentes tornarem-se uma restrição. Parece que as empresas que reconhecem a existência e o papel que a restrição exerce no sistema organizacional, conseguem aumentar seu desempenho sem aumentar o *overhead*. “Na TOC, supõe-se geralmente que a proliferação de produtos e aumento de volume não têm efeito apreciável sobre as despesas operacionais. Portanto, nenhum aumento nas despesas operacionais é automaticamente colocado no orçamento ou autorizado apenas como um resultado de um aumento no volume ou na variedade das ofertas de produtos. Os gerentes em quase todos os locais visitados afirmaram que puderam reduzir ou manter constantes as despesas operacionais apesar do aumento do volume e variedade. Este fato é surpreendente, dadas as afirmações feitas na literatura ABC relativas ao efeito do volume e variedade nos custos de despesas gerais. Cremos que essas empresas puderam manter a situação quanto às despesas operacionais simplesmente desaprovando quaisquer aumentos. Se mais exigências forem feitas aos recursos de despesas gerais existentes, não há outra escolha senão eliminar as atividades que não adicionam valor”(NOREEN et al., 1996, p. 142).

Nota-se, portanto, que na execução do orçamento para as empresas que operam dentro de uma filosofia consistente com a Teoria das Restrições, não se procura explicar o comportamento dos custos tanto a curto quanto a longo prazo. De acordo com o sistema contábil proposto pela TOC, os custos são classificados apenas como “totalmente variável” ou como “não totalmente variável”. As decisões são tomadas a partir da análise conjunta dos comportamentos das medidas ganho, inventário e despesa operacional que aquela decisão irá impactar. Não há nenhuma forma de previsão de variação de custos. As decisões são tomadas caso a caso.

### **3.7 A visão estratégica da Teoria das Restrições**

A contabilidade gerencial do Mundo do Ganho proposta pela TOC permite à empresa penetrar com mais facilidade em novos segmentos de mercado além de estimular uma maior diversidade de produtos. Sua filosofia administrativa voltada para o aumento do ganho através de um método sistemático de identificação, exploração e erradicação de restrições do sistema leva as empresas, que operam em concordância com os princípios da TOC, a uma postura dirigida sempre ao aumento do lucro e da participação do mercado pela empresa. Isto tudo, sem nunca desconsiderar o importante papel que as pessoas dentro da companhia desempenham neste processo. Por isso que, para a TOC, é sempre preferível procurar algum novo trabalho (resultado de uma política de segmentação de mercado) para o empregado a simplesmente dispensá-lo.

A maneira diferenciada que a Teoria das Restrições conduz e controla suas operações traz reflexos, como não poderia deixar de ser, na sua forma de vislumbrar as diversas estratégias organizacionais. GOLDRATT (1994), apresenta um esboço do que venha a ser um bom posicionamento estratégico para que as empresas de hoje possam alcançar uma significativa vantagem competitiva.

Segundo ele, toda estratégia empresarial, antes de mais nada, deve estar fundamentada e ser coerente com os objetivos maiores da organização. Como já mencionado anteriormente, a meta de qualquer companhia que vise o lucro e esteja inserida num mercado com algum nível de concorrência, deve ser propiciar, simultânea e continuamente, a satisfação dos interesses dos proprietários ou acionistas da empresa (“ganhar dinheiro tanto agora como no futuro”), dos empregados (“prover um ambiente seguro e satisfatório para os empregados tanto agora como no futuro”) e dos clientes (“satisfazer o mercado tanto agora como no futuro”). Os três componentes teriam a mesma importância, ainda que o primeiro seja o único que possa ser medido.

Compreendendo estratégia como sendo a direção que se deve tomar para se chegar à meta, uma boa estratégia não poderá, portanto, entrar em conflito com quaisquer dos três elementos que a compõem. Goldratt argumenta também, que ao contrário da maioria das estratégias tradicionais, o ponto de partida não deve estar

baseado em uma previsão de mercado, pois esta é sempre muito pouco acurada ou confiável para servir de guia às demais ações da empresa. Assim, para a Teoria das Restrições, uma estratégia adequada deve começar com o desenvolvimento de uma vantagem competitiva predominante, ou via produtos com alto potencial tecnológico ou então através de procedimentos administrativos consistentes com a realidade atual (políticas e valores da empresa baseados no “mundo do ganho”). O próximo passo a seguir deve procurar meios de segmentar o mercado, estabelecendo-se uma vantagem competitiva predominante em muitos segmentos de mercado.

Uma vez que o mercado não pode ser previsto com exatidão, ou seja, ele pode oscilar e ficar abaixo da capacidade produtiva da empresa e, como demitir empregados deixando-os insatisfeitos fere uma das condições necessárias ao alcance da meta (neste ponto Goldratt menciona a diferença entre não ter dinheiro e não ter lucro, ou seja, uma política de demissões - corte de custos - só seria viável quando a empresa estiver com sérios problemas de caixa e não quando seu lucro líquido total estiver declinando) então, uma boa estratégia deve impedir que o mercado caia a ponto de se criar uma alta ociosidade na empresa.

Para que isto seja possível, deve-se procurar alocar cada empregado a vários segmentos de mercado ao invés de apenas um, desenvolvendo novos produtos que exijam praticamente os mesmos recursos já existentes. Goldratt argumenta que o que se faz geralmente é segmentar os recursos e a mão-de-obra, em lugar de segmentar o mercado.

A estratégia organizacional da Teoria das Restrições deve conter ainda mais dois pontos importantes. O primeiro é que, mesmo havendo uma vantagem competitiva predominante num segmento, este não deve ser explorado plenamente. O segundo consiste em precaver a empresa de entrar em segmentos que possuem alta probabilidade de todos declinarem ao mesmo tempo. Disto resulta que, se surge um segmento mais lucrativo, a empresa abandona outros menos remunerativos e passa a dar mais ênfase ao primeiro, ao mesmo tempo que, se um segmento cai, a empresa pode mudar o foco para outros segmentos, uma vez que seus recursos são flexíveis.

Desta forma, dificilmente a empresa necessitará demitir empregados e todas as três entidades - acionistas, mão-de-obra e mercado - serão simultaneamente satisfeitas pela estratégia empresarial desenvolvida.



## **4 SOLUÇÃO PROPOSTA PELA TOC PARA PROBLEMAS DE MANUFATURA**

Este capítulo destina-se a apresentar o mais conhecido dentre os vários aplicativos elaborados pela Teoria das Restrições, o seu sistema logístico de produção conhecido como Tambor-Pulmão-Corda (TPC) e Gerenciamento de Pulmão (GP). Este sistema foi primeiramente descrito em “A Meta” (GOLDRATT & COX, 1995) e tornou-se relativamente conhecido no mundo acadêmico e empresarial.

Para tanto, serão primeiramente discutidos alguns pressupostos chaves em que se sustentam alguns conceitos geralmente aceitos como corretos pelos diversos sistemas de administração de produção. Conforme tais paradigmas são aflorados no decorrer do capítulo, serão apresentados nove princípios que fundamentam e facilitam o desenvolvimento do método TPC/GP. Em tópicos subseqüentes serão tratadas outras questões referentes ao método além de uma confrontação do mesmo com alguns aspectos do movimento Qualidade Total/*Just In Time*.

### **4.1 O papel do estoque de material em processo em ambientes de manufatura**

Como já anteriormente sublinhado, os níveis de inventário de produtos em processo não impactam a saúde financeira das organizações apenas através de seu custo de carregamento. A crença que estes afetarão somente os níveis de despesa operacional da empresa e que, portanto, nada contribuem para o aumento do ganho da firma, foi totalmente abolida do pensamento vigente na grande maioria das modernas empresas de manufatura.

Com o surgimento de novas filosofias administrativas como o *Just in Time*, por exemplo, a importância e o papel do estoque em empresas de manufatura começou a mudar, deixando de ser visto apenas como um ativo patrimonial e sim, como um passivo operacional. Tal mudança não é devida tão somente como resultado de estudos e pesquisas de gestão da produção mas também, e principalmente, como

resultado das fortes pressões do mercado que passou a exigir das empresas produtos de qualidade, preços baixos e excelência nos serviços ofertados.

De fato, as organizações compreenderam que o estoque de material em processo que as fábricas retinham em suas operações estavam, na verdade, impedindo que estas conseguissem operar com altos níveis de qualidade, custos baixos e com respostas rápidas às exigências de mercado.

Tradicionalmente, os gerentes ligados à área de manufatura costumavam ver os inventários como uma barreira que os protegia das incertezas próprias do ambiente de manufatura, como desgastes de equipamentos e ferramentas, problemas de qualidade, quebras de máquinas, falta de material para processar, variações nos tempos de *setup*, ou então inerentes ao ambiente externo da empresa como imprevisibilidade da demanda, mudanças nos prazos e especificações dos clientes, atrasos ou rejeições de lotes comprados de fornecedores, etc. O que estes gerentes não compreenderam é que a companhia deve aprender a administrar e combater estas incertezas ao invés de usar imensas pilhas de material em estoque como uma parede para isolar a fábrica destas perturbações e assim, permitir uma certa independência entre departamentos e operações de manufatura.

O mercado competitivo atual exige uma nova postura administrativa, onde as incertezas não sejam mais encobertas ou ignoradas e sim, que se crie procedimentos gerenciais e logísticos efetivos para eliminá-las ou controlá-las. Altos estoques de material em fabricação inibem a empresa de entrar num processo de melhoria contínua, pois estes escondem as ineficiências dos processos, impedindo que os problemas da empresa possam ser identificados e posteriormente eliminados.

Pode-se notar graves desvantagens em empresas que operam com altos níveis de estoque de material em processo quando as compara com outras que operam em ambientes de produção enxutos, ou seja, com baixos níveis de estoque. GOLDRATT & FOX (1989) e UMBLE & SRIKANTH (1990) demonstraram como altos níveis de inventário de produtos em processamento influenciam negativamente três fatores competitivos essenciais para o sucesso de qualquer organização.

Qualidade dos produtos: é de aceitação universal nos dias de hoje dizer-se que alta qualidade não se consegue mais tão somente a partir de inspeções finais de

produtos acabados, mas sim, através de um eficiente controle de todo o processo produtivo. Tal tese foi primeiramente defendida pelo Dr. Edwards Deming que afirmava, dentre seus quatorze princípios, que qualidade se faz com o foco voltado para a melhoria dos processos e não na inspeção final dos produtos. Não é segredo para ninguém que algumas empresas japonesas, pioneiras no seguimento dos mandamentos de Deming, são hoje mundialmente respeitadas em seus ramos de atividades. Mas onde é que os níveis de inventário de material em processo afetam a qualidade dos produtos ofertados pela empresa?

Para que uma empresa possa alcançar bons desempenhos em suas operações produtivas, esta deve prover uma política que incentive e capacite sua força de trabalho a identificar e corrigir as disfunções encontradas, além de tomar medidas para que estas nunca mais voltem a ocorrer. No entanto, uma questão crítica é a forma como o *lead time* das operações afetam a habilidade da empresa em implementar a abordagem de Deming de melhoria contínua. Grandes inventários de itens em processamento implicam em longos *lead times* de produção, pois maiores serão os tempos de fila que as peças terão que aguardar antes de serem processadas. Se uma fábrica opera com grandes quantidades de material em processo (causadas, por exemplo, por uma política de incentivos a grandes lotes de processamento como meio de reduzir os custos de *setup*), esta terá imensas dificuldades de rastrear as causas dos defeitos e corrigi-los antes que ocorram outros danos.

Suponha, como ilustração, que num determinado ambiente fabril, devido aos longos períodos de espera, uma peça seja identificada como defeituosa num certo recurso somente após 80 horas (ou dez dias de trabalho da empresa) de iniciada sua produção no recurso anterior. O problema é que, depois de todo este tempo, muito provavelmente um lote inteiro deste produto já foi manufaturado no primeiro recurso do roteiro da peça e a empresa perdeu, no mínimo, 80 horas de produção deste recurso. Mesmo que a empresa não necessite sucatear todo o lote, ela terá imensas dificuldades para encontrar tempo e recursos disponíveis para retrabalhar todas as peças e ainda embarcar o produto dentro do prazo. Na verdade, muito provavelmente este lote será expedido com atraso, mais caro devido às horas-extras despendidas e ainda poderá acarretar futuros problemas nos pedidos subsequentes.

Mas isto não é tudo. Se o recurso responsável pela disfunção encontrada é o primeiro do roteiro, qual a chance de se identificar a verdadeira fonte do problema duas semanas depois deste ter ocorrido? Quais eram as reais condições de processamento do recurso naquele dia? Quem irá assumir a autoria do erro após todo este tempo?

Por outro lado, se esta mesma empresa, devido a métodos mais sofisticados de sincronização da produção, eliminasse boa parte de seu inventário em processo fazendo com que os materiais fluíssem com mais rapidez entre os recursos, a situação poderia ser completamente diferente. Este mesmo problema teria sido identificado bem mais cedo, com apenas uma pequena parcela do lote já processada no primeiro recurso, pouca perda de tempo deste e dos demais recursos da fábrica, e ainda com boa probabilidade deste pedido ser embarcado a tempo. Como o recurso responsável pelo problema de qualidade está ainda fabricando as unidades defeituosas, a causa da disfunção pode ser localizada e corrigida com maior facilidade. Desta forma, a empresa perde pouca capacidade dos recursos, pouco material e o processo de melhoria contínua poderá alcançar o sucesso desejado.

Serviço ao cliente: entende-se por excelência nos serviços prestados ao cliente um bom desempenho nos prazos de entrega e baixos *lead times* cotados. Para se entender como os níveis de inventário afetam a qualidade dos serviços ofertados por uma empresa, deve-se lembrar primeiramente que o *lead time* para qualquer pedido é diretamente proporcional a quantidade de estoque em processo presente no sistema, ou seja, quanto maior o nível de material em processo, maior é o tempo que um determinado produto leva desde que material é liberado no sistema até este estar devidamente pronto para embarcar. Como já explicado, tal relação se deve ao elevado tempo de espera em fila que este produto terá que enfrentar em ambientes com altos índices de inventário de itens em processamento.

Empresas que carregam excessos de material em processo para proteger o sistema de incertezas e assim manter altas eficiências locais terão, garantidamente, altos *lead times* de manufatura. O resultado imediato é que estes ambientes terão baixa capacidade de resposta às exigências do mercado.

Sendo o prazo de entrega cotado pelo fornecedor um importante requisito em situações de forte competitividade, as empresas que tiverem *lead times* acima do padrão do mercado terão grandes dificuldades em conseguir novos pedidos. Por outro lado, aquelas companhias que possuem *lead times* inferiores às exigências do mercado terão enormes vantagens, especialmente no que se refere ao ganho da parcela dos clientes que necessitam de prazos inferiores à média de mercado.

Outro aspecto importante que deve ser considerado é o desempenho no cumprimento dos prazos prometidos. Mais uma vez, empresas que operam com baixos níveis de estoque e portanto com baixos *lead times* levam vantagem também neste aspecto.

Novamente, a título de ilustração, suponha que o *lead time* padrão de um determinado ramo de atividade fabril seja de 10 semanas. O que aconteceria se uma empresa que viesse a competir neste mercado possuísse um *lead time* de 15 semanas? Uma vez que o padrão estabelecido pelo o mercado é de 10 semanas, muito provavelmente os compradores irão efetuar seus pedidos em média 10 semanas antes destes serem necessários. Isto é, dificilmente os clientes alterarão suas especificações a menos de 10 semanas do pedido ser entregue, da mesma forma que se o pedido fosse efetuado com uma antecedência maior do que 10 semanas, os compradores se sentiriam confortados em alterá-lo até o prazo cotado pelo mercado. Assim, enquanto as empresas que trabalham com *lead times* abaixo de 10 semanas irão operar basicamente com pedidos firmes, aquelas empresas que possuem *lead times* maiores que o padrão de mercado terão que operar com índices de previsibilidade de demanda.

No caso da empresa fictícia cujo *lead time* é de 15 semanas, esta deverá iniciar sua produção com uma antecedência de 5 semanas em relação a data de recebimento dos prováveis pedidos. Uma vez que a acuracidade das previsões se deteriora a medida que o tempo se estende ao futuro, tal empresa estará baseando todo seu sistema de produção num pobre conhecimento da real demanda de seus produtos. Um possível resultado disto tudo é que esta empresa irá conviver com atrasos na entrega de alguns produtos e ainda contar com grandes quantidades estocadas de outros itens acabados para os quais não há demanda.

Preços baixos: preços mais baixos que a concorrência representam uma clássica vantagem competitiva dentro de mercados exigentes. Empresas que conseguem operar com altas margens têm flexibilidade de optar por dois caminhos estrategicamente distintos. Uma opção é reduzir a margem de ganho reduzindo preços e desta forma criar um claro diferencial competitivo no mercado, além é claro, de estabelecer barreiras para entrada de novas companhias no ramo em que opera. Outra alternativa é operar com preços próximos ao padrão do mercado e utilizar suas margens altas para investir em setores que poderão lhe proporcionar vantagens de longo prazo mais sustentadas como vendas, publicidade, pesquisa e desenvolvimento, etc.

Preços baixos ou altas margens implicam, geralmente, que a empresa trabalhe com custos baixos (uma outra forma, menos comum, de se operar com altas margens é através do desenvolvimento de produtos diferenciados que agreguem alto valor na percepção do cliente). Dois fatores são especialmente responsáveis pelos custos das empresas: as despesas operacionais e o nível de investimento na fábrica ou em equipamentos. Desta feita, para que uma companhia se torne um produtor de baixo custo, esta deve ser capaz de reduzir a um mínimo ótimo suas despesas operacionais e evitar ao máximo investimentos desnecessários.

Como brevemente explicado anteriormente, empresas que operam altos inventários de itens em processamento terão longos *lead times*. O que talvez não tenha ficado muito claro até este ponto é que *lead times* extensos acabam levando as empresas, que objetivam ter prazos de entrega dentro do padrão estabelecido pelo mercado, a gastar largas somas de dinheiro com horas-extras, interrupções nos lotes em processamento, superativação de recursos produtivos, desvios de materiais ao longo do roteiro de produção, além de incentivar um ambiente altamente nocivo de correrias e urgências. O fato é que a maioria dos gerentes, quando detectam estes tipos de ocorrências dentro de sua fábrica, acabam, quase que inconscientemente, estimulando ainda mais o aumento dos níveis de estoque como meio de se proteger e evitar aquelas situações indesejáveis. O problema é que tais ações implicam *lead times* ainda maiores, jogando a empresa em uma verdadeira espiral descendente.

Voltando à ilustração anterior, se aquela empresa cujo *lead time* é de 15 semanas, deseje expedir seus produtos dentro do prazo médio estabelecido pelo mercado de 10 semanas, não lhe restará outra alternativa que não seja a de recorrer a freqüentes usos de horas-extras. Mesmo que a empresa dê certa atenção especial a um determinado pedido, dando-lhe prioridades de processamento em relação aos demais pedidos em trânsito na fábrica (note que o *lead time* de uma determinada ordem de produção pode variar de acordo com o grau de prioridade que lhe é estabelecido na programação dos pedidos ou durante sua execução, ou seja, torna-se inútil tentar estabelecer valores de *lead times* de ordens específicas como dados de entrada para sistemas de programação, como o faz o MRP; o *lead time* das tarefas é resultado da forma em que se faz a programação e não a informação de entrada para esta) e assim reduzir seu tempo de fila e conseqüentemente seu *completion date*, tal ação afetará os demais pedidos, que ficarão ainda mais para trás no programa. O resultado são novos gastos com mais horas-extras e um caos ainda maior dentro do ambiente da fábrica.

O nível de investimento também fica afetado em ambientes com altos índices de estoque em processo. É fato muito comum em empresas de manufatura que as maiores pressões na tentativa de cumprimento das datas prometidas de entrega recaiam geralmente nas últimas operações do roteiro de produção do produto. Lembrando que a grande maioria dos ambientes impregnados por excessos de inventário de material em processo são governados por políticas advindas de sistemas de custeio baseados em ótimos localizados, uma boa explicação para este tipo de fenômeno não é uma tarefa das mais difíceis.

Nas primeiras semanas do mês, a fábrica opera de acordo com aquilo que foi planejado e programado, com todos os recursos buscando atingir altas eficiências, grandes lotes são processados para se reduzir os custos de preparação das máquinas e assim por diante. Os sistemas tradicionais de desempenho impõem boa parte das condições em que a fábrica deve trabalhar, para que esta seja “eficiente” e seus custos “minimizados”. A ênfase está na eficiência e nos índices de utilização de máquinas, trabalhadores ou departamentos específicos.

No entanto, medidas de eficiência locais levam a grandes lotes de produção que, por sua vez, resultam em excessos de material em processo para atender às

necessidades de curto prazo de alguns itens enquanto outros, devido às limitações de capacidade de alguns recursos, sofrerão uma forte escassez. Assim, enquanto alguns recursos terão imensas pilhas de material para processar, outros estarão ociosos, esperando que as peças que lhe foram programadas sejam finalmente processadas pelos recursos anteriores a eles na rota de produção. Esta situação de constantes excessos e faltas de material para trabalhar dão a falsa impressão de que estão surgindo alguns gargalos pela fábrica.

Os resultados negativos destes pobres programas de produção são percebidos com mais clareza pela gerência apenas quando as datas de embarque dos pedidos estão prestes a serem efetivamente comprometidas. Neste ponto, os gerentes abandonam seus relatórios de eficiência emitidos pela controladoria e passam a intervir no processo de uma maneira mais efetiva, buscando a melhoria do desempenho global da organização. Todas as energias são agora direcionadas para conclusão das ordens atrasadas.

Uma vez que políticas de grandes lotes de processamento fazem com que os materiais fluam em forma de ondas pelos recursos, os últimos centros produtivos estarão recebendo seus materiais para processar muito tarde no programa, com grandes probabilidades de atrasos nos pedidos. Eficiências são agora ignoradas e o uso de horas-extras nestes centros de trabalho torna-se vital. Como este tipo de situação é comum em praticamente todos os períodos relatados (conhecida nos ambientes de manufatura como “síndrome do final do mês”) os supervisores dos últimos recursos no roteiro de produção acabam convencendo a alta administração de que lhes faltam capacidade para atender a demanda.

É claro que, devido ao fato que as verdadeiras restrições neste caso serem de ordem político-comportamental e não física (não há uma real falta de capacidade no sistema), os equipamentos extras adquiridos estarão, certamente, sendo subutilizados. A conclusão imediata é que os investimentos realizados foram muito maiores do que deveriam ter sido e que, conseqüentemente, haverá um incremento desnecessário nos custos e uma redução proporcional na margem de lucro da empresa.

Do que foi acima exposto, fica evidente que altos níveis de estoque em processo deterioram o potencial competitivo da empresa em três grandes frentes:



qualidade do produto, capacidade de responder eficientemente às exigências do mercado consumidor e preços baixos. Deve também ter ficado claro que a quantidade de estoque de itens em processamento retidos nas fábricas é resultado direto da forma como se administra as operações de manufatura do sistema e que, por sua vez, são dependentes das medidas de desempenho utilizadas para avaliá-las.

Como a eliminação em definitivo de todas as incertezas que recaem sobre qualquer sistema de manufatura é uma tarefa virtualmente impossível, não resta às empresas outra alternativa que não seja projetar e gerenciar suas fábricas de modo que os produtos possam fluir suave e rapidamente pelos recursos sem necessidade de excessos de inventário e grandes filas de peças aguardando sua vez para serem processadas em seus respectivos recursos.

Tradicionalmente, acreditou-se que uma maneira eficaz de se obter estes resultados seria através de uma planta fabril onde todos os recursos possuíssem as mesmas capacidades produtivas e que estas permitissem atender às demandas de mercado sem necessitar de excesso de capacidade no sistema. Se possível, tudo deveria estar equilibrado, as capacidades dos recursos de produção com a demanda pelos produtos da empresa. Grandes investimentos em pesquisas, metodologias e esforços dos gerentes de produção foram e continuam sendo gastos com o intuito de se alcançar o êxito pretendido. Mas será que um sistema onde as capacidades dos centros produtivos estejam idealmente balanceadas é a melhor solução?

## 4.2 Capacidade balanceada: mais um reflexo da constante busca por ótimos

### locais

É prática comum nas empresas de manufatura a busca constante pelo balanceamento das capacidades produtivas dos recursos da empresa, ou seja, procura-se alcançar uma situação onde a capacidade de todos os recursos esteja aproximadamente equilibrada com a demanda de mercado. Tal prática é justificada pela tentativa de se manter todos os recursos continuamente ativados, amortizando os investimentos realizados e procurando estabelecer um fluxo uniforme de materiais pela fábrica. Desta forma, evitar-se-ia que a empresa perdesse vendas por falta de capacidade de seus recursos ou, no caso de haver excesso de capacidade, que a mesma operasse com baixas eficiências. Esta última situação é vista como uma ótima oportunidade de redução de custos a partir da venda deste excesso de capacidade.

Deve-se sublinhar, no entanto, que a permanente procura por uma linha de produção balanceada advém de causas mais profundas localizadas principalmente nas práticas convencionais da contabilidade de custos. Este modo de pensar nos faz acreditar na idéia que se utilizarmos todos os recursos ao máximo estaremos ganhando mais dinheiro. Como os sistemas de produção são desbalanceados por natureza, uma forma de se conseguir altas eficiências é através da manutenção de altos estoques em processo. Mas como altos estoques também se constitui em uma situação indesejável, como já discutido anteriormente, a única saída parece ser mesmo a de balancear a capacidade dos recursos produtivos.

Deve-se lembrar que mesmo as empresas que operam com filosofias modernas de administração como o *Just in Time*, cuja premissa básica é trabalhar de acordo com as necessidades do mercado, produzindo sempre em resposta ao “o que”, “quanto”, e “quando” o cliente deseja determinado produto (sistema de puxar a produção), também lutam por um balanceamento de suas linhas de fabricação. Para tal, estas empresas fazem uso de uma mão-de-obra multifuncional e, portanto, flexível, para socorrer os postos de trabalho onde houver falta de capacidade produtiva, equilibrando a capacidade destes postos.

O que a maioria dos gerentes e engenheiros de produção não conseguem entender é por que tanto tempo e tantos recursos já foram gastos com insistentes

tentativas de balancear a fábrica, mas quando finalmente todos os recursos parecem estar com suas capacidades balanceadas o resultado operacional fica muito aquém do esperado. A produção não alcança o índice pré-estabelecido no programa, o *lead time* é maior que o desejado e o número de pedidos não atendidos ou atendidos fora do prazo cresce assustadoramente. Geralmente, a culpa pelo fracasso no desempenho da fábrica fica por conta de fatores externos e fora do controle da empresa como fornecedores “indisciplinados”, mudanças nos prazos e especificações dos pedidos, imprevisibilidade da demanda, entre outros.

Na realidade, boa parte da explicação de tudo isto está na existência de dois fenômenos presentes em todos os ambientes de produção (GOLDRATT & COX, 1995). Estes, apesar de extremamente conhecidos por todos aqueles que trabalham com processos de manufatura, não são devidamente considerados quando agem em conjunto.

O primeiro deles refere-se ao fato de que as tarefas de manufatura possuem uma seqüência de operações que são interdependentes, ou seja, uma operação tem que ser realizada antes que outra possa começar. A tal fenômeno se dá o nome de “eventos dependentes”, ou seja, um evento subsequente só pode realizar-se depois que outras atividades anteriores a ele ocorram. A seqüência de operações estabelecida na rota de produção de um certo item é um típico exemplo de dependência na manufatura. Desta forma, determinadas atividades só podem começar quando certas peças específicas necessárias para aquela operação estejam disponíveis. Estas peças, por sua vez, necessitam ser processadas por um determinado recurso que novamente dependerá do abastecimento de material de um outro recurso e assim por diante. Um outro tipo de dependência também muito importante em ambientes fabris são as dependências decorrentes de interações entre produtos que disputam um mesmo recurso. Situações deste tipo costumam ser tratadas nas questões referentes aos problemas de seqüenciamento de operações.

O segundo fenômeno está relacionado com a imprevisibilidade de certos eventos. Eventos incertos irão sempre ocorrer em sistemas como os de produção, de tal forma que qualquer operação da fábrica estará sujeita às denominadas “flutuações estatísticas”. Flutuações estatísticas resultam de diversos acontecimentos que não

podem ser previstos com exatidão como: pontualidade e qualidade de materiais comprados, quebra de máquinas, disponibilidade de ferramentas, absenteísmo, ausência de material para processar, capacidade do equipamento ou variações no comportamento do operador. Como consequência, o tempo de execução de uma mesma operação pode variar aleatoriamente ou de acordo com alguma recorrência estatística e, desta forma, os *lead times* das tarefas serão na verdade valores médios ou esperados dos tempos de processamento.

Com o objetivo de minimizar tais incertezas, as empresas lançam mão de diversas ferramentas provenientes principalmente do movimento da Qualidade Total como o Controle Estatístico de Processo em conjunto com certos diagramas de causa-efeito (diagrama “6 M” ou “Espinha de Peixe”), Manutenção Produtiva Total, padronização de métodos de trabalho, entre outras. Contudo, a menos que se tenha uma linha totalmente robotizada e com confiabilidade 100%, sempre existirão eventos imprevistos. Pode-se afirmar que as empresas simplesmente não possuem recursos suficientes para controlar todos os componentes aleatórios de todas as suas operações.

Ainda que para cada recurso, visto isoladamente, a soma de suas flutuações estatísticas tenda a zero, quando examinado a partir de uma cadeia seqüencial de operações (eventos dependentes), cada variação acima da média em qualquer elemento do sistema tende a não ser absorvida pelo sistema como um todo, enquanto que as flutuações abaixo da média são propagadas ao longo da cadeia. Assim, eventuais adiantamentos de determinadas tarefas não serão compensadas pelos atrasos em outras e o desvio médio em toda a seqüência de operações será negativo.

A tabela 4.1. procura demonstrar esta situação. Esta reflete resultados simulados de uma linha de produção formada por três recursos em seqüência com a mesma capacidade produtiva média de 100 peças/hora mas com uma variação de 20% em torno deste valor médio, ou seja, cada recurso pode produzir 80, 90, 100, 110 ou 120 peças por hora (a escolha de apenas cinco valores possíveis foi feita para facilitar a demonstração). Há apenas um único tipo de produto sendo manufaturado o que leva à inexistência de *setups*. Para que o recurso 2 possa iniciar suas operações, o recurso 1 deve ter concluído suas atividades. Da mesma forma o recurso 3 só poderá

começar a produzir depois que o recurso 2 concluir as suas. Nota-se, portanto, que os recursos produtivos são dependentes daqueles localizados em posições anteriores no roteiro de produção. Os números entre parênteses na coluna de um determinado recurso representa a quantidade de peças em estoque na frente deste recurso no final desta hora. A coluna “saída” representa a quantidade produzida por esta linha. Não há problemas com fornecimento nesta linha simulada, isto é, o recurso 1 não sofrerá nenhum tipo de problema de abastecimento. Não há também estoque inicial em processo. Os valores, obtidos aleatoriamente, estão assim expressos:

TABELA 4.1: Valores individuais e médios de produção de cada elemento produtivo em contraste com a quantidade produzida pela linha.

Horas	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Saída
1	80	100	90	80
2	100	120	110	100
3	110	(30) 80	120	80
4	90	(30) 90	100	90
5	120	(40) 110	(110) Quebra	0
6	100	(20) 120	(120) 110	110
7	90	(10) 100	(140) 80	80
8	110	(30) 90	(130) 100	100
9	120	(70) 80	(120) 90	90
10	Quebra	(0) 110	(70) 120	120
11	100	(10) 90	(80) 80	80
12	80	(0) 110	(80) 90	90
13	120	120	(100) 100	100
14	110	(30) 80	(70) 110	110
15	90	(20) 100	(170) Quebra	0
16	80	(0) 110	(150) 120	120
17	120	(0) 120	(170) 100	100
18	100	(20) 80	(170) 80	80
19	110	(40) 90	(170) 90	90
20	90	(130) Quebra	(60) 110	110
21	90	(120) 100	(60) 100	100
22	100	(130) 90	(40) 110	110
23	80	(100) 110	(60) 90	90
24	110	(130) 80	(20) 120	120
25	Quebra	(10) 120	(60) 80	80
26	110	(10) 110	(50) 120	120
27	120	(30) 90	(60) 80	80
28	90	(0) 120	(70) 110	110
29	80	(0) 80	(60) 90	90
30	100	(100) Quebra	(0) 100	60
Média	93.33	93.33	93.33	89.67

Com a finalidade de apurar e avaliar com maior rigor científico o desempenho de linhas de produção estritamente balanceadas, criou-se um programa computacional que permite uma simulação com um maior número de recursos de produção além de um maior número de horas (ou qualquer outra unidade de tempo). A partir deste programa, elaborado em linguagem Pascal e apresentado no apêndice 2 deste trabalho, pôde-se verificar algumas situações particularmente importantes. Com a finalidade de analisá-las, foram realizadas diversas simulações onde se variavam o

número de máquinas (ou recursos, centros de trabalho, células de produção, etc.) e a quantidade de ciclos de produção (um lote de produção, uma hora de trabalho, etc.). Para demonstrar os efeitos negativos resultantes da presença simultânea de flutuações estatísticas e eventos dependentes, obteve-se diversos dados advindos de algumas combinações de quantidades de máquinas e de ciclos de produção (tais resultados são valores médios calculados a partir de cinco simulações realizadas). A capacidade de produção dos recursos variam, neste caso, entre 80 e 120 peças por ciclo de produção, ou seja, a capacidade média dos centros produtivos é de 100 peças em cada ciclo. A tabela 4.2 a seguir apresenta os valores obtidos para a quantidade total de estoque em processo na linha ao final do último ciclo e a produção média extraída desta linha.

TABELA 4.2: Valores de estoque em processo e produção da linha a partir da variação do número de recursos e de ciclos de produção.

Número de recursos / número de ciclos	Total de estoque em processo na linha	Produção Média da linha
5 / 25	174	94,43
5 / 50	229	95,30
5 / 100	245	97,15
5 / 150	391	97,45
10 / 25	220	90,78
10 / 50	335	93,29
10 / 100	493	94,26
10 / 150	648	95,19
15 / 25	252	89,56
15 / 50	379	91,24
15 / 100	679	93,41
15 / 150	767	94,49
20 / 25	282	88,73
20 / 50	483	90,05
20 / 100	863	93,01
20 / 150	1066	93,62
25 / 25	336	85,95
25 / 50	620	88,43
25 / 100	898	91,70
25 / 150	1113	92,83

Pode-se notar a partir da tabela anterior, que quanto maior o número de centros de trabalho ou de ciclos de produção, o impacto dos efeitos combinados e

simultâneos da flutuação estatística e de eventos dependentes vai ficando cada vez mais evidente. Como verificado, conforme o número de recursos ou de ciclos vai aumentando, maior é o nível acumulado de estoque de material em processo. Isto pode ser facilmente explicável. Uma vez que a taxa de produção do primeiro recurso da linha tem média igual a 100 unidades/ciclo (não há, nesta simulação, problemas com fornecedores de matérias-primas ou componentes na linha) enquanto que a taxa média de produção, ou saída, da linha fica abaixo de 100 (as variações nas capacidades dos recursos tendem a limitar a produção total ao menor valor individual dos mesmos), existe uma tendência de aumento no volume de material em processo ao longo de toda linha. Como reflexo imediato, o sistema estará cada vez mais longe da quantidade de produção pretendida.

No entanto, parece ser perfeitamente cabível a seguinte pergunta: o fenômeno “eventos dependentes” não deveria desaparecer quando os níveis de estoque em processo sobem ao ponto de criar-se um certa “independência” entre cada recurso, ou seja, estes ficariam protegidos das flutuações dos elementos anteriores devido aos elevados níveis de estoque entre cada recurso?

Aparentemente a resposta deveria ser um enfático sim, mas o que acontece na realidade desmente este argumento. O volume total de estoque em processo relatado na tabela acima não se distribui linearmente entre os recursos como se poderia esperar. Os materiais em processo fluem em forma de ondas entre os recursos, acumulando-se primeiramente antes do primeiro elemento (ou do segundo no nosso caso, pois como já dito, não há problemas de abastecimento para o recurso localizado na primeira posição da linha), depois este material passa a localizar-se a frente do segundo centro de produção e assim sucessivamente até acumular-se a frente do último elemento. Neste ponto, à primeira impressão, parece que a linha vai começar a produzir exatamente à mesma taxa média do último recurso, ou seja, 100 peças/ciclo. Entretanto, tal situação parece persistir durante algum tempo até que todo aquele material acumulado a sua frente desaparece e o estoque volta a acumular-se antes do primeiro recurso. Dando-se prosseguimento à simulação, verifica-se que o ciclo continua, só que agora num patamar mais alto de inventário de material em processo.



De acordo com GOLDRATT & COX (1995), com o intuito de alcançar o balanceamento desejado, as empresas procuram tanto quanto possível, eliminar capacidades consideradas em excesso em determinados locais e assim, evitarem que qualquer recurso fique parado. No entanto, segundo os autores, quanto mais próximo se chega de uma fábrica balanceada mais perto se está da falência, pois, em termos da meta, tal atitude não resultará num aumento do ganho (ou seja, das vendas) enquanto que o inventário e a despesa operacional também não diminuirão. Goldratt e Cox citam ainda que devido à combinação dos dois fenômenos anteriormente citados, pode-se provar matematicamente que quando a capacidade produtiva é reduzida exatamente até a demanda de mercado, nem mais nem menos, o ganho cai e o inventário aumenta até o teto. E, como o inventário aumenta, o custo de manter o inventário, que é despesa operacional, sobe.

Todavia, os efeitos comentados acima não acontecem, na realidade, exatamente como foi demonstrado na simulação. Por que? Uma possível resposta decorre do fato que a administração, ao perceber que seus níveis de inventário estão aumentando e que a produção esperada não está sendo alcançada, toma medidas que acabam levando ao desbalanceamento da linha, como uso de horas extras, por exemplo.

Os gerentes costumam gastar boa parte do seu tempo procurando equilibrar a capacidade de seus recursos produtivos. No entanto, quando a empresa finalmente consegue alcançar um estágio de balanceamento que poderia se chamar de “desejável” a fábrica começa a atrasar seus pedidos à medida que aumenta os níveis de estoque em processo. “As conseqüências de uma fábrica perfeitamente balanceada, com nenhum excesso de capacidade, não são bem entendidas. Em uma fábrica de manufatura, excesso ou capacidade não utilizada num dado recurso é geralmente visto como custo em excesso. Em sistemas tradicionais de custeio, este excesso de custo é freqüentemente o foco de projetos de redução de custos. Em uma vã tentativa de minimizar os custos em cada processo/recurso, muito gerentes de produção gastam um tempo considerável tentando balancear as capacidades dos recursos em suas fábricas. Mas quando o excesso de capacidade é eliminada, a capacidade de reação dos vários recursos desaparecem e o inevitável acontece. A fábrica começa a ficar

para trás no plano de produção (intervalos formarão e crescerão) enquanto que inventários de produto em processo aumentam e o ganho fica prejudicado. A culpa pelo não cumprimento dos prazos é atribuída a fatores incontrolláveis. Enquanto isso, os gerentes têm que recorrer ao uso de horas extras, ou outros meios disponíveis de aumentar a capacidade e desta forma atender o plano de produção. Ironicamente, os gerentes estarão pagando um prêmio extra pela capacidade que tanto trabalharam para colocar em ordem.” (UMBLE & SRIKANTH, 1990, pp. 63).

UMBLE & SRIKANTH (1990), ressaltam também que as operações em qualquer ambiente de manufatura jamais estarão realmente balanceadas. Os dois fatores que mais contribuem para o inerente desbalanceamento das capacidades dos recursos são: (1) a maneira como se dá o incremento de capacidade e (2) a presença de flutuações estatísticas e eventos dependentes que forcem os gerentes a desbalancearem suas fábricas. O primeiro aspecto refere-se ao fato que, muitas vezes, para se conseguir um perfeito balanceamento das capacidades produtivas, um particular recurso deverá trabalhar com 3.45 operadores enquanto que deve-se ter 4.78 de uma outra determinada máquina. Para evitar-se o excesso de capacidade, muito provavelmente a empresa optará por 3 operadores e 4 máquinas daquele tipo e lançará mão de horas extra para aumentar a capacidade destes centros produtivos. O segundo fator diz respeito aos efeitos indesejáveis da presença simultânea de flutuações estatísticas e eventos dependentes sobre os estoques de produtos em processamento, *lead times*, despesa operacional e ganho.

Desta forma, ainda segundo os autores, sem uma apropriada quantidade de reserva de capacidade, o ganho, inventário, despesa operacional e o *lead time* são negativamente afetados, e a empresa será incapaz de operar eficientemente. Finalmente, os gerentes não terão alternativa a não ser dirigir fábricas desbalanceadas.

A discussão anterior leva ao surgimento do primeiro mandamento ou princípio da Teoria das Restrições no que se refere às práticas de administração dos sistemas produtivos.

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

Uma vez que as fábricas não podem ser convenientemente balanceadas, haverá sempre alguns recursos que terão mais capacidade disponível que outros. Surge, desta forma, a necessidade de se estudar e definir cuidadosamente alguns tipos especiais de recursos que são fundamentais na determinação do cadenciamento e do máximo fluxo de material pela fábrica.

### **4.3 Restrições de capacidade**

Fábricas com restrições de capacidade são muito comuns em empresas de manufatura. Tais condições ficam ainda mais evidentes quando o mercado em que estas estão inseridas passa por um período de aquecimento da economia. Nestes tipos de ambientes, devido às grandes dificuldades que os administradores de produção encontram para satisfazer a demanda de produtos imposta sobre a empresa, fica a impressão que a fábrica possui gargalos reais ou, que é ainda mais freqüente, gargalos mudando de lugar por toda a fábrica. No entanto, restrições de capacidade não implicam, necessariamente, na existência de gargalos dentro do processo produtivo. Para se evitar equívocos quanto ao conceito mais amplo de restrição de capacidade e gargalo propriamente dito, definir-se-á a seguir alguns termos importantes e essenciais ao entendimento dos demais tópicos deste trabalho.

Um sistema produtivo possui restrições de capacidade quando a capacidade disponível de um de seus recursos pode ser insuficiente para satisfazer a carga de trabalho necessária para apoiar o ganho desejado (UMBLE & SRIKANTH, 1990). Ambientes deste tipo estão em constante luta para evitar interrupções no seu fluxo produtivo. Sublinha-se, entretanto, que muitas vezes as restrições de capacidade são, na realidade, reflexos de restrições políticas da empresa, especialmente aquelas fundamentadas nos preceitos da contabilidade de custos tradicional.

Existem dois tipos de restrições de capacidade. Um tipo é representado pelos gargalos de produção. O outro, e talvez mais importante que o primeiro para fins de sincronização da produção, corresponde aos chamados Recursos com Restrição de Capacidade ou RRCs. Uma definição formal destes dois conceitos pode ser encontrada em notas de aula do curso “Logística de Produção” (CALIA, 1995c) ministrado pelo Avraham Y. Goldratt Institute do Brasil, que os expressa da seguinte forma:

**Gargalo:** qualquer recurso de capacidade menor ou igual à demanda solicitada do mesmo.

**Recurso com Restrição de Capacidade:** é o recurso que estabelece o máximo fluxo de uma malha produtiva.

Como observação, a mesma publicação define Malha Produtiva como um conjunto de linhas de produção que tem pelo menos uma operação comum.

A primeira dúvida que pode surgir da leitura das definições anteriores é se um RRC é um recurso gargalo ou não-gargalo. Através de um exemplo numérico, UMBLE & SRIKANTH (1990, p.88-91) ilustram as principais diferenças entre gargalos e RRCs. A seguir é reproduzido o mesmo exemplo utilizado pelos autores e é delineada uma explicação mais sucinta que aquela apresentada no texto de origem.

Suponha que uma determinada fábrica manufacture dois produtos distintos A e B. Para obtê-los, estes devem ser processados pelos recursos R1, R2, R3 e R4 nesta seqüência. Existe também uma demanda média diária de 2 unidades do produto A e 5 unidades de B por dia. A tabela 4.3 reproduz as informações referentes ao tempo que cada produto leva em cada recurso, a capacidade que cada um terá que dispor para atender a demanda e as capacidades diárias disponíveis destes recursos.

TABELA 4.3: Consumo e capacidade de cada recurso

Demanda média diária		Tempo em horas dos recursos necessárias para produzir cada unidade do produto			
		R1	R2	R3	R4
Produto A	2 unidades	3	2	9	1
Produto B	5 unidades	5	4	1	1
Capacidade necessária e disponível					
		R1	R2	R3	R4
Capacidade diária necessária		31	24	23	7
Capacidade diária disponível		24	24	24	24

Relembrando a definição de gargalo e observando os dados registrados na tabela, nota-se que R1 e R2 são recursos gargalos pois os tempos de processamento

necessários nestes recursos supera ou iguala o tempo de processamento disponível por dia de produção. Inversamente, R3 e R4 são recursos não-gargalos desde que seus tempos de processamento necessários são menores que suas disponibilidades. E quanto aos RRCs, será que um destes recursos é um RRC?

Em primeiro lugar, toda malha produtiva terá ao menos um RRC, ou seja, haverá sempre pelo menos um recurso que imporá o máximo fluxo desta malha. Mas qual ou quais destes quatro recursos da linha hipotética é um RRC?

Para responder esta pergunta deve-se lembrar que, mesmo que uma determinada malha possua mais de um gargalo, o fluxo real do produto não será controlado por todos os gargalos presentes. Haverá sempre um que estará mais sobrecarregado que outros e que determinará o máximo fluxo da fábrica. Neste exemplo, ainda que R1 e R2 sejam gargalos, a velocidade de processamento de R1 é menor que R2 e, portanto, R1 controlará R2 e todo o fluxo de material do sistema.

Qualquer interrupção no fluxo de material em R1 fatalmente resultará em perda de ganho de todo o sistema. Por outro lado, ainda que R2 também seja um gargalo, ele não é uma restrição do processo e não precisa ser considerado no planejamento do fluxo do produto. Desta forma, o recurso R1 deve ser visto como um RRC enquanto R2 não.

O autor salienta também que restrições de capacidade não surgem apenas quando se considera o fator “quantidade”, mas também o fator “tempo”. Ainda que os gargalos governem as quantidades máximas a serem produzidas, existem alguns recursos não-gargalos que, dependendo da forma como são programados, podem interromper o fluxo de materiais e impactar a habilidade da fábrica em entregar seus produtos no prazo prometido. Tais recursos devem ser considerados durante a etapa de programação da produção.

O que geralmente acontece com estes tipos de recursos é que, ainda que a carga média depositada sobre eles seja inferior à capacidade que o mesmo tem disponível dentro de um determinado período de planejamento, estes recursos ficam ociosos durante parte deste período e extremamente sobrecarregados em outros momentos. Se não houver possibilidade de se deslocar os picos de carga para os dias subsequentes, de forma que o recurso tenha capacidade disponível para completar

todas as tarefas designadas a ele, então o mesmo deve ser considerado como um RRC. A figura 4.1 retrata este tipo de situação para um plano de 10 dias de produção de um certo recurso.

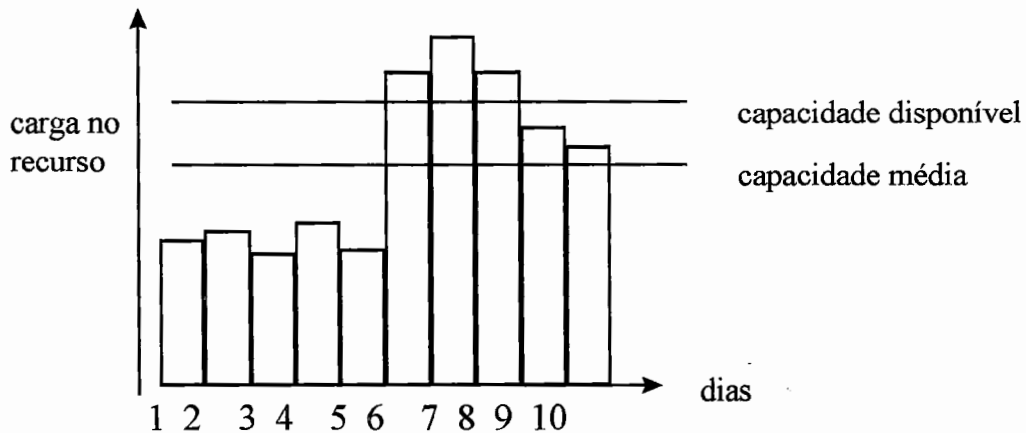


FIGURA 4.1: Perfil de carga de um recurso.

Note que a carga média no recurso é menor que sua capacidade disponível. Entretanto, devido ao período de baixa utilização nos cinco primeiros dias, o recurso estará impossibilitado de cumprir o plano de produção programado para estes dez dias. O excesso de trabalho dos dias 6, 7 e 8, mesmo que transferidos para os dias 9 e 10, jamais poderão ser completamente compensados pela sobra de carga dos dois últimos dias. Logo, recursos que apresentam perfis de carga como este deverão ser considerados na programação, mesmo que eles não sejam um gargalo ou mesmo o recurso de menor capacidade do sistema. Uma forma de lidar com este tipo de situação é explicada no tópico 4.8.2.1, referente a pulmões dinâmicos.

Voltando-se ao exemplo da tabela 4.3, pode-se observar que R3 é um recurso com grande potencial para interromper o fluxo de material no sistema e portanto atrasar entregas de eventuais pedidos. UMBLE & SRIKANTH (1990) demonstram esta afirmação através de um exemplo. Suponha agora que a fábrica receba um pedido de 20 unidades de A e 50 unidades de B para serem entregues em 11 dias ou 264 horas. Ciente da existência do recurso restritivo R1, a empresa subcontrata 7 horas de tempo de processamento no recurso R1 por dia para os próximos 10 dias. Para simplificar, não existe nenhum tipo de estoque de produtos em processamento na fábrica.

Se se fizer uma análise voltada apenas ao aspecto capacidade disponível/capacidade necessária, pode-se verificar que todos os recursos terão capacidade e tempo suficiente para cumprir o plano. O recurso R1 necessitará de 310 horas para processar o pedido, mas desde que 70 horas foram subcontratadas, ele precisará, na verdade, de apenas 240 horas. Da mesma forma, os recursos R2, R3 e R4 precisarão de 240, 230 e 70 horas, respectivamente, para satisfazer o programa. Uma vez que a entrega do pedido está prometida para 264 horas, todos os recursos parecem ter suficiente capacidade para processar a ordem dentro do prazo estabelecido.

No entanto, quando se considera o fator tempo, podem surgir algumas surpresas desagradáveis. Suponha que o programa determine que se deva, inicialmente, processar todas as 20 unidades do produto A e somente depois as 50 unidades de B. Considere também que os lotes de produção podem ser sobrepostos de forma que quando a primeira unidade do lote é processada num recurso, esta é imediatamente transferida para o próximo recurso no roteiro. Este programa resultará num tempo total para completar a ordem de 246 horas (o recurso R1 completa seu trabalho em 240 horas, R2 termina seu trabalho 4 horas mais tarde, R3 termina após mais 1 hora e R4 após outra hora, totalizando 246 horas). O pedido pode, portanto, ser expedido 18 horas antes da data prometida.

Por outro lado, um resultado completamente adverso ocorre quando se inverte a seqüência de processamento. Se o programa impor que se produza primeiro as 50 unidades de B e depois as 20 unidades de A, este ficará destinado ao fracasso. Por que? Nos primeiros 8 dias, o recurso R1 tem 248 de capacidade disponível (8 dias vezes 31 horas por dia). As 50 unidades de B requererão um total de 250 horas neste recurso. Logo, a última unidade de B é terminada em R1 após 8 dias mais 2 horas. Em tempo real, isto pode ser convertido para 194 horas (8 dias x 24 horas por dia + 2 horas). Portanto, o produto A só poderá iniciar seu processamento em R1 após 194 horas. Após 3 horas de processamento em R1, a primeira unidade de A é movida para o recurso R2 que termina de processá-la em mais 2 horas e a envia para R3. Uma vez que R3 leva 9 horas para processar cada unidade de A, este necessitará de 180 horas para completar o pedido de 20 unidades de A. Finalmente o recurso R4 termina a



última unidade 1 hora depois que R3 completou suas tarefas. O tempo total transcorrido neste caso foi de 380 horas ( $194 + 3 + 2 + 180 + 1$ ). O pedido estará, neste caso, 116 horas atrasado.

O pedido atrasou porque o programa fez com que R3 ficasse um longo período ocioso quando o produto B estava sendo processado. Quando finalmente o produto A chegou para ser trabalhado em R3, não havia mais capacidade ou tempo suficiente para completar a ordem na data prometida. Claramente, o recurso R3 satisfaz as necessidades de um RRC. Logo, alguns gargalos podem não ser um RRC enquanto alguns não-gargalos poderão se caracterizar como um RRC. Outros recursos poderão ser tanto não-gargalo quanto não-RRC, como o caso do recurso R4, por exemplo. A tabela 4.4 resume o que foi discutido acima.

TABELA 4.4: Classificação dos recursos.

	Gargalo	Não-gargalo
RRC	Recurso R1	Recurso R3
Não-RRC	Recurso R2	Recurso R4

Definidos os tipos de restrições de capacidade, torna-se evidente que para obter-se um fluxo rápido e contínuo pela fábrica, deve-se respeitar as limitações presentes em determinados recursos. Deve ter ficado claro também que qualquer plano de produção necessita considerar os RRCs, pois estes serão os elementos fundamentais na definição dos programas de produção e no estabelecimento das datas de entrega aos clientes.

#### 4.4 Valor do tempo e o efeito das interações entre recursos gargalos e não-gargalos

Das definições apresentadas para gargalo e RRC, pode-se concluir que quando um recurso é simultaneamente gargalo e RRC (ou seja, o recurso de menor capacidade do sistema tem capacidade inferior à demanda imposta sobre ele), qualquer tempo desperdiçado neste recurso implicará em tempo perdido para todo o sistema, tempo este que não poderá mais ser recuperado. Da mesma forma, da definição de recurso não-gargalo, observa-se que se um recurso não-gargalo estiver programado para produzir o estritamente necessário para atender a demanda, este deverá ter, seguramente, parte do seu tempo ocioso, sem realizar nenhuma atividade produtiva.

As conseqüências que estas colocações têm sobre os esforços de melhoria do sistema e sobre a forma de avaliar e priorizar certas ações na fábrica são imensas. Suponha, por exemplo, que uma determinada empresa resolva entrar num amplo programa de redução de tempo gasto em *setups* de todos os seus equipamentos fabris. O que acontece quando se economiza uma hora de preparação num recurso gargalo e qual o impacto para a organização na redução de uma hora no tempo de *setup* de um recurso não-gargalo?

Qualquer redução no tempo gasto com preparações em máquinas gargalo liberará tempo extra que poderá ser convertido em horas adicionais para a produção. Se não há outras restrições que limitem o potencial produtivo deste elemento, esta capacidade produtiva extra significará ganho adicional para a empresa como um todo.

Reduções nos tempos necessários às preparações em recursos não-gargalos não resultarão, por sua vez, num incremento do tempo útil para a produção nestes recursos, desde que estes já possuem capacidade mais que suficiente para atender a demanda. Em tais recursos, qualquer economia nos tempos de *setup* implicará, apenas, num incremento dos períodos de ociosidade dos mesmos. Não haveria, portanto, nenhum aumento no ganho da empresa neste caso.

O mesmo raciocínio pode ser usado quanto aos tempos de processamento. Qualquer melhoria que beneficie um recurso gargalo, reduzindo seu tempo necessário para processamento, fatalmente resultará em tempo produtivo ganho para todo o

sistema. No entanto, qualquer melhoria de produtividade num recurso não-gargalo refletirá, na maioria das vezes, em pouco ou nenhum impacto operacional positivo para a empresa. Tais medidas não aumentarão o ganho e poderão, na melhor das hipóteses, implicar em certa redução na despesa operacional do sistema.

Analisando-se agora as conseqüências resultantes da perda de tempo em recursos gargalo e não-gargalo, percebe-se que este tempo desperdiçado em ambos os recursos reflete-se de forma diferenciada no resultado global da companhia. Como cada segundo de tempo disponível num recurso gargalo é necessário para satisfazer a demanda, qualquer tempo perdido neste recurso resultará em perda de ganho da fábrica toda. O valor do tempo perdido em tais recursos equivale à receita advinda da quantidade de produtos que poderiam ter sido produzidos e portanto vendidos durante este tempo, descontada apenas os “custos totalmente variáveis” incorridos (geralmente apenas matéria prima), (GOLDRATT & COX, 1995).

O mesmo já não pode ser dito quando tais desperdícios de tempo ocorrem em recursos não-gargalos. Como, por definição, tais recursos possuem parte do seu tempo sob forma de tempo ocioso, pode-se dizer que, de uma maneira geral, somente haverá perda de ganho para o sistema se o tempo perdido em tais recursos ultrapassar seu tempo de ociosidade inerente. Caso contrário, o sistema como um todo nada perdeu, a não ser com eventuais gastos com material.

Conclui-se, portanto, outros dois princípios da Teoria das Restrições no que tange à administração dos sistemas produtivos.

**Princípio 2:** *o tempo ganho num recurso gargalo é tempo ganho em todo o sistema.*

**Princípio 3:** *o tempo ganho num recurso não-gargalo é apenas ilusão.*

Nota-se que o elemento tempo é valorado de maneira distinta quando se analisa estes dois tipos de recursos. Assim, mais uma vez, enquanto os recursos gargalo devem gastar todo seu tempo produzindo ou realizando *setups*, os recursos não-gargalos **deveriam** ficar ociosos parte do seu tempo. Foi sublinhado aqui o termo “deveria” pois nem sempre é isto que acontece.

Devido ao uso de medidas de desempenho que focalizam ótimos localizados, ao invés de ótimos globais, muitas empresas acabam incentivando recursos que são não-gargalos a produzirem a uma taxa acima do necessário, isto é, acima das exigências impostas pela demanda de mercado. Para demonstrar os efeitos indesejáveis que a superativação de um recurso não-gargalo pode trazer ao sistema, GOLDRATT & COX (1995, p. 194-198) exhibe quatro combinações lineares “fundamentais” envolvendo recursos gargalos (sempre representados com a letra “X”) e não-gargalos (sempre representados com a letra “Y”). A interação entre eles é simbolizada com uma seta representando uma relação unívoca e cujo sentido indica o fluxo de peças de um recurso ao outro. Os quatro casos citados pelos autores são:

$$1. \quad Y \longrightarrow X$$

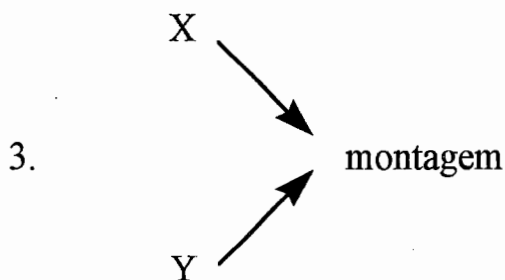
Quando situações deste tipo estão presentes em ambientes gerenciados com medidas tradicionais de desempenho, os recursos Y produzirão enquanto houver material disponível para ele trabalhar. Como o recurso X tem menos capacidade que Y, não deverá haver problemas também quanto a X ter quantidade suficiente de peças para processar. Logo, se for liberado material para a fábrica com o intuito de manter Y continuamente ocupado e desta forma obter bom desempenho no que tange às medidas tradicionais de eficiência e utilização, haverá um grande acúmulo de estoque de material em processo a frente do recurso X. Ainda que isto possa parecer bom sob um ponto de vista de ótimos locais, tal atitude torna-se totalmente contraproducente quando analisada de forma sistêmica.

Lembrando que o objetivo é aumentar o ganho e ao mesmo tempo reduzir o inventário e a despesa operacional, conclui-se que o recurso Y deveria ficar ativado apenas o suficiente para manter X ocupado 100% do seu tempo. Caso Y opere acima desta taxa, haverá aumento de inventário, aumento de despesas operacionais relacionadas aos custos de carregar estoques e ainda o ganho poderá ser inferior ao esperado em sistemas mais complexos num curto prazo e seguramente reduzido num longo prazo por manter altos estoques e assim deteriorar o potencial competitivo da organização.

2. X → Y

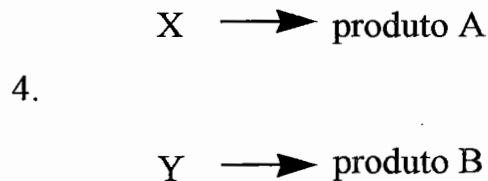
Neste caso, toda a produção passa primeiro por X antes de ser processado num recurso Y. Como o recurso X deve, por definição, procurar trabalhar todo o tempo que lhe é disponível para satisfazer ao máximo a demanda de mercado, deve-se fornecer material suficiente para isto. Porém, como Y é dependente de X e opera a uma velocidade superior, haverá certamente falta de peças para que Y possa manter altos níveis de eficiência e utilização.

Surge neste caso, em termos de desempenho de Y, uma contradição entre o que é desejado e esperado pela gerência, e o que ocorre na prática. Esta contradição reflete a visão extremamente focalizada dos métodos tradicionais de avaliação que ignoram os efeitos das interações entre recursos produtivos.



Aqui a ênfase desloca-se do fluxo de material entre os recursos X e Y para focalizar a situação onde estes recursos trabalham independentemente produzindo peças que serão combinadas em uma operação de montagem. Havendo material disponível, tanto X quanto Y poderão ser utilizados 100% do tempo e assim, satisfazer os critérios tradicionais de avaliação de desempenho. Embora a utilização de 100% da capacidade do recurso X seja uma necessidade, o mesmo nível de utilização para Y não é desejado. Se o recurso Y for ativado para produzir acima da capacidade de X, haverá acúmulo de inventário de peças ou componentes em frente a

montagem. Este acúmulo nada mais é que estoque de material em processo proveniente de Y. Mais uma vez, para otimizar o sistema como um todo, Y deve acompanhar o mesmo ritmo de produção de X.



A representação acima ilustra uma situação onde os dois recursos não se alimentam um ao outro nem mesmo a uma montagem, mas sim abastecem demandas independentes de mercado. Mais uma vez, havendo excesso de material liberado à fábrica, ambos os recursos poderão atingir 100% de utilização. No entanto, sendo o recurso Y um recurso não-gargalo, este possui excesso de capacidade em relação à demanda do produto B e, se for utilizada sua capacidade total de produção, tal atitude fatalmente levará à formação de estoques de produtos acabados para a qual não há demanda a curto prazo.

Neste caso, o recurso X deve operar com carga máxima para tentar satisfazer a demanda por A, enquanto Y deverá ter seu índice de produção limitado pela restrição de mercado do produto B.

Do que foi exposto acima, pode-se concluir outros dois importantes princípios da TOC:

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

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

Os termos “utilização” e “ativação” possuem importantes distinções para a TOC. Segundo UMBLE & SRIKANTH (1990, p.74) ,pode-se definir os termos ativação e utilização da seguinte maneira:

Ativação: refere-se ao emprego de um recurso ou centro de trabalho para processar materiais ou produtos.

Utilização: refere-se à ativação de um recurso que contribui positivamente para o desempenho da companhia (ganho).

Assim, um recurso pode ser ativado sem ser utilizado. Se nos quatro casos citados o recurso Y produzisse peças num índice superior à restrição que o limita, este estaria sendo ativado mas não utilizado. Como observação final, é comum referir-se a um recurso que está ativado além das necessidades de sua utilização como estando “superativado”.

#### 4.5 Lotes Econômicos: mais um tipo de restrição de política

Deve ter ficado evidente das discussões anteriores que a grande maioria das restrições geralmente aceitas como físicas pelas organizações resultam, na verdade, de uma administração errônea dos recursos, não por incapacidade ou desleixo da gerência, mas devida a uma crença quase cega em alguns princípios hoje considerados como discutíveis. As decisões quanto ao tamanho ideal de um lote também não foge a esta regra. A “cultura de ótimos localizados” deixa aqui mais uma vez sua marca, incentivando lotes de produção superestimados, baseados em uma suposta economia no custos de *setup*. Porém, grandes lotes de fabricação implicam diretamente num aumento do nível de inventário da fábrica, prejudicando sua capacidade de impor um ritmo veloz e uniforme do fluxo de materiais entre os centros produtivos e assim obter uma significativa vantagem competitiva.

Durante muito tempo acreditou-se na possibilidade de encontrar-se um nível ótimo para o tamanho do lote a partir da análise de dois fatores considerados “críticos” para o dimensionamento de lotes. O primeiro é o custo de *setup*. Conforme aumenta-se o tamanho do lote, o número de lotes que devem ser processados diminui, reduzindo também o número de preparações a serem feitas para adequar as máquinas às próximas operações. Logo, os custos de *setup* deveriam diminuir conforme o aumento o tamanho dos lotes.

Por outro lado, quando se aumentam os lotes de produção, a quantidade em estoque de material em processo também aumenta em uma proporção aproximadamente linear. Da mesma forma, é também considerado linear o resultante aumento nos custos de carregamento destes estoques. Desde que os custos de *setup* e os custos de carregar o estoque agem em direções opostas, deve haver um ponto onde a soma total destes custos seja mínima. Este ponto ótimo é chamado de “lote econômico”. A figura 4.2 apresenta a suposta lógica por detrás deste conceito.



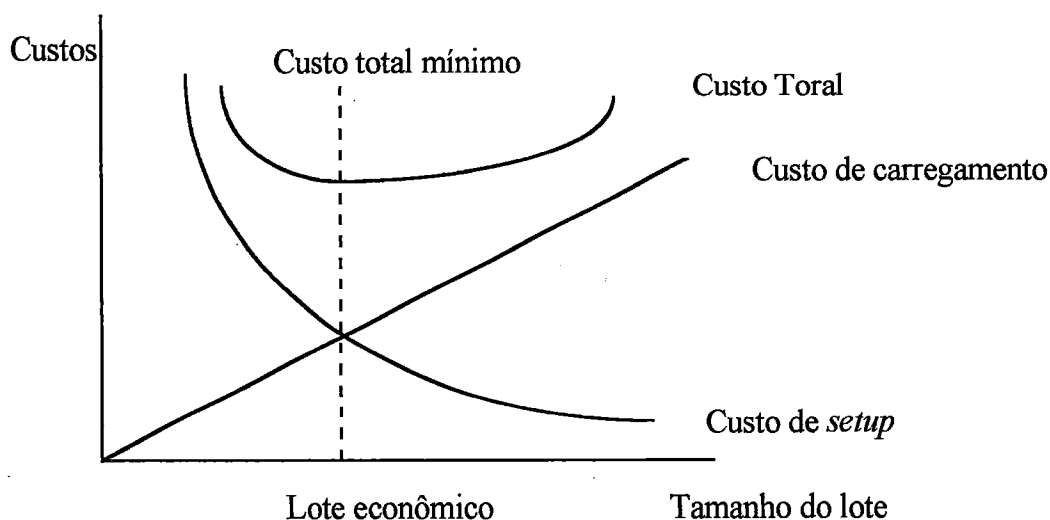


FIGURA 4.2 : Curva de custos para cálculo de lotes econômicos.

De maneira oposta, a Teoria das Restrições considera que os pressupostos que fundamentam estes cálculos de "lote econômico" são totalmente inválidos. UMBLE & SRIKANTH (1990, p. 114 e 115) explicam que as regras em que se baseia o dimensionamento dos lotes econômicos possuem três premissas completamente falsas. Estas são assim expressas pelos autores:

**Custo de carregar estoque:** os cálculos dos custos de carregar os estoques incluem, tradicionalmente, apenas os custos de estocagem, de manutenção dos materiais estocados, seguro, impostos, obsolescência e deterioração. No entanto, esta abordagem subestima os verdadeiros custos de carregar estoques, pois esta não considera os efeitos adversos que os altos estoques de produtos em processamento acarretam na capacidade de resposta da empresa às exigências de mercado, na qualidade dos produtos manufaturados e outras conseqüências adjacentes como aumento das despesas de horas-extras e investimentos desnecessários, como já anteriormente discutidos.

De acordo com os autores, pode ser argumentado que o custo extra de carregar excessos de inventário de material em processo é insignificante quando comparado aos efeitos catastróficos sobre a vantagem competitiva da empresa.

**Não há distinção entre tipos de recursos:** as abordagens tradicionais de dimensionamento de lotes não faz nenhum tipo de distinção se o recurso é ou não gargalo. Lembrando que qualquer tempo ganho num recurso gargalo equivale à mesma quantidade de tempo ganho em todo o sistema e que, inversamente, qualquer tempo economizado num recurso não-gargalo não passa de uma “miragem”, os custos de *setup* dependerão, largamente, do fato do recurso considerado ser ou não um gargalo. Como “a análise de lote econômico não faz esta distinção, ela ignora as realidades do ambiente de manufatura, e as conclusões devem ser consideradas inválidas.”

**O conceito de lote:** há dois aspectos referentes a tamanhos de lotes que necessitam ser considerados. Tais aspectos podem ser melhor explicados através do exemplo de uma linha de montagem. Se em uma linha de produção contínua e dedicada processa-se apenas um único tipo de produto, qual seria, neste caso, o tamanho do lote usado? Do ponto de vista do *recurso*, o tamanho do lote é o número total de unidades produzidas durante uma corrida de produção. Logo, dentro desta perspectiva, o tamanho do lote é “imenso”. De maneira diferente, do ponto de vista do *produto*, cada unidade é produzida e movimentada individualmente e o tamanho do lote parece ser unitário.

Estas afirmações, a princípio contraditórias, demonstram o fato que o conceito tradicionalmente aceito para lotes de produção necessitam ser revistos. “A conclusão deve ser que há não apenas um, mas dois tipos distintos de lotes.”

Estes dois tipos de lotes são denominados pela Teoria das Restrições de “lote de processamento” e “lote de transferência”, assim definidos por UMBLE & SRIKANTH (1990, p.115):

- **Lote de processamento:** é a quantidade de um produto processada num recurso antes que este recurso mude para produzir um produto diferente.
- **Lote de transferência:** é a quantidade de unidades que são movidas, ao mesmo tempo, de um recurso para o próximo.

Desde que tais lotes não necessitam ser iguais, como no caso da linha de montagem que possui lotes de processamento muito grandes e lotes de transferência unitários, surge mais um novo mandamento para as técnicas de gestão da produção da TOC:

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

Devido à enorme complexidade dos ambientes de manufatura caracterizados por interações entre produtos e recursos, flutuações estatísticas, mudanças de projeto, de rotas de produção, de tempos de processamento e de *setups*, além de variações nas prioridades de fabricação de certos itens, fixar tamanhos de lotes de processamento é o mesmo que ignorar as diversas variáveis que se interrelacionam e dão origem a uma natureza dinâmica aos sistemas de produção. Por estes motivos, a TOC estabeleceu outro preceito a ser seguido:

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

#### **4.6. O método Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope*)**

A Teoria das Restrições tem como um de seus maiores méritos o fato de todas as suas metodologias estarem sempre fundamentadas em situações concretas e reais de qualquer tipo de organização. As complexas interações que existem entre recursos e produtos, departamentos, unidades fabris, ou mesmo entre empresas, são sempre consideradas quando do desenvolvimento de seus princípios e técnicas gerenciais. Desta forma, tudo o que limita ou poderia afetar a factibilidade de seus planos são sempre alvo de preocupação e enfoque administrativo. Não é de se surpreender que as restrições, ou seja, tudo que limita a empresa de melhorar seus níveis de desempenho, são sempre os referenciais que a TOC utiliza para balizar suas ações.

O sistema logístico de sincronização da manufatura denominado pela Teoria das Restrições de Tambor-Pulmão-Corda foi construído a partir do pressuposto de que todo o plano de produção, que se propõe ser realístico e confiável, deve primeiro identificar as principais restrições que afetam os ambientes de manufatura em geral. Tais limitações estão geralmente relacionadas com a demanda de mercado, com o suprimento de materiais para a fábrica ou com a capacidade de produção dos recursos de produção. Assim, o plano de produção não deve exceder a demanda de mercado projetada, deve verificar se há suficiente suporte de fornecedores para suprir a quantidade de materiais e componentes necessários e finalmente se há capacidade suficiente dos recursos para sustentar o fluxo de material pretendido. A partir destas considerações um plano global de produção pode ser elaborado com alta probabilidade de se tornar exequível.

UMBLE & SRIKANTH (1990, p. 139), descrevem e explicam a abordagem TPC, citando que a mesma difere significativamente de outros sistemas de planejamento e controle da produção em três aspectos fundamentais:

1. o sistema TPC começa com uma análise das necessidades para o alcance de um fluxo suave e rápido de material pela fábrica. Os detalhes técnicos no sistema TPC usados para determinar tamanhos de lotes e prioridades são desenvolvidos para dar suporte aos objetivos globais da empresa, e não locais.

2. conflitos com a infra-estrutura são explicitamente reconhecidos e resolvidos.
3. foram desenvolvidos procedimentos sistemáticos para gestão de fábricas complexas com seus problemas de dados e interrupções imprevisíveis.

Com a finalidade de desenvolver o método Tambor-Pulmão-Corda, são novamente apresentados os cinco passos do processo decisório da TOC:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.
2. Explorar a(s) restrição(ões) do sistema.
3. Subordinar tudo o mais à decisão anterior.
4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema.
5. Se uma restrição for quebrada nos passos anteriores volte ao passo 1, mas não deixe que a inércia se torne a próxima restrição do sistema.

O primeiro passo, "identificar a(s) restrição(ões) do sistema", implica em encontrar o(s) elemento(s) que limita(m) a *performance* de todo sistema. Tal identificação pode ser realizada através de cálculos de carga-máquina que os produtos da empresa impõem sobre todos os recursos da fábrica, como é feito tradicionalmente. No entanto, este método tem sérios problemas. O principal destes refere-se a integridade das informações disponíveis sobre análise de carga.

Para UMBLE & SRIKANTH (1990), o resultado desta análise é altamente dependente de informações críticas, tais como *mix* de produtos, tempos estimados de *lead times*, processamento e *setup*, e disponibilidade de inventário. Contudo, em quase todas as fábricas, os dados que descrevem estes tipos de informações contém erros grosseiros. Estes erros são severos o bastante para que os dados não possam ser usados para análise de carga e identificação do RRC.

A pouca confiabilidade nos dados, entretanto, não impede que se possa identificar os RRCs. O fato é que, para tal, não há necessidade de ter-se informações altamente precisas sobre todos os recursos da fábrica. UMBLE & SRIKANTH (1990, p. 94) propõem um procedimento inverso aos típicos procedimentos de análise de carga. Para eles, exatidões nas informações são necessárias apenas naqueles recursos

que podem impactar seriamente o sistema total, ou seja, onde os erros nos dados ou falta de acuracidade nas informações refletem-se de forma severa no ganho, inventário e despesa operacional de toda a organização. Assim, tempos padrão em recursos não-gargalos ou não-RRCs não são críticos e portanto requerem menos precisão. Por outro lado, tempos padrão em recursos candidatos a RRCs devem estar completos e exatos.

Ainda segundo os autores, o objetivo resultante dos esforços de limpar os dados não é ter dados acurados em todos os pontos do sistema. Mesmo que isto possa parecer um objetivo desejável, está longe de se fazer valer o esforço. O objetivo primário deveria ser o de ter informações tão acuradas quanto estas são necessárias a um correto planejamento do fluxo de produto. Isto implica que a administração deveria focalizar sua atenção na melhoria dos dados que afetam a operação de sincronização do sistema.

A segunda etapa, “explorar a restrição do sistema”, implica em procurar extrair o máximo deste tipo de recurso, impedindo que haja qualquer tipo de desperdício em um RRC, como interrupções por falta de material, problemas com qualidade, quebra ou paradas para descanso ou troca de turno.

Uma vez que o RRC limita a capacidade produtiva de todo o sistema, este recebe, na terminologia da Teoria das Restrições, o nome de Tambor (*Drum*), pois ele dita a “batida” ou o ritmo de toda a linha de produção. Deve-se salientar que uma fábrica terá tantos RRCs quantas forem as linhas de produção independentes na malha produtiva (GOLDRATT & FOX, 1989). Tambor é, portanto, a programação de atividades do(s) RRC(s), ou seja, a lista de tarefas que deverá ser executada no recurso restritivo de acordo com o total de demanda de trabalho a ser nele processado, com o objetivo final de se atingir o máximo fluxo. A melhor seqüência de tarefas é determinada levando-se em conta a data dos pedidos dos clientes. Caso a empresa não possua uma restrição interna, o Tambor será a própria demanda de mercado.

Entretanto, como já mencionado, explorar a restrição significa também impedir que o gargalo pare por falta de material para processar. Desta forma, deve-se criar um Pulmão (*Buffer*) antes do recurso restritivo com a finalidade de protegê-lo

contra as flutuações estatísticas ou incertezas dos eventos anteriores a ele. Aqui, flutuação estatística deve ser entendida como a variação no desempenho dos recursos causada por diversos fatores como: duração e frequência de quebra das máquinas, nível de confiabilidade dos equipamentos, índice de rejeição de peças dos recursos, variabilidade no desempenho dos operadores de máquinas, etc. Como será oportunamente explicado no tópico específico de Pulmão, deve haver também um pulmão de expedição (ou de mercado) para garantir um bom desempenho quanto a entrega dos pedidos e outro protegendo a operação de montagem das flutuações dos recursos não-restrição que a abastecem.

O Pulmão deve ser expresso na forma de tempo (estoque por tempo de segurança - *time buffer*) e não em quantidade de peças. A vantagem de expressá-lo em termos de unidade de tempo é que, na maioria dos casos, os materiais em estoque estarão sempre mudando, o que dificultaria um bom controle do mesmo. Além disso, é importante ressaltar que estoque só é formado na frente de um recurso quando há liberação de material para a fábrica com um determinado tempo de antecedência em relação ao seu consumo, ou seja, o uso do tempo para expressar a presença física de material na frente de um RRC parece ser perfeitamente aplicável (GOLDRATT, 1991).

Após identificada e explorada a restrição deve-se seguir o terceiro passo: “subordinar tudo o mais à decisão anterior”. Subordinar implica em fazer com que todos os demais recursos do sistema operem de acordo com o recurso restritivo, nem mais nem menos. Baseado no princípio 4 da TOC (“o nível de utilização de um não-gargalo não é determinado por seu próprio potencial, mas sim por alguma outra restrição do sistema”), este passo procura garantir que todos os elementos do sistema operem de acordo com o objetivo global da organização ao invés de buscar otimizações localizadas que não aumentam a produtividade do todo. Eficiências locais que resultam na superativação dos recursos não-RRC não conduzem a empresa na direção de sua meta pois, neste caso, não haveria aumento do ganho (podendo até reduzir-se) enquanto que o inventário, e por conseqüência a despesa operacional, aumentariam.

Surge, desta feita, um novo conceito proposto pela TOC denominado Corda (*Rope*). Na analogia da Teoria das Restrições, deve existir uma “corda” interligando (“amarrando”) o RRC à primeira operação da malha produtiva, de forma que haja uma sincronização entre estas operações. Assim, material é liberado para a produção de acordo com a taxa de consumo do recurso restritivo, mas com uma antecipação equivalente ao Pulmão de Tempo do RRC. Em outras palavras, matérias-primas só são admitidas no sistema de forma sincronizada (materiais corretos, na quantidade correta e no tempo certo) com a chegada nos estoques protetores dos recursos restritivos (*time buffers*). Isto garante que os estoques em todo o processo produtivo não ultrapassem os níveis do estoque protetor imposto pelo Pulmão de tempo. Na realidade deve haver uma Corda interligando a demanda de mercado ao RRC e outra conectando o RRC à primeira operação da fábrica (ou à liberação de material ao sistema). Ainda haverá uma Corda sincronizando a programação do RRC com a montagem e esta com a liberação de matéria-prima para as operações não-restrição da malha produtiva. Desta forma, a Corda é um sistema de informação relativamente simples que sincroniza a produção de todos os centros de trabalho da malha produtiva em função do(s) RRC(s) e da demanda de mercado.

Pode-se notar que toda a programação do sistema está balizada no desempenho de suas restrições. É o que diz estes dois outros princípios da Teoria das Restrições:

**Princípio 8:** *As restrições governam o Ganho e o Inventário.*

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

Deve-se salientar que o método Tambor-Pulmão-Corda (TPC) permite que se obtenha a programação (no caso implícita) de todos os recursos não gargalos da empresa. Aqueles situados antes da restrição deverão processar o mais rápido possível os materiais recebidos pela primeira operação, de acordo com a ordem de chegada destes. Uma vez que, por definição, tais recursos possuem excesso de



capacidade em relação ao RRC, eles não terão nenhuma dificuldade para seguir o programa. Da mesma forma, os recursos não-restritivos localizados no roteiro de produção após o RRC estarão diretamente sob o controle deste, pois estes receberão apenas as peças liberadas pelo RRC. Como tais recursos têm por definição folga no programa, não haverá nenhum problema também neste ponto. Logo, ordens de produção explícitas são necessárias apenas em alguns pontos específicos, como nos RRCs e nos locais de liberação de material para a fábrica, por exemplo.

Em resumo, a maneira TPC reconhece que existem apenas alguns poucos recursos com restrição de capacidade (RRCs), que irão impor o índice de produção da fábrica inteira (Tambor). Para garantir que a produção deste recurso não seja interrompida por falta de peça cria-se na frente dele um inventário que protegerá o ganho das vendas da fábrica contra qualquer interrupção que possa ocorrer dentro de um intervalo pré-determinado de tempo (Pulmão de Tempo). Com o objetivo de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o consome (Corda), mas com uma defasagem no tempo equivalente ao pulmão de tempo estabelecido.

A figura 4.3 procura ilustrar o mecanismo de sincronização proposto pelo método TPC. Nota-se na figura os programas dos RRCs (tambores), as posições dos pulmões de tempo e os cálculos de liberação de material para a fábrica. Maiores detalhes relativos aos elementos Tambor, Pulmão e Corda são delineados a seguir. Algumas aplicações de TPC em indústrias nacionais são apresentadas no apêndice 3 deste trabalho.

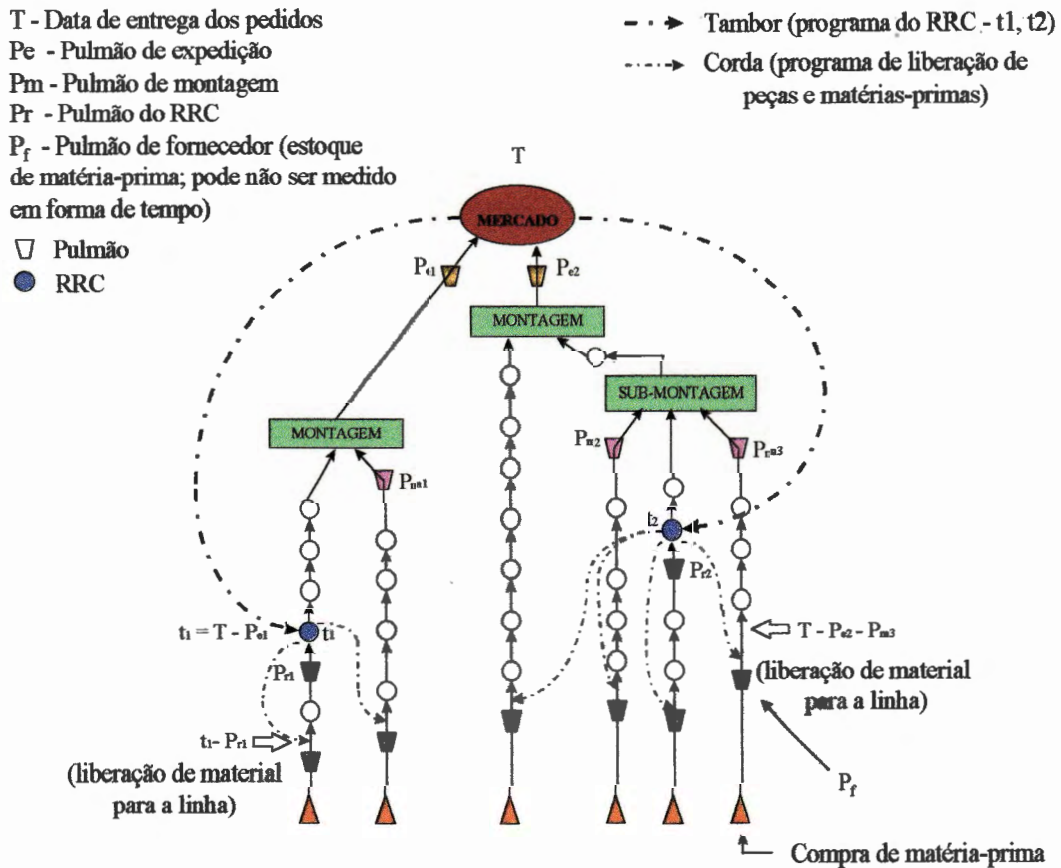


FIGURA 4.3: O método Tambor-Pulmão-Corda.

#### 4.6.1 O Tambor

A função principal do tambor é estabelecer um equilíbrio da demanda de mercado com as necessidades de capacidade e material da fábrica. O tambor, em suma, fornece uma lista que contém as informações relativas a “o que, quanto e quando” o RRC deverá produzir dentro de um horizonte de planejamento pré-estabelecido. Assim, a partir do tambor, todos os recursos que estão no roteiro das peças a serem processadas pelo(s) RRC(s) terão suas operações também definidas, pois estes seguirão o ritmo da batida do tambor, ou do RRC (ver figura 4.3).

No entanto, certos produtos, denominados “produtos livres”, não necessitam passar por qualquer recurso restritivo para serem produzidos. Em tais situações, a capacidade do RRC é muito maior que a demanda de mercado e, desta forma, não precisa ser considerada na fase de programação. Conseqüentemente, os centros produtivos responsáveis pelo processamento destes produtos livres não seguirão o ritmo de produção de um RRC e sim, da demanda de mercado. Neste caso, o

mercado fará o papel do tambor que irá impor os índices de produção de todos os recursos necessários à manufatura destes itens.

Nota-se, portanto, uma grande diferença entre o MPS (*Master Production Schedule*) dos sistemas MRP e o que seria um MPS para o TPC. Enquanto a abordagem tradicional procura verificar se há capacidade disponível na fábrica, para dar suporte ao MPS estabelecido, através de uma metodologia de tentativa e erro (WIGHT<sup>1</sup> *apud* UMBLE), o sistema TPC faz uso de uma abordagem completamente diferente para desenvolver o MPS (SRIKANTH<sup>2</sup> *apud* UMBLE). Para a Teoria das Restrições, o MPS é resultado dos programas (tambores) dos RRCs e do mercado de produtos livres da empresa.

É importante observar neste ponto, que os programas dos RRCs não irão, necessariamente, seguir a mesma seqüência cronológica dos pedidos provenientes do mercado. Enquanto que nas linhas responsáveis pela fabricação de produtos livres existe capacidade suficiente em seus recursos para acompanhar a seqüência dos pedidos imposta pelo mercado, o mesmo não ocorre quando se necessita programar os RRCs das demais linhas. Devido aos tempos necessários para a realização dos *setups* e às limitações de capacidade presentes nestes RRCs, torna-se necessário, na maioria das vezes, alterar-se a seqüência e o tamanho dos lotes nestes recursos em relação às datas e às quantidades presentes nos pedidos.

Se o lote de processo no RRC for exatamente igual ao tamanho de cada pedido individual, o resultado poderá ser bastante insatisfatório. Caso os pedidos sejam processados na seqüência das datas de entrega aos clientes, tal ação poderá requerer um número excessivo de preparações, o que irá reduzir o tempo disponível para produção nestes recursos. Assim, ainda que os primeiros pedidos possam ser

---

<sup>1</sup> WIGHT, O. **MRP II: Unlockink America's Productivity Potencial**. Boston: CBI Publishing Co., Inc., 1981 *apud* UMBLE & SRIKANTH **Synchronous Manufacturing**. Cincinnati: South-Western Publishing CO., 1990.

<sup>2</sup> SRIKANTH, M. **The Drum-Buffer-Rope System of Material Control**. New Haven: The Spectrum Publishing Co., Inc., 1987 *apud* UMBLE & SRIKANTH **Synchronous Manufacturing**. Cincinnati: South-Western Publishing CO., 1990.

entregues no prazo, as ordens posteriores começarão a atrasar, até que as últimas estarão longe das datas prometidas para expedição.

Lotes de processamento muito grandes também devem ser evitados. Embora grandes lotes reduzam os tempos de *setup* nos RRCs, a aglutinação de alguns pedidos num único lote poderá fazer com que outros pedidos não sejam completados a tempo. Isto se deve ao fato que políticas deste tipo geralmente levam à produção antecipada de alguns pedidos em detrimento de outros, que se atrasarão, pois terão que suportar longas filas até que sejam finalmente processados.

Outro aspecto muito importante que deve ser considerado durante a elaboração do tambor está relacionado à programação de recursos gargalos. Estes recursos, por não possuírem capacidade suficiente para atender a demanda neles imposta, terão que priorizar aqueles produtos mais lucrativos para a empresa durante a fase de programação. O critério utilizado pela TOC, para definir quais são os produtos mais rentáveis, está relacionado ao próprio conceito de exploração. “O que significa explorar a restrição? Não significa ‘fazê-la funcionar a todo momento’. Lembre-se, a meta da empresa não é fazer os funcionários trabalharem, é ganhar dinheiro agora, assim como no futuro. O que queremos é extrair o máximo dinheiro daquelas coisas que nos limitam, da restrição”, (GOLDRATT, 1991, p. 71).

Para se estabelecer o melhor *mix* de produtos, a Teoria das Restrições não faz uso de nenhum tipo de critério de rateio das despesas da empresa, não calculando, portanto, quanto “custa” produzir cada produto. Não há, pois, para TOC, a entidade custo do produto, como já explicado no capítulo 3.

Segundo os princípios da TOC, os itens mais lucrativos para a organização serão aqueles que obtiverem os maiores valores do ganho proporcionado pelo produto dividido pelo tempo que este consome do gargalo. Como também já explicado no capítulo 3, ganho deve ser calculado como a diferença entre o preço de venda do produto e os custos totalmente variáveis deste (via de regra, apenas o valor pago pela matéria-prima entra nesta categoria de custo). Mão-de-obra direta não deve ser considerada no cálculo do ganho.

O exemplo seguinte mostra os tipos de tambores, o MPS e o estabelecimento do melhor tamanho para o lote de produção no RRC. Para tal, considere uma empresa

hipotética que produz três tipos de produtos (A,B e C). Para serem fabricados, os produtos A e B devem ser processados pelos recursos R1, R2, R3 , R4 e R5 (linha 1), nesta seqüência para ambos os produtos. O produto C, por sua vez, necessita passar pelos centros de trabalho R6, R7, R8 e R9 (linha 2), também nesta ordem. A demanda diária para os itens A, B e C são 8, 4 e 6 unidades respectivamente. A tabela 4.5 fornece as informações referentes às datas e quantidades de produtos advindos da demanda de mercado e a tabela 4.6 contém dados relativos aos tempos de processamento e *setup* destes recursos. A empresa opera com disponibilidade de 480 minutos de produção diária.

TABELA 4.5: Demanda de mercado diária para os produtos A, B e C.

Data	Produto	Quantidade
05/02	A	8
05/02	B	4
05/02	C	6
06/02	A	8
06/02	B	4
06/02	C	6
07/02	A	8
07/02	B	4
07/02	C	6
08/02	A	8
08/02	B	4

TABELA 4.6: Tempos de processamento e *setup* para os produtos A, B e C (em minutos).

Recurso	Produto A	Produto B	Produto C	Setup
R1	20	30	-	50
R2	25	25	-	40
R3	25	50	-	80
R4	15	20	-	40
R5	30	25	-	30
R6	-	-	55	-
R7	-	-	60	-
R8	-	-	45	-
R9	-	-	50	-

A partir das tabelas, pode-se verificar que o recurso R3 é, evidentemente, o RRC para a linha 1. Por outro lado, não há restrição de capacidade na fabricação do produto C. Ainda que o recurso R7 defina o máximo fluxo desta linha (e é, portanto, um RRC), este não é relevado na programação da linha 2 pois tem muito excesso de capacidade em relação à demanda de mercado. O produto C é, pois, denominado de produto livre.

A figura 4.4 ilustra as duas linhas e os respectivos pulmões de tempo estrategicamente posicionados. Nota-se que a linha 2 possui apenas pulmão de expedição, uma vez que seu RRC não precisa ser protegido. Maiores detalhes relativos às localizações e dimensionamentos de pulmões de tempo serão relatados no próximo tópico deste capítulo.

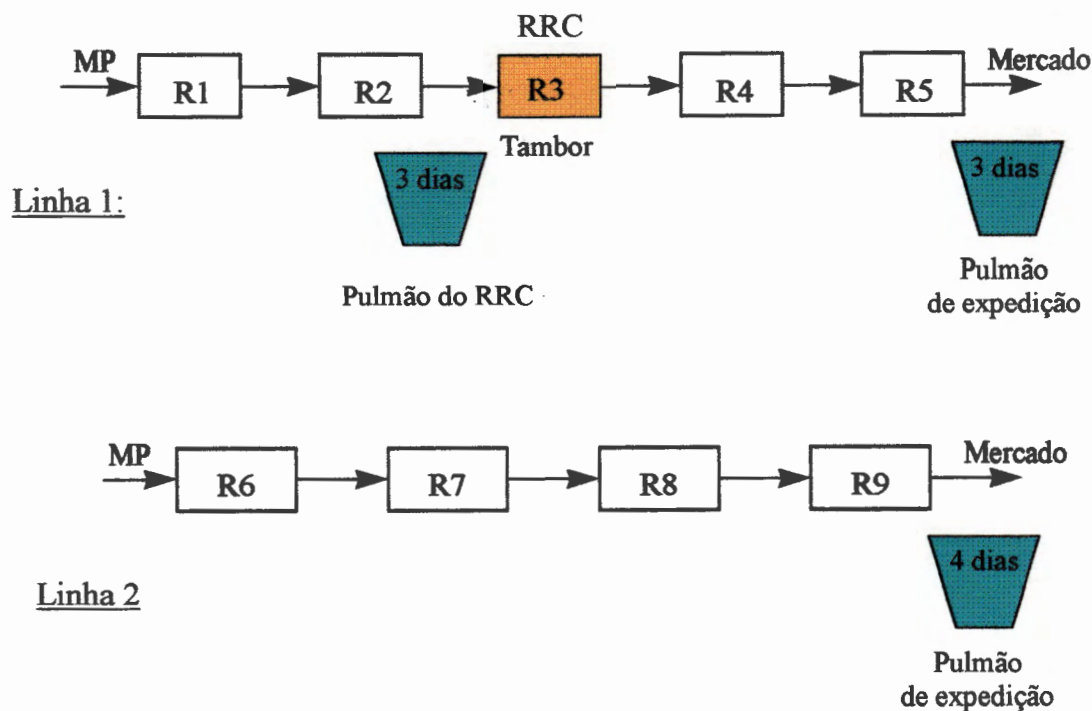


FIGURA 4.4: Esquema das linhas de produção 1 e 2.

O próximo passo é determinar o programa do RRC (recurso R3). Se o RRC se propuser a seguir a mesma seqüência imposta pela demanda diária dos produtos A e B, haverá um extrapolamento do tempo disponível ao recurso num dia de trabalho, ou seja, 480 minutos.

Para produzir 8 unidades de A, R3 necessitará de 280 minutos de trabalho  $[(8 \times 25) + 80]$ . Os 200 minutos restantes  $(480 - 280)$  devem, agora, ser gastos com a produção do item B. Descontados 80 minutos para preparar o recurso, restará somente 120 minutos disponíveis ao RRC, tempo este insuficiente para processar 4 unidades de B  $(4 \times 50 = 200)$ .

Com a finalidade de atender toda a demanda, a empresa opta por dobrar o tamanho do lote. Assim, a gerência define uma programação para o RRC (tambor) na qual se estabelece que o mesmo irá produzir somente produtos A num dia e somente produtos B no outro. A tabela 4.7 reflete o programa do RRC para os itens A e B. Destaca-se que as datas programadas para processamento no RRC estão defasadas das datas prometidas para embarque de um pulmão de tempo de três dias.

TABELA 4.7: Programa do RRC (tambor)

Data	Produto	Quantidade	Tempo de processamento no RRC (em minutos)	Tempo gasto em <i>setup</i> (em minutos)	Tempo Total
02/02	A	16	400	80	480
03/02	B	8	400	80	480
04/02	A	16	400	80	480
05/02	B	8	400	80	480
06/02	A	16	400	80	480
07/02	B	8	400	80	480
08/02	A	16	400	80	480

O resultante programa mestre de produção (MPS) é mostrado na tabela 4.8. Este reflete o pulmão de três dias de mercado para os produtos A e B (tempo este que é somado às datas estabelecidas para o RRC). Verifica-se que o MPS para o item C coincide com a demanda diária deste produto, pois há capacidade suficiente nos recursos da linha 2 para isto. De maneira diferente, as primeiras unidades de B estão programadas para o dia 06/02, um dia depois do estabelecido pelo mercado (comparar as tabelas 4.5, 4.7 e 4.8), enquanto que as últimas unidades de A são completadas um dia antes do prazo.

TABELA 4.8: *Master Production Schedule* para a empresa hipotética.

Data	Produto	Quantidade
05/02	A	16
05/02	C	6
06/02	B	8
06/02	C	6
07/02	A	16
07/02	C	6
08/02	B	8



Deve-se ressaltar, entretanto, que nem todos os autores definem o MPS dentro da metodologia tambor-pulmão-corda como acima. SPENCER & COX (1995a) destaca que no TPC, o MPS é o próprio programa do RRC, ou seja, o Tambor, e não um resultado deste. Desta forma, o programa de embarque de produtos acabados é consequência do MPS calculado.

Ainda segundo SPENCER & COX (1995a, p.13), o desenvolvimento do MPS na TOC consiste dos seguintes passos:

1. Determine a restrição a partir da análise de capacidade.
2. Determine quais produtos estão na rota da restrição.
3. Use o critério de margem de lucro (ganho na linguagem TOC) por minuto de restrição para determinar os produtos prioritários.
4. A partir das prioridades estabelecidas construa o MPS usando um gráfico de Gantt, explorando por completo a restrição.
5. Programe todos os itens finais que não contenham componentes que passam pela restrição (produtos livres) no MPS.
6. Desenvolva um programa de liberação de material a partir de uma programação para trás da restrição e crie o pulmão de restrição.
7. Desenvolva o programa de embarque através de uma programação para frente da restrição e crie o pulmão de expedição.

Para se extrair o máximo do recurso restritivo, deve-se garantir que o mesmo não fique ocioso devido à falta de material para trabalhar. O elemento que procura assegurar o cumprimento do programa estabelecido no RRC é o pulmão de tempo, tema do próximo tópico.

#### **4.6.2 O Pulmão de Tempo**

Dentro da metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC), a função primeira de um pulmão de tempo é a de proteger um programa, isto é, assegurar que as peças programadas para estarem em determinado local estejam realmente lá.

O caminho para garantir tal proteção ao programa está na liberação de matéria-prima e componentes algum tempo antes (por isso este é chamado de pulmão

de tempo) do programa de consumo destes materiais. O uso do tempo como meio de prover proteção em lugar de tentar manter-se uma composição específica de inventário é de suma importância para a metodologia.

Para a Teoria das Restrições, explorar uma restrição não significa apenas fazê-la trabalhar o tempo todo, mas sim, trabalhar naqueles itens que mais contribuem para o aumento do lucro da empresa. Não basta, portanto, haver material para a restrição operar. A restrição deve ser abastecida com os materiais que foram previamente programados para seu consumo.

“Se explorar a restrição significa fazê-la funcionar continuamente, então a composição do inventário não é relevante. Mas, este não é o caso. Explorar a restrição significa extrair o máximo dela (em termos da meta predeterminada) ... Apenas quando lidamos com um único produto, o significado de EXPLORAR passa para ‘fazê-la funcionar o tempo todo’”, (GOLDRATT, 1991, p. 111).

Tal característica, peculiar da metodologia TPC, a diferencia das demais ferramentas de planejamento e controle da produção. Se por um determinado RRC podem passar, por exemplo, 50 tipos distintos de peças para serem nele processadas, não haverá necessidade de se compor um estoque com todos estes tipos de itens para explorá-lo eficazmente. Serão suficientes, para uma boa proteção do tambor, que o material programado para consumo naquele recurso, dentro de um determinado intervalo de tempo (pulmão de tempo), já tenha sido liberado para a fábrica e que parte deste material já tenha chegado a frente do recurso.

Se o pulmão, neste caso, foi planejado para ter uma duração de três dias, haverá, entre o ponto onde é liberado material ao sistema e o recurso restritivo, apenas material relativo ao consumo de três dias deste RRC, e não todos os 50 tipos de componentes hipoteticamente citados.

Outro aspecto muito próprio da metodologia TPC relaciona-se às localizações dos pulmões. “As restrições físicas, sejam um recurso ou um pedido, têm um local e, portanto, podemos nos referir aos locais dos quais as restrições consomem os ‘materiais’ necessários como ORIGEM DO PULMÃO. Esta terminologia nos possibilitará conectar mentalmente os pulmões, os quais são intervalos de tempo, para

o local físico onde os acúmulos resultantes de inventário protetor aparecem”, GOLDRATT (1991, p.117-118).

Existem muito poucos lugares que devem ser protegidos num sistema cujo fluxo de material é controlado de acordo com os princípios da TOC. Segundo GOLDRATT (1991), existem somente três tipos de pulmões (ver figura 4.3) e portanto, três tipos de origens de pulmão.

O primeiro resulta da necessidade de se proteger as restrições de recurso, evitando-se que seu trabalho seja interrompido. Surge, assim, o Pulmão de Recurso. A origem deste pulmão é a área localizada bem à frente do RRC e conterà estoques de material em processo.

Outro tipo de restrição que deve ser protegida são as restrições de mercado, pois pretende-se entregar no prazo. Para isto, necessitar-se-á de um Pulmão de Expedição, refletido e posicionado geralmente nos armazéns de produtos acabados. Nota-se que nos casos em que são permitidos embarques antecipados, a origem do pulmão conterà somente uma relação de pedidos que foram expedidos antes do prazo final, e não um inventário de produtos acabados.

No entanto, não são apenas as restrições de recurso ou mercado que necessitam de pulmões. Se o intuito é explorar a restrição, deve-se evitar que as peças produzidas por uma restrição de recurso fique esperando, à frente da operação de montagem, por peças provenientes de recursos não-restrição.

GOLDRATT (1991, p.118) explica a necessidade deste terceiro tipo de pulmão, denominado Pulmão de Montagem. “Permitir que o trabalho da restrição se atrase em se transformar em ganho, apenas devido aos recursos não-restrição é, certamente, remoto do caso ideal de exploração. Se queremos ‘garantir’ que a peça da restrição não espere, temos que reunir todas as outras peças antes de seu prazo de chegada. Em outras palavras, temos que pré-liberar todas as outras peças do não-restrição. A necessidade de PULMÃO DE MONTAGEM é quase auto-evidente. A origem do pulmão de montagem será colocada somente na frente de montagens que usam, pelo menos, uma peça abastecida por uma restrição. Este tipo de origem do pulmão conterà apenas peças das não-restrição.”

O conceito de pulmões de tempo, os poucos lugares onde estes são necessários (origens de pulmão) e a eficiente proteção ao fluxo de toda a malha produtiva que estes proporcionam são abordados por UMBLE & SRIKANTH (1990).

Os autores evidenciam que não há necessidade de se proteger todas as operações do sistema para se proteger todo o sistema. Na realidade, ao se introduzir pequenos pulmões de tempo em cada recurso de uma malha produtiva, não se está garantindo que o sistema esteja protegido de interrupções menores que a soma destes pulmões. UMBLE & SRIKANTH (1990) explicam tal fenômeno através de um exemplo.

Considere uma linha de produção simples constituída de 5 recursos produtivos. Os autores demonstram que a proteção ao fluxo desta linha será muito diferente se optarmos por 5 pulmões de tempo, com duração de 4 horas cada, em frente a cada recurso da linha (caso 1), ao invés de um único pulmão de 20 horas localizado após o último recurso desta linha, isto é, um pulmão de expedição de 20 horas (caso 2). É claro que, para ambos os casos, se não houver nenhum tipo de interrupção, os produtos fabricados estarão disponíveis para embarque 20 horas antes do necessário.

No entanto, uma interrupção de 12 horas, por exemplo, terá impactos distintos nos dois casos apresentados. No caso 1, se o recurso responsável pela interrupção for o primeiro da linha, o pedido poderá ainda ser entregue com até 8 horas (20 - 12 horas) de antecedência em relação ao prazo final, não havendo, desta forma, nenhum problema até aqui. Entretanto, o mesmo não irá acontecer se o recurso causador da interrupção de 12 horas for o quinto e último desta linha. Desde que há somente um pulmão de 4 horas entre a operação 5 e a data devida de entrega do produto, o pedido estará agora 8 horas (12 - 4 horas) atrasado.

Por outro lado, o efeito de uma interrupção de 12 horas no caso 2, onde todo o pulmão está concentrado depois do último recurso, é completamente diferente. Aqui, o pedido poderá ser entregue com 8 horas de antecedência em relação a data final para expedição do mesmo, não importando qual recurso foi a fonte causadora da interrupção. Na verdade, qualquer interrupção ou combinação de interrupções no

sistema que não excedam 20 horas, não afetarão o prazo máximo de embarque do pedido.

Segundo UMBLE & SRIKANTH (1990, p.141-143), cada um dos casos apresentados possui algumas características peculiares que o autor destaca. Para ele, a filosofia de distribuir os pulmões de tempo por todo o processo apresenta as seguintes características:

1. Cada operação está protegida até certo ponto.
2. O sistema tem, em geral, mais proteção que qualquer operação em particular.
3. A quantidade de proteção disponível depende da localização da interrupção no processo. Quanto mais a frente no processo ocorre a interrupção, menos proteção terá o sistema.

No que se refere ao caso 2, onde todo o pulmão está posicionado antes do embarque, surgem três novas características :

1. As operações individuais não estão protegidas das interrupções. Desde que perturbações sempre ocorrerão, muitas operações estarão freqüentemente atrás do planejado.
2. O sistema total tem o benefício da proteção de todo o pulmão, não importando onde ocorra a interrupção.
3. A existência de um pulmão bem definido, precisamente localizado, ajuda a focalizar atenção sobre ele. A razão para sua existência é sempre considerada. Problemas significativos à chegada de material no pulmão são altamente visíveis devido ao uso de tempo.

Ressalta-se que no exemplo acima, pressupõe-se a não existência de recursos restritivos. Na verdade, tais recursos, como já explicado, devem também estar protegidos, pois estes impõem o máximo fluxo de toda a linha. Uma forma de se proteger adequadamente esta linha seria através da adoção de dois tipos de pulmões: pulmão de recurso (protegendo o RRC) e pulmão de expedição.

A próxima questão em aberto refere-se ao dimensionamento dos pulmões de tempo. O tamanho ideal de um pulmão deve ser tal que possibilite uma exploração

adequada da restrição, evitando-se que esta pare por falta de material ou tenha que se desviar do programa estabelecido. É claro que, quanto maior o pulmão de tempo escolhido, menores serão as possibilidades de uma interrupção no fluxo de produção da restrição. No entanto, pulmões muito altos implicam em altos investimentos e elevados *lead times*, os quais poderão afetar negativamente o potencial competitivo da empresa.

“Determinar o tamanho do PULMÃO DE TEMPO requer um julgamento, mas não é uma tarefa fácil ou banal. Se quisermos ser supercautelosos e escolhermos um pulmão muito longo, poderemos seguramente acomodar quase qualquer distúrbio, mas a que preço? Nossos *lead times* são, à princípio, muito longos: liberaremos materiais muito antes de podermos usá-los. Os níveis médios de inventários de material em processo e produtos acabados serão inflados. Como resultado, aumentaremos nossa necessidade de caixa, nossa futura posição competitiva se deteriorará e os custos de carregamento serão mais altos. Se escolhermos pulmões muito curtos, nosso tempo médio de resposta será muito rápido, mas deveremos estar preparados para muita correria e entregas não-confiáveis”, (GOLDRATT, 1991, p. 113).

Como será oportunamente explicado no tópico referente a “gerenciamento de pulmão”, o tamanho do pulmão de tempo poderá e deverá ser continuamente monitorado, possibilitando à empresa que esta evite operar com pulmões sub ou superdimensionados. O problema maior reside na estimativa inicial para o pulmão de tempo.

GOLDRATT (1991) aconselha, como um bom ponto de partida para o pulmão, um valor próximo a um quinto do *lead time* médio atual das tarefas. SPENCER & COX (1995a) citam que a TOC propõe iniciar-se com um pulmão cinco vezes a soma dos tempos de *setup* e processamento das operações entre a liberação de material e a restrição. GARDINER et al. (1993), por sua vez, expõem que os sistemas TPC usam, geralmente, *lead times* aproximadamente igual a três vezes o tempo de processamento para uma peça.

De qualquer forma estes valores devem diferir de acordo com o tipo de atividade que a empresa realiza, além do grau de aperfeiçoamento tecnológico em que ela se encontra.

GARDINER et al. (1993) complementam ainda que os *lead times* encontrados em fábricas que atuam segundo a metodologia tambor-pulmão-corda são, geralmente, três vezes menores que os usados nos sistemas MRP. Para eles, os sistemas MRP usam *lead times* aproximadamente dez vezes o total dos tempos de processamento, como evidenciado pela idéia que uma peça gasta cerca de 90% de seu tempo na fábrica em forma de fila.

Deve ficar claro que o *lead time* de manufatura de uma peça (parte a ser montada com outro(s) componente(s) a fim de se constituir o produto final) num ambiente TPC nada mais é que a soma dos pulmões de tempo por que passa esta peça (ver figura 4.3). Como estas não devem passar por mais que um pulmão (com exceção do pulmão de expedição) (GOLDRATT & FOX, 1989), ou seja, se esta peça passa por um pulmão de recurso ela não deve passar por mais nenhum outro pulmão (deve-se lembrar que no pulmão de montagem só se encontra peças provenientes de recursos não-restrição), este cálculo torna-se trivial. Da mesma forma, o *lead time* de um produto acabado corresponde ao maior valor encontrado para o *lead time* de suas peças, somado ainda ao pulmão de expedição deste produto.

Verifica-se, portanto, que os *lead times* em fábricas que operam com a metodologia TPC nada mais são que o resultado de somas de pulmões de tempo por que passam os produtos em seu roteiro de produção. Entre outras vantagens, isto facilita o cálculo, o controle e a determinação dos prazos de entrega de seus produtos aos clientes.

Na literatura a respeito de TPC, no entanto, encontra-se alguns autores que consideram que os tempos de processamento e de preparação dos equipamentos devem ser incluídos nos cálculos dos *lead times*. Isto é, além dos pulmões de tempo, devem também ser considerados nos cálculos do *lead time* dos produtos os tempos de processamento e *setup* dos recursos. No entanto, isto faz sentido somente em fábricas cujo tempo de processo seja significativo em relação ao demais fatores que

contribuem para o *lead time* das tarefas. Tais casos, entretanto, não correspondem à realidade da maioria das empresas de manufatura.

#### 4.6.3 A Corda

O mecanismo que permite que todos as estações de trabalho operem em sintonia com as restrições de mercado ou de recurso é denominada, pela Teoria das Restrições, de Corda (ver figura 4.3). Uma vez identificadas as restrições e dimensionados convenientemente os pulmões de tempo, torna-se necessário **subordinar** todos os demais recursos às restrições anteriormente identificadas, impondo que estes trabalhem na mesma taxa de produção das restrições do sistema, respeitando ainda os pulmões de tempo estabelecidos.

Segundo UMBLE & SRIKANTH (1990), o controle de todos os centros de trabalho a partir da corda se dá de maneira distinta dos métodos tradicionais de controle. A maneira mais simples e efetiva de garantir que um certo recurso irá trabalhar na tarefa certa é fazer com que apenas esta tarefa esteja fisicamente disponível para ser processada. Isto impede que o recurso tenha a oportunidade de processar a tarefa errada. Usando esta abordagem, a ênfase de controle muda do método tradicional de se tentar priorizar acuradamente as numerosas tarefas disponíveis. A nova abordagem procura restringir a quantidade de material disponível no chão-de-fábrica para somente o que é necessário.

A disponibilidade de material é a chave para execução do controle do fluxo de material planejado na metodologia TPC. Isto pressupõe que os pontos de liberação de material ao sistema sejam rigorosamente monitorados. Assim, deve haver um programa detalhado nestes pontos, ditando quais materiais, em que quantidade e quando devem ser liberados para a fábrica.

Conforme material é injetado na fábrica, os recursos devem processá-los tão logo estes estejam disponíveis. Desde que os *lead times* e os estoques em processo ficam reduzidos em ambientes que operam segundo a metodologia TPC, não deve haver mais que um lote disponível para ser processado na frente de cada recurso. Desta forma, em uma linha de produção simples, a questão de controle fica reduzida aos pontos de liberação de material. Os demais recursos necessitarão, quando muito,



de uma lista de prioridades quando mais de um lote se apresenta para ser processado. Mesmo nestes casos, pode-se ainda procurar operar com um sistema do tipo FIFO (*first in first out*), ou seja, o primeiro lote a chegar deve ser o primeiro a ser produzido.

Ambientes de manufatura mais complexos exigem, entretanto, outros pontos de controle além dos pontos de liberação de materiais. Existem nestes ambientes, certos recursos que podem ser ativados sem serem utilizados. Locais como estes necessitarão de um programa detalhado que explicita a seqüência correta de tarefas que devem ser trabalhadas. Mesmo nestas situações, haverá ainda poucos pontos que devem ser efetivamente controlados, pois todos os demais não poderão ser superativados.

Para UMBLE & SRIKANTH (1990, p.119), há apenas quatro tipos de pontos que necessitam ser explicitamente programados:

1. Pontos de liberação de material.
2. RRCs.
3. Pontos de divergência.
4. Pontos de montagem.

Segundo os autores, os pontos de liberação de material, assim como os RRCs, precisam ser sempre programados e monitorados, não importando quão complexo seja o fluxo de material pela fábrica.

Programas detalhados são também necessários nos pontos de divergência. A figura 4.5 ilustra um ponto de divergência. Tais pontos de divergência caracterizam-se por locais onde um mesmo material pode ser processado em dois ou mais tipos de produtos. Para se impedir a superativação do recurso e ainda desvios de material no sistema (processando-se excesso de um produto e falta de outros), deve-se controlar estes pontos com uma lista detalhada de o que e quanto produzir cada produto, além de possíveis prioridades para alguns produtos.

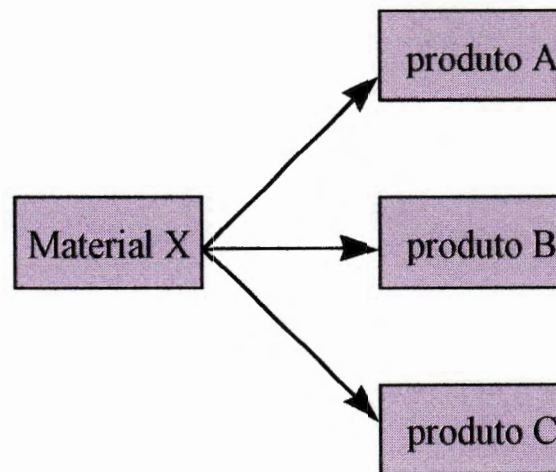


FIGURA 4.5: Exemplo de ponto de divergência.

O último tipo de ponto que deve ser programado são as operações de montagem. Como tais operações necessitam da disponibilidade de diversos componentes, os montadores terão que estar seguros que cada peça esteja disponível para a operação. Logo, eles necessitarão de um programa de produção que lhes informe quais componentes serão necessários em qualquer momento.

Portanto, não importando quão complexo seja o fluxo de produto, somente estes quatro pontos precisarão de um programa detalhado e de uma monitoração cuidadosa. Os demais elementos do sistema necessitarão de pouco controle do ponto de vista de programação. A simplicidade e eficiência dos sistemas de controle providos pela metodologia tambor-pulmão-corda é uma das grandes virtudes deste sistema.

Definidos os pontos do sistema que precisam ser controlados, a próxima questão recai sobre os detalhes que devem conter os programas. Deve estar claro que o momento de liberação do material para o sistema já está determinado pelo tamanho dos pulmões de tempo estabelecidos nos RRCs, nas operações de montagem e na expedição. Assim, material é liberado para a fábrica no mesmo índice do tambor, porém com programas defasados dos eventuais pulmões de tempo existentes no roteiro destes materiais.

O tamanho dos lotes de processo já estão definidos pelo MPS. Uma vez que a função da corda é estabelecer a subordinação dos programas das restrições, tal lote não deve ser mudado, mas seguido.

A última questão ainda sem resposta refere-se ao tamanho dos lotes de transferência que devem ser aplicados. Tal decisão deve ser tomada em função de algumas compensações existentes entre certas medidas de desempenho. Quanto menores os lotes de transferência, menores também serão os *lead times* do sistema, os níveis médios de inventário de material em processo, os custos de manter estes inventários, mais suave será o fluxo de material e, portanto, maiores serão as oportunidades da empresa de incrementar sua participação no mercado.

Por outro lado, pequenos lotes de transferência resultam em deslocamentos mais freqüentes de peças entre os recursos o que, por sua vez, podem implicar em maiores custos para a organização. É papel da gerência encontrar um valor ótimo para os lotes de transferência de maneira a maximizar a rentabilidade atual e futura da organização.

O conceito de corda, como explicado, está evidentemente em conflito com as formas de avaliação presentes no “mundo do custo”. O maior pressuposto subjacente à prática da corda é que, para se alcançar um ótimo desempenho organizacional global, a grande maioria dos elementos do sistema **não** deve operar com níveis de desempenho localmente maximizados. Os sistemas de avaliações convencionais que privilegiam altos níveis de eficiência e produtividade departamentalizados devem ser abandonados para um bom funcionamento da abordagem tambor-pulmão-corda.

“A constatação do ‘mundo dos ganhos’, que obriga o terceiro passo de focalização a ‘subordinar qualquer coisa à decisão anterior’, implica em uma drástica mudança nas medidas de desempenho local. Por quanto tempo podemos continuar recompensando a estupidez e punir as ações certas? Quanto dinheiro, tempo e esforço é hoje dedicado à coleta de dados para as medidas de desempenho local, somente para o resultado final distorcer o comportamento da pessoa que estamos medindo”, (GOLDRATT, 1991, p. 80).

Eliminar algumas medidas de *performance* não implica, entretanto, em mudanças culturais imediatas das pessoas envolvidas no processo de transformação.

A ociosidade forçada nos centros de trabalho não-restrição, por exemplo, tem se mostrado um problema muito sério nas implementações de TPC.

“...Suponha que já desenvolvemos todas as ferramentas necessárias para a nova ética de trabalho. Empresas que já efetuaram a mudança descobriram que, contrário ao que se pensa, os operários procuram trabalho. Algumas empresas até chegaram ao ponto de colocar bancas de jornais à disposição dos operários; e isso não ajudou. O tempo ocioso, que é resultado inevitável de forçar recursos não-restrição a não produzirem em excesso, deve ser preenchido com algo significativo”, (GOLDRATT, 1991, p. 81).

O alerta de Goldratt parece ter, realmente, respaldo na prática. Em pesquisa realizada em empresas que passaram a atuar segundo os princípios da TOC, NOREEN et al. (1996) detectaram alguns fatos simultaneamente graves e curiosos. Alguns gerentes acreditavam que os operários poderiam diminuir seus ritmos de trabalho para se evitar a ociosidade. Outros gerentes mostravam-se preocupados com o fato dos operários de recursos não-restrição sentirem-se menos importantes, terem menos oportunidade de horas-extras e ainda sentirem-se menos seguros nos cargos que ocupam.

“Em cada local visitado, onde o TPC estava sendo usado, pelo menos parte da força de trabalho tinha sido treinada para que os operários pudessem ser enviados para a restrição, caso necessário. Assim, também, na maioria dos locais, a gerência se dera ao trabalho de explicar o sistema TPC e suas implicações para os empregados. O medo com relação à estabilidade no emprego diminuiu na maioria dos casos, devido aos aprimoramentos finais resultantes da implementação das técnicas TPC e TOC. Finalmente, a quantidade de ociosidade forçada nas não-restrições tinha sido reduzida com o tempo, à medida que as técnicas de gerenciamento das restrições melhoram o índice de fluxo no gargalo e as interrupções foram tratadas mais eficazmente nos centros de trabalho não-restrição. O padrão usual é de um declínio inicial nos centros de trabalho não-restrição, à medida que os inventários de material em processo são liquidados e o sistema convertido à programação TPC de puxar. Quando os processos forem aprimorados, mediante o gerenciamento do gargalo e das interrupções nas não-

restrições, o índice de fluxo total melhora e há mais trabalho para os centros não-restrição”, (NOREEN et al., 1996, p. 40).

#### **4.6.4 O conceito de Capacidade Protetora**

Um dos pressupostos básicos da Teoria das Restrições é que qualquer sistema que possua variáveis dependentes sujeitas a flutuações estatísticas, não deverá ter mais que uma restrição interna, ou em outras palavras, se um material percorre a empresa passando por mais que uma restrição interna, o ganho desejado não será alcançado e o inventário subirá indefinidamente. Este é o caso, por exemplo, das linhas balanceadas.

GOLDRATT (1991) afirma que se deve evitar ao máximo as restrições interativas, isto é, todos os outros "elos" devem ter mais capacidade do que está estritamente prevista pela carga esperada. Assim, se o objetivo é explorar a própria restrição, deve-se ter algum inventário antes da mesma para proteger o ganho. Entretanto, quando ocorre alguma interrupção no fluxo de material para a restrição, esta consome parte do inventário colocado a sua disposição e se tal interrupção voltar a ocorrer a restrição poderá ficar exposta.

Torna-se vital, portanto, que o inventário colocado na frente da restrição seja reconstruído antes que uma nova interrupção venha a acontecer. Mas para isto, segundo GOLDRATT (1991), todos os recursos não-restritivos devem ser capazes de processar material mais rapidamente que o estritamente pedido pelo índice de consumo da restrição. Devem continuar fornecendo o que a restrição precisa mais a construção do inventário protetor, ou seja, se houver flutuações estatísticas, todos os outros recursos devem ter mais capacidade que o estritamente pedido pela demanda para se poder explorar as restrições. Desta forma, se houver outra restrição na cadeia, um recurso sem capacidade excedente para repor o estoque antes da restrição, necessitar-se-á de um inventário infinito para se explorar efetivamente uma só restrição.

Ainda para GOLDRATT (1991), uma vez que os recursos restritivos não possuem qualquer capacidade protetora interna, estes devem ficar protegidos pela combinação do estoque colocado antes dos mesmos e pela capacidade protetora dos

recursos que os abastecem. Existe uma compensação entre estes dois mecanismos de proteção. Menos capacidade protetora nos recursos de abastecimento exigirá níveis mais altos de inventário à disposição da restrição.

Desta forma, no exame da capacidade disponível, deve-se distinguir entre três, e não dois, segmentos de capacidade conceitual. O primeiro é a **capacidade produtiva**, o segmento necessário para a produção, a fim de atender à demanda. O segundo segmento é a **capacidade protetora**, necessária como um escudo contra as flutuações estatísticas. Apenas o recurso restritivo não possui capacidade protetora, pois este deve ser explorado. Qualquer capacidade remanescente, após levar-se em conta as capacidades produtiva e protetora, será **excesso de capacidade**.

Desta forma, qualquer decisão referente a redução de capacidade de um recurso produtivo ou mesmo a introdução de um novo produto na malha produtiva deve estar fundamentada nestes conceitos, a fim de se evitar a venda da capacidade protetora dos recursos e o surgimento, por conseqüência, de restrições iterativas (também chamadas de restrições flutuantes).

#### 4.6.5 Quatro complicadores do TPC

GOLDRATT & FOX (1989) expõem quatro possíveis situações que podem dificultar o processo de programação usando a metodologia TPC. Geralmente, quando ocorre uma destas situações em uma planta de manufatura que optou pelo uso do TPC como ferramenta para planejamento e controle de seu sistema produtivo, a empresa tem dois caminhos a seguir. Eliminar de alguma forma este complicador do seu ambiente ou conviver com o mesmo a partir de uma ajuda computacional elaborada pela própria organização ou comprada de uma empresa especializada.

Via de regra, a seqüência de tarefas a ser executada no RRC, ou seja, o Tambor, é baseada unicamente na data devida de entrega ao consumidor. Entretanto, existem algumas condições que impedem a obtenção de uma seqüência de trabalhos na restrição diretamente das datas dos pedidos dos clientes.

A primeira situação ocorre quando alguns *lead times* desde o RRC até a última operação no produto são significativamente diferentes para produtos distintos. Neste caso, pode ser mais vantajoso para a empresa trabalhar primeiro num produto

A que tenha um *lead time* mais longo nas operações seguintes ao RRC que um produto B, mesmo que o produto A esteja prometido para uma data posterior à data prometida de entrega do produto B.

O segundo caso complicador acontece sempre quando um RRC alimenta outro na linha produtiva. “Nesse caso, ao obedecermos a seqüência de prazo de entrega ao mercado no primeiro RRC, talvez deixemos o segundo RRC sem peças. Não temos de perder tempo em todos os RRCs para perdermos valor agregado de vendas da fábrica inteira. A perda de tempo em apenas um deles é suficiente. Lembrem-se do valor deste tempo perdido. Se ele não tivesse sido perdido, poderíamos ter expedido produtos adicionais basicamente pelos custos da matéria-prima” (GOLDRATT & FOX, 1989, p.110).

À primeira vista, pode parecer estranho dizer-se que em uma linha há dois RRCs. Na verdade, pela teoria, apenas um deles é o real RRC da linha. Entretanto, pode ocorrer que os recursos de menor capacidade produtiva, ou seja, aqueles que estão com a maior carga de trabalho dentro do horizonte de planejamento estabelecido (já descontados os estoques em processo e de produtos acabados), possuam capacidades muito próximas entre si. Este fenômeno é muito comum em plantas que conseguiram atingir um razoável grau de balanceamento. Nestes tipos de casos, haverá pequenas capacidades protetoras entre alguns recursos e o verdadeiro RRC. Quando isto ocorre, é muitas vezes necessário considerar todos aqueles recursos como RRCs e trabalhar com pulmões de tempo antes de cada um deles, o que aumenta os níveis de inventário, o *lead time* e, conseqüentemente, reduz a capacidade da empresa em competir no mercado.

Uma forma de minimizar o efeito da falta de capacidade protetora entre alguns recursos e o RRC é trabalhar com o conceito de pulmão dinâmico (GOLDRATT, 1991) que será brevemente explicado no tópico 4.8.2.1. De qualquer maneira, um sistema computacional apropriado se faz necessário neste tipo de situação.

Uma terceira condição refere-se ao uso racional dos tempos de preparação das máquinas. Se se seguir fielmente as datas prometidas aos consumidores para seqüenciar as tarefas a serem executadas pelo RRC, poder-se-á encontrar uma situação onde, pelo menos aparentemente, não há capacidade suficiente para atender a

demanda. Para se evitar tal situação, a TOC propõe “aglutinar” tarefas iguais de pedidos diferentes de forma que o RRC possa atender às demandas de mercado de um produto específico processando estas tarefas durante alguns dias consecutivos, em vez de seguir a seqüência exata das datas devidas aos clientes. Tal atitude libera mais capacidade para a produção do recurso restrição, pois este passa a despender menos tempo com preparações. No tópico referente a Tambor tal situação foi brevemente discutida.

“Quando o tempo de preparação for requerido por nossa restrição de recurso, existe a remota possibilidade de aumentar ganho sem invadir os limites das condições necessárias. Aumente o ganho economizando algum montante restrito de preparação, para que a única penalidade seja paga apenas com aumento de inventário”, (GOLDRATT, 1991, p. 193).

O quarto e último caso é menos comum mas não deixa de ser muito importante. Existem situações onde um recurso com restrição de capacidade alimenta mais de uma peça de um mesmo produto. Nestes tipos de situações, o prazo de entrega do produto não ajuda em nada no estabelecimento da seqüência das operações destas peças no RRC.

Salienta-se que problemas de programação deste tipo ocorrem apenas quando outros recursos executam tarefas intermediárias entre duas operações do RRC para uma mesma peça ou produto. Em outras palavras, o RRC processa uma determinada peça, esta é posteriormente trabalhada por outros recursos e depois volta para o mesmo RRC onde sofrerá novas transformações. Situações deste tipo acontecem por exigências técnicas da engenharia de processos (muito comum em fábricas de *chips* para computador, por exemplo) ou mesmo por problemas de qualidade que implicam na necessidade de retrabalho da peça.

Deve-se lembrar, no entanto, que todas as operações a serem executadas no recurso restritivo, necessárias para o processamento do produto, devem estar protegidas das interrupções com algum pulmão de tempo, ou seja, a quarta condição implica também em aumentos nos níveis de inventário (e conseqüentemente no *lead time*) além de dificultar a programação e o controle das operações na restrição. Para se evitar estes inconvenientes, a gerência deve procurar eliminar as necessidades



técnicas do produto ou, em casos de problemas de qualidade, utilizando corretamente as ferramentas de prevenção e monitoração da qualidade comuns em ambientes JIT. Caso a empresa seja realmente obrigada a conviver com esse tipo de situação, esta muito provavelmente terá que recorrer ao auxílio de um sistema computacional que lhe permita seqüenciar e programar convenientemente as atividades do RRC.

Como pôde ser constatado até este momento, o método TPC de sincronização da manufatura pode ser realizado “manualmente”, sem nenhuma necessidade de *softwares* sofisticados para apoiarem a execução do método. Entretanto, quando se depara com uma destas quatro condições, fica bastante complicado aplicar os conceitos já discutidos em tópicos anteriores sem o auxílio da informática. É claro que antes de se partir em definitivo para o uso de um sistema informatizado, deve-se procurar eliminar as causas que dão origem a estas quatro situações indesejáveis. Assim, programas de redução dos tempos de *setup* no RRC, desbalanceamento da linha para evitar problemas de falta de capacidade protetora e de restrições iterativas ou mesmo desenvolvimento de produtos que não exijam mais que uma operação no RRC devem ser exaustivamente aplicados. Somente quando esgotados todos estes esforços é que a gerência deve decidir pelo uso de um sistema computacional, como o OPT, por exemplo.

Não é objetivo deste trabalho aprofundar-se em demasia nestes problemas específicos da técnica de programação no RRC. Para aqueles que estão interessados em obter mais informações a respeito destes quatro casos apresentados sugere-se a leitura dos capítulos 31, 32 e 33 do livro “A Síndrome do Palheiro” de Eliyahu M. Goldratt, (GOLDRATT, 1991).

Os maiores complicadores à implementação do sistema logístico Tambor-Pulmão-Corda não estão, entretanto, restritos a estas quatro situações. O obstáculo maior e mais difícil de transpor é, na maioria das vezes, a grande dificuldade em transmitir corretamente para toda empresa os princípios e o novo paradigma resultante da aplicação do TPC, pois este “está em conflito direto com alguns padrões profundamente enraizados de comportamentos”, (GOLDRATT & FOX, 1989, p.110).

#### 4.7 Localização estratégica do RRC

RONEM & SPECTOR (1992) abordam o tema a partir de um modelo baseado na relação Custo/Utilização dos recursos organizacionais. De acordo com os autores, uma indesejável característica da Teoria das Restrições é a aceitação do *status quo* como dado, o que poderia levar a subordinação de todo um sistema às restrições existentes no momento e ignorar o fato que a restrição não tem que estar necessariamente onde está.

Para os autores, a decisão de aceitar a existência da restrição e sua atual localização é de ordem estratégica e deve ser tomada pela alta cúpula administrativa da organização. Tal decisão deve considerar os fatores econômicos, o posicionamento da empresa no mercado e a estratégia organizacional global. Se for decidido que a restrição deva ser interna (isto é, um recurso), esta deverá ser preferencialmente o mais caro ou o mais crítico componente do sistema. Por outro lado, se a gerência decide que a restrição deva ser externa (a demanda de mercado, por exemplo), uma situação permanente ou temporária na qual a restrição torna-se interna se constituirá como uma falha no sistema e a administração deve tomar ações corretivas. Em suma, uma análise econômica deve considerar os custos dos componentes do sistema e não aceitar a estrutura atual do processo como uma força da natureza.

O modelo custo/utilização, sobre o qual o estudo foi elaborado, permite a análise da utilização de recursos em relação aos seus respectivos custos. Para exemplificar a aplicabilidade do modelo, RONEM & SPECTOR (1992) se basearam num sistema produtivo com seis departamentos nomeados de A a F. Para cada departamento, determina-se a porcentagem de utilização e o relativo custo de cada departamento no processo produtivo num determinado período. Na expansão do modelo, os autores chamam de custos os preços que a firma teria que pagar para adicionar a mesma quantidade de um dado recurso.

Utilizando-se de uma análise gráfica a partir modelo custo/utilização, os autores apresentam três situações distintas:

### 1. Restrição Interna Falsa ("dummy")

Este caso é mostrado na figura 4.6. De acordo com os autores, seria um erro considerar que o departamento E do gráfico é a verdadeira restrição do sistema no sentido que este é um componente relativamente barato para ser um gargalo. Na realidade, este seria o caso de uma restrição de política.

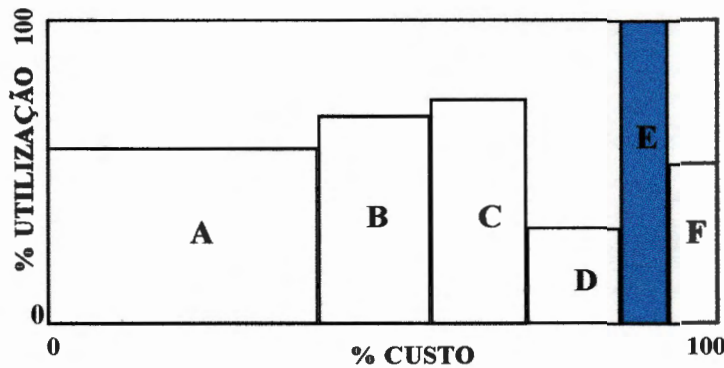


FIGURA 4.6: Ilustração de uma restrição "falsa".

De acordo com o gráfico, pode-se verificar que o componente E é a restrição no sistema, pois sua utilização é total (100%) enquanto seu custo relativo é menor que 10% do custo total do sistema. Em outras palavras, isto significa que 90% de todo o investimento (capital, mão-de-obra, etc.) está subutilizado. O desempenho de todo o sistema está limitado, portanto, por um subsistema relativamente barato.

Assim, para os autores, a gerência deve fazer duas considerações quando se encontrarem nesta situação:

a) restrições falsas, ou "dummy", não devem ser exploradas nem deve haver subordinação de todo o sistema a elas. Restrições deste tipo devem ser elevadas imediatamente.

b) caso exista excesso de capacidade que possa ser vendida ao mercado, uma estratégia de redução de preços deve ser considerada.

### 2. Restrição Interna Plausível

Restrições internas plausíveis ocorrem quando estas estão localizadas nos componentes mais caros do sistema. A figura 4.7 demonstra a situação onde o

departamento A está 100% utilizado (gargalo) e os demais componentes estão parcialmente utilizados. Tais casos ocorrem quando o gargalo é o recurso mais caro, como no caso de uma fábrica onde as máquinas CNC estão completamente utilizadas (recursos gargalos) enquanto que os demais recursos estão apenas parcialmente utilizados.

Neste caso, a gerência deve tratar das seguintes questões:

- a) se a restrição deve mesmo ser interna, a administração deve examinar o retorno sobre o investimento no gargalo;
- b) verificar possibilidade de venda do excesso de capacidade ao mercado;
- c) preços de mercado devem ser determinados de acordo com as considerações de utilização do gargalo.

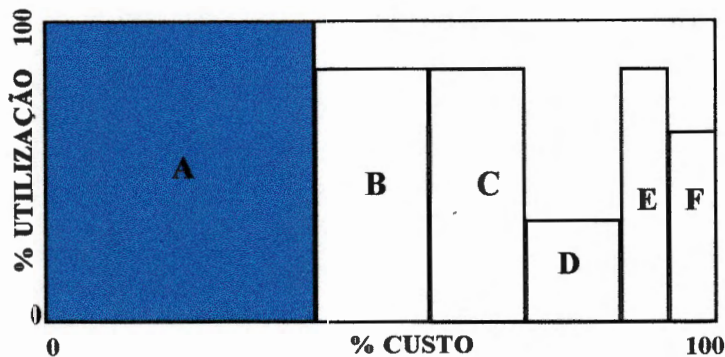


FIGURA 4.7: Ilustração de uma restrição interna plausível.

### 3. Restrição de mercado

Restrições de mercado ou restrições externas existem quando a demanda pelos produtos é menor que a capacidade de produção do sistema. A figura 4.8 mostra o caso onde as vendas situam-se a um nível de 80% de utilização do recurso produtivo mais carregado. Tal situação, onde o sistema está balanceado, porém subutilizado, pode ser advinda de duas causas:

- a) a organização considera que deve ser mantido excesso de capacidade para levar vantagens de oportunidades e prevenir competidores de ingressar no mercado. Tal política permite curtos tempos de resposta ao mercado;
- b) uma indesejável queda nos níveis de demanda.

As conclusões tiradas neste caso são como segue:

- a) a gerência deve determinar se a restrição deve ser externa, levando em consideração o custo do excesso de capacidade;
- b) a empresa deve examinar se a restrição de mercado é temporária ou permanente e determinar suas causas (fatores internos como qualidade, preço, tempo de resposta ou externos como ações de competidores, mudanças de preferências, etc.);
- c) os preços a serem aplicados no mercado devem ser considerados caso a caso. Em muitas situações, sistemas de custos e políticas de preços tradicionais podem levar à decisões erradas e impedir aumentos de venda;
- d) a gerência deve considerar a aceitação de tarefas extras, mas garantindo que esta ação não levará, inadvertidamente, a um gargalo (perda de capacidade protetora);

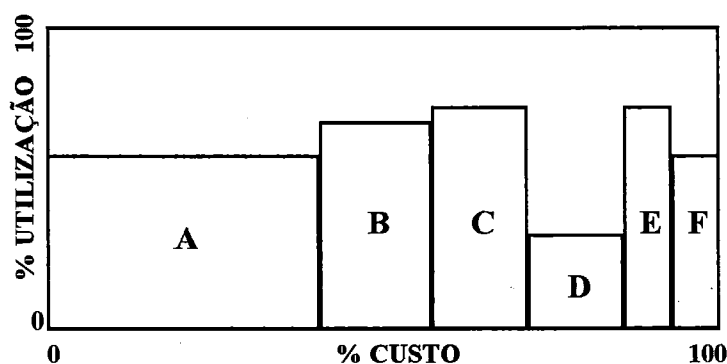


FIGURA 4.8: Ilustração de uma restrição de mercado.

Entretanto, o modelo custo/utilização não define, por si só, o melhor posicionamento para uma restrição interna. Infelizmente, não basta ao elemento com o maior grau de utilização ser também o mais caro para se poder definir o seu melhor posicionamento no sistema produtivo. Isto se deve a existência de flutuações que não foram consideradas até aqui para definir a melhor localização estratégica para a restrição interna.

Como bem salientam os autores, existem duas fontes causadoras de flutuações:

1. Flutuações internas: originadas por quebras nas máquinas, problemas de qualidade, atraso na chegada de matéria-prima, etc.

2. Flutuações acumulativas: ocorrem como consequência das flutuações internas e da existência de eventos dependentes. Quanto maior o número de estações de trabalho que precedem um determinado recurso, mais exposto estará este recurso ao fenômeno de flutuações acumulativas.

Ainda segundo RONEM & SPECTOR [1992], os recursos devem ser protegidos contra flutuações através de pulmões (*buffers*). O tamanho do pulmão depende do custo do estoque em processo no pulmão, do nível de flutuação ao qual o componente está exposto e do seu nível de utilização, isto é, sua habilidade em combater as flutuações. Desta forma, os recursos devem ser posicionados (caso a disposição física dos mesmos seja factível do ponto de vista tecnológico) no sistema produtivo de forma que o recurso mais caro tenha o maior índice de utilização e esteja também posicionado na primeira operação, para não ser afetado, desta forma, pela acumulação das flutuações estatísticas dos eventos anteriores (é importante lembrar que quanto maior o grau de utilização de um recurso, menos "sobra" de capacidade este terá para absorver as flutuações). A figura 4.9 representa esta situação, nos moldes da abordagem custo/utilização.

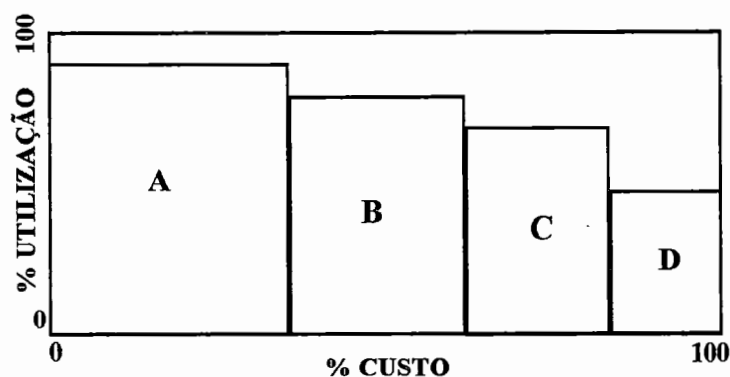


FIGURA 4.9: Projeto de uma linha ideal.

Com a finalidade de representar um quadro mais realístico, os autores apresentam na figura 4.10, os efeitos das flutuações internas e acumulativas (linhas

tracejadas refletindo uma faixa de variação ou duas vezes o desvio padrão, em relação a utilização média do componente com 95% de probabilidade).

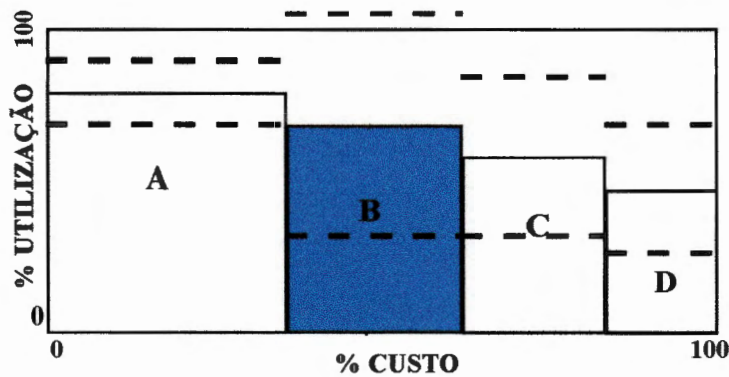


FIGURA 4.10: Efeito das flutuações internas e acumulativas.

Pode-se verificar no gráfico que o componente B, cuja utilização média está longe do índice de 100%, tornou-se um gargalo intermitente quando os efeitos de flutuações são considerados. Entretanto, de acordo com os autores, as ações corretivas para o caso de gargalos intermitentes devem ser diferentes dos métodos clássicos de gerenciamento da restrição (exploração, subordinação, elevação, etc.) Nestes tipos de situações, os autores propõem que as ações devem se concentrar nas fontes de flutuações, eliminando-as. Assim, se a fonte das flutuações é interna, deve-se seguir os seguintes passos:

- a) análise de processo, redução de variações e monitoração através de cartas de controle e de outros métodos de controle estatístico de processo;
- b) redução de *setups*;
- c) treinamento de pessoal;
- d) melhoria na manutenção das máquinas;
- e) melhoria na qualidade da matéria-prima, etc.

Caso a principal fonte seja externa, o artigo sugere os seguintes passos:

- a) construir um pulmão antes do gargalo para absorver as flutuações;
- b) introduzir um processo de gerenciamento de pulmão para identificar as fontes de flutuação e reduzi-las nos componentes anteriores à restrição;

- c) aumentar a capacidade do componente B;
- d) redução dos lotes de produção e de transferência para suavizar o fluxo e prevenir gargalos "itinerantes" devido a lotes muito grandes;
- e) programação do sistema usando a metodologia "Tambor-Pulmão-Corda" (TPC);
- f) construção de um pulmão de espaço (*space buffer*) após a restrição.

Talvez a maior contribuição do texto refere-se à localização dos *buffers*. Os autores argumentam, que nem sempre o melhor posicionamento dos *buffers* deve estar na frente da restrição. Para demonstrar o fato, o artigo pede que se examine a figura 4.11. Nesta pode-se verificar que altas flutuações transformaram o recurso não-restrição C em um gargalo intermitente.

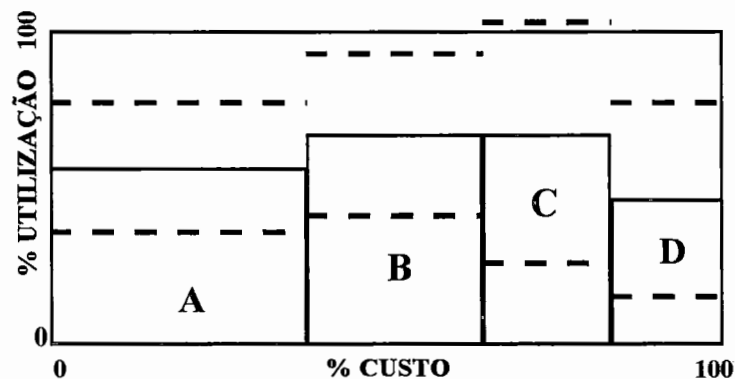


FIGURA 4.11: Efeito das flutuações.

Seguindo a metodologia DBR, deve-se adicionar um pulmão em frente ao recurso B. Este pulmão, como pode ser visto pela figura 4.12, aumenta a capacidade produtiva do sistema, mas não elimina por completo as flutuações em C, que provavelmente têm origem em suas próprias flutuações internas.



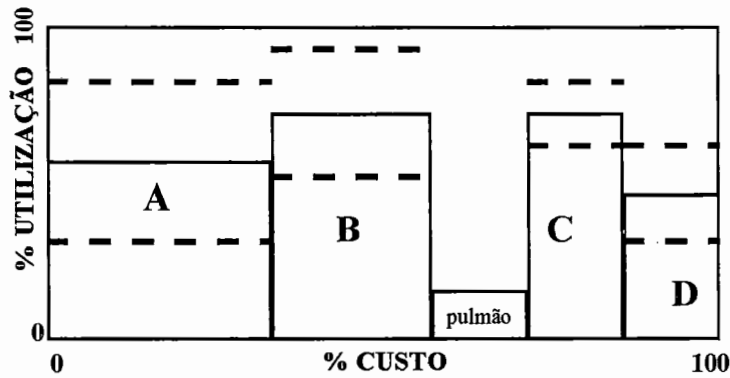


FIGURA 4.12: Pulmão localizado antes de uma restrição intermitente.

A figura 4.13, mostra uma diferente forma de abordar o problema. A proposta dos autores é fazer uso de um pulmão que reprima as flutuações externas de um componente que não é um gargalo, no caso o recurso B, ao invés de colocá-lo em frente de C, conforme prega a Teoria das Restrições. Segundo os autores, algumas vezes, a ação correta é posicionar o pulmão depois de um componente “barulhento”, tal como o componente A, para absorver as flutuações do sistema. Tal ação seria mais barata e mais eficaz que a prática tradicional pois esta também reduziria as flutuações externas de B. Desta forma, a nova solução alternativa atacaria as raízes do problema, amortecendo as flutuações depois do componente A.

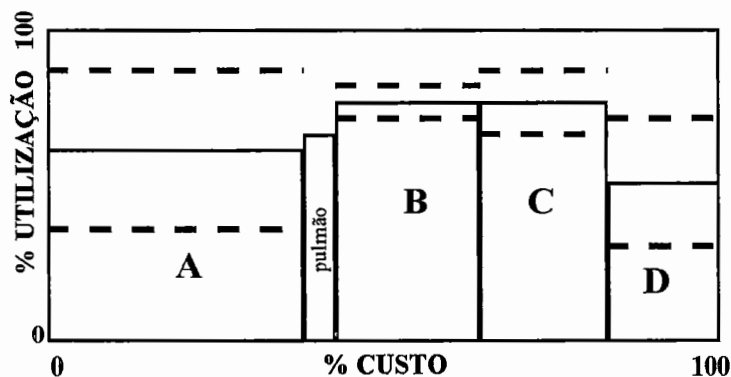


FIGURA 4.13: Um pulmão após a origem da flutuação.

#### 4.8 A melhoria organizacional em ambientes TOC

A Teoria das Restrições propõe duas formas fundamentalmente distintas para melhoria dos processos organizacionais. Estas abordagens diferenciam-se em termos de enfoque e tempo para retorno das melhorias efetuadas.

A primeira forma refere-se aos métodos gerenciais centralizados nas restrições propriamente ditas do sistema. Como, por definição, restrição é tudo aquilo que limita a empresa de alcançar melhores desempenhos no que tange a sua meta, qualquer melhoria nestes elementos restritivos devem resultar num aumento da *performance* de todo o sistema. Tais melhorias são sentidas pela organização logo após a implementação destas mudanças operacionais. É, portanto, um método de melhoria de desempenho com retorno num curto prazo. Neste tópico, serão apresentadas algumas técnicas de incremento da capacidade de restrições físicas, isto é, dos RRCs. Não será visto aqui, nenhum método de elevação de restrições não-físicas, como aquelas advindas de políticas errôneas da empresa. A eliminação de restrições políticas pode ser melhor alcançada, de acordo com os mandamentos da TOC, através do uso de seus “Processos de Raciocínio”.

A segunda abordagem de melhoria de processos relaciona-se à administração das não-restrições. A técnica proposta pela TOC neste sentido denomina-se “gerenciamento de pulmões”. Porém, aumentos nos níveis de desempenho de recursos não-restrição não são convertidos, automaticamente, em lucros para a empresa. Estes são necessários para dar sustentação aos níveis atuais de desempenho da organização e incrementar seu potencial competitivo. É evidente, portanto, que estas melhorias devem impactar em aumentos do lucro a médio e longo prazos, devido às melhorias proporcionadas aos fatores competitivos da empresa. Os próximos dois tópicos tratarão respectivamente destas duas abordagens.

##### 4.8.1 Formas de aumentar a capacidade de recursos restritivos

Lembrando que toda fábrica terá sempre poucos recursos restritivos, os RRCs, e que estes impõem o máximo fluxo produtivo do sistema, deve-se procurar extrair destes elementos o máximo em termos de desempenho operacional. Na grande maioria dos casos, no entanto, ao lado das restrições físicas, há também certas

restrições políticas e comportamentais que restringem ainda mais a capacidade produtiva dos RRCs. Estas devem ser elevadas o mais rápido possível.

UMBLE & SRIKANTH (1990, p.180-185), citam cinco formas básicas de aumentar o fluxo nos RRCs. São elas:

### **1- Eliminar períodos de ociosidade.**

Desperdícios de tempo ocorrem em todos os recursos, inclusive nos gargalos. Tais desperdícios podem ser classificados como esperados ou inesperados. Ociosidades esperadas ocorrem em intervalos regulares e podem ser facilmente superadas. Um típico exemplo são as paradas dos RRCs por motivos de almoço, descanso ou troca de turno. É função da gerência evitar estes tipos de situações, assegurando que estes recursos operem continuamente através de algumas medidas simples, como revezamento da mão-de-obra, por exemplo.

Ociosidades inesperadas ocorrem em intervalos de tempo irregulares e podem ter origem em diversos motivos como absenteísmo, ausência de material ou ferramentas indispensáveis à operação, quebras ou mau funcionamento do recurso. Problemas de absenteísmo podem ser eliminados através de treinamento de outros operadores para suprir o operário faltante. Questões referentes à falta de material devem ser sanadas com um bom gerenciamento do pulmão (ver tópico 4.8.2, a seguir, referente a este assunto), enquanto que cabe à administração minimizar também as interrupções por falta de ferramentas disponíveis. Quebras ou más condições do equipamento podem ser reduzidas através de uma política consistente de manutenção preventiva e, se possível, preditiva.

### **2- Reduzir tempos de *setup* e de processamento unitário.**

Os esforços organizacionais de melhoria nos tempos de processamento devem ser focalizados nos RRCs do sistema, pois estes resultarão em ganhos de *performance* no sistema como um todo. Como em tais recursos não há excesso de capacidade, qualquer redução nos tempos de *setup* será convertida em capacidade adicional para a produção.

Os autores lembram que existem duas maneiras básicas de reduzir-se os tempos com preparação dos recursos para se produzir um lote. A primeira relaciona-se com a política de dimensionamento de lotes nos RRCs. Tais políticas, que não possuem nenhuma relação com os cálculos de “lotes econômicos”, procuram reduzir o número de lotes simplesmente combinando lotes e evitando interrupções repentinas por mudanças de prioridades.

A segunda abordagem busca reduzir os tempos necessários para *setup* através de um bom seqüenciamento dos lotes ou através de técnicas de “engenharia de *setup*”. No primeiro caso procura-se agrupar lotes que exigem condições operacionais parecidas. Operações como tratamento térmico, por exemplo, é um bom exemplo para este tipo de situação, onde os lotes que exigem temperaturas de forno próximas são seqüenciados juntos, sempre que possível.

O segundo caso aborda a redução dos tempos individuais das preparações propriamente ditas através da engenharia de *setup*. A técnica consiste, basicamente, em dividir o *setup* em atividades internas e externas ao processo. Como as atividades internas ao processo de *setup* só podem ser conduzidas com o recurso fora de operação, a idéia é fazer com que tais atividades tornam-se externas ao processo, o que aumentaria o tempo disponível para processamento do recurso. Reprojetar procedimentos, ferramentas e equipamentos, para facilitar a operação das máquinas, também deve ser considerado.

### **3- Melhorar o controle de qualidade.**

A prática do controle de qualidade para a Teoria das Restrições deve ser entendida no contexto do valor representado pelo tempo de processamento nos RRCs, principalmente quando estes são também gargalos. Assim, a gerência deve evitar perdas de tempo nestes recursos através de duas abordagens complementares. A primeira é impedir que o RRC trabalhe em peças com defeitos e que, conseqüentemente, não resultarão em ganho. Uma rigorosa inspeção a frente deste recurso pode ser necessária. O segundo procedimento implica em garantir que as peças já processadas pelo RRC não se transforme em sucata ou necessite de retrabalho.

UMBLE & SRIKANTH (1990) complementam esta questão lembrando que nos casos onde as peças não-conformes necessitam de retrabalho num RRC, a decisão, se este retrabalho deve ser realizado ou não, deve ser tomada em função do tempo que este retrabalho irá consumir do recurso restritivo. Se este tempo for maior que o tempo padrão de produção da peça, pode ser mais vantajoso para a empresa optar pelo sucateamento da mesma. Caso contrário, a gerência deve ainda verificar qual a probabilidade desta peça ser sucateada após o retrabalho no RRC, antes de tomar qualquer decisão a respeito.

#### **4- Reduzir a carga de trabalho.**

Incrementos na capacidade podem também ser alcançados através da redução da carga imposta sobre os recursos restritivos. Assim, a gerência deve garantir que os RRCs estão processando somente materiais para os quais existe demanda de mercado e que, portanto, vão se transformar em ganho para a empresa. A administração deve também verificar se a engenharia ou os clientes não alteraram as especificações de algum produto cujo processamento no RRC tornou-se desnecessário.

Reduções na carga dos RRCs podem ser obtidas via redesenho de processos ou produtos. Medidas como estas podem diminuir ou mesmo eliminar algumas operações nas restrições, aumentando a capacidade disponível nestes recursos.

Outras formas eficientes de alívio de carga nos RRCs podem, no entanto, entrar em conflito com algumas medidas de avaliação de custos, mas nem por isso devem ser evitadas. Estas se referem ao uso em paralelo de máquinas antigas que podem executar a mesma função do RRC, mas que foram descartadas pela empresa por serem consideradas ineficientes do ponto de vista contábil. Subcontratações também podem mostrar-se mais “caras” que os processos de produção internos da fábrica, mas que, por aumentar o ganho e melhorar o desempenho nos prazos de entrega da organização, podem também ser uma solução cabível.

#### **5- Comprar capacidade adicional.**

Adquirir equipamentos adicionais, contratar mais mão-de-obra ou fazer horas-extras são decisões geralmente custosas e devem ser tomadas somente quando

esgotadas todas as demais formas de aumento de capacidade anteriormente anunciadas. Segundo os autores, antes de se comprar um novo equipamento, o gerente deve ter certeza que este será usado para aumentar a capacidade de um RRC. Em segundo lugar, é muito comum em empresas de capital intensivo verificar-se que os RRCs correspondem aos equipamentos mais caros da fábrica. Tais condições limitam as vantagens adjacentes à compra de maquinários para aumentar a capacidade do sistema.

Contratar operários para trabalhar num segundo ou terceiro turno pode ser uma alternativa mais barata e eficiente, pois se convenientemente treinados, poderão proporcionar maior flexibilidade à empresa. No entanto, a alternativa de horas-extras é, para UMBLE & SRIKANTH (1990), a melhor solução, pois envolve menos risco e é ainda menos permanente que a contratação de novos funcionários ou compra de novos equipamentos.

FAWCETT & PEARSON (1991, p.53) resumizam e ampliam as ações propostas por UMBLE & SRIKANTH (1990) em uma lista de “métodos para melhorar a utilização e a capacidade dos recursos restritivos”. Nesta, o autor prefere utilizar o termo gargalo a usar a terminologia mais apropriada que seria RRC. A lista contém quatorze itens citados abaixo:

- Treinar o operador do gargalo para ser mais eficiente.
- Habilitar outros trabalhadores para prevenir-se tempos ociosos por absenteísmo.
- Melhorar as ferramentas e instrumentos de aferição usados no gargalo.
- Usar “engenharia de *setup*” para simplificar os métodos de *setup*.
- Transferir atividades de *setup* interno para atividades de *setup* externo, sempre que possível.
- Reduzir os tempos de *setup* através do processamento consecutivo de famílias de tarefas que requerem *setups* similares.
- Melhorar o rendimento do gargalo assegurando a qualidade do processo.
- Eliminar componentes com defeitos antes que estes cheguem no gargalo.

- Garantir que os componentes processados pelo gargalo não serão sucateados mais tarde.
- Melhorar a manutenção preventiva para reduzir as quebras no gargalo.
- Melhorar o processo do gargalo através da engenharia de processos.
- Descarregar carga através de centros de trabalho alternativos ou métodos de manufatura.
- Reprojetar alguns produtos para amenizar a carga no gargalo.
- Subcontratar trabalho no gargalo.

#### **4.8.2 O Gerenciamento de Pulmão**

O sistema Tambor-Pulmão-Corda é capaz de aumentar o ganho da empresa a partir de um baixo nível de estoque em processo e sem nenhum tipo de investimento significativo. A implantação desta ferramenta, ainda que possa elevar alguns índices de desempenho da organização num curto prazo, não imuniza a empresa, entretanto, de uma futura perda de competitividade. Um mecanismo que a coloque num processo de melhoria contínua faz-se vital no atual cenário de economia internacionalizada.

A Teoria das Restrições desenvolveu uma técnica denominada “Gerenciamento de Pulmão” (GP), que permite à empresa identificar onde as melhorias no processo produtivo são mais importantes para um aumento nos índices de desempenho global do sistema. Um aviso de possíveis interrupções no fluxo produtivo é dado quando o material planejado chega com um significativo atraso na origem de pulmão. Para GOLDRATT & FOX (1989) o conteúdo do pulmão deve ser dividido em três partes. O material planejado para estar no primeiro terço do pulmão deve estar sempre presente. Por outro lado, deve-se esperar que a maioria do material planejado para o último terço do pulmão esteja ausente. O segundo terço do pulmão deve estar parcialmente preenchido. Este perfil do pulmão deve proteger as operações críticas de todas as flutuações, exceto as mais extremas. Assim, se o nível do pulmão estiver abaixo de um terço de sua capacidade, este deve estar subdimensionado, colocando em risco a produção do RRC e portanto, de toda a linha. Por outro lado, se o nível planejado para o pulmão estiver constantemente acima de 2/3 de sua capacidade, este deve estar superdimensionado em relação às flutuações estatísticas

dos demais elementos do sistema ou material está sendo liberado antes do tempo pré-determinado pela Corda. A figura 4.14 a seguir mostra alguns possíveis perfis para um pulmão de tempo. Atenta-se para o fato que o perfil representado pela letra *a* satisfaz as condições mencionadas anteriormente.

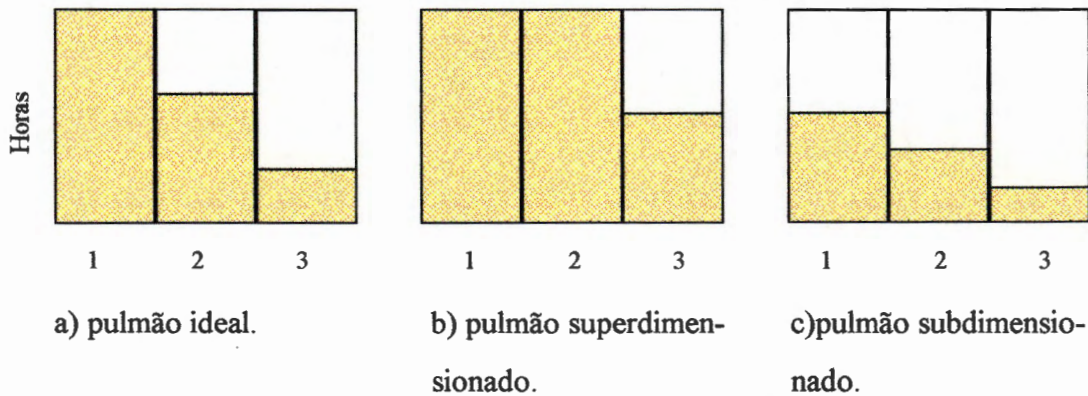


FIGURA 4.14: Alguns casos de perfis de conteúdos de um pulmão de tempo.

De acordo com GARDINER et al. (1992), o *lead time* de produção é controlado através da manutenção do tamanho do pulmão num nível tal que 90% de todas as partes estejam completas sem nenhuma necessidade de “apressamento”. Quanto maior a frequência de “apressamentos”, maior deve ser o pulmão. Da mesma forma, o pulmão deve ser reduzido se os “apressamentos” são muito raros.

Se por um lado é importante ter-se a quantidade apropriada de espaço vazio no pulmão e onde ele deve ficar localizado, deve-se também tomar medidas para eliminar as lacunas ou furos no pulmão. Comparação dos pulmões planejados com os reais indicarão as peças que estão faltando e que deveriam estar ali. Estes furos no pulmão resultantes de peças faltantes são causados por interrupções no fluxo de material nas operações anteriores ou por falhas na relação com fornecedores.

Uma vez que se tenha a informação da localização do centro de trabalho ou do fornecedor que causou a interrupção no fluxo (através de um sistema de controle de inventário ou via visualização *in loco*), faz-se uma lista dos centros de trabalho e dos fornecedores responsáveis pelas ocorrências dos furos. Aos elementos que aparecem com maior frequência na lista, deve-se concentrar os esforços de melhoramento da produtividade. Assim, o empenho constante para eliminar os furos



nos pulmões é um processo **focalizado** de melhoria contínua. O gerenciamento de pulmão fornece informações importantes para direcionar os esforços de melhoria contínua no sistema produtivo quando as causas dos “apressamentos” são investigadas.

Para GOLDRATT (1991, p.126), “um recurso aparece freqüentemente porque contém a causa de um problema comum de algumas tarefas. Pode ser um processo defeituoso, um *setup* não confiável, a falta de capacidade protetora suficiente ou, simplesmente, que o recurso é administrado de forma muito ruim. Em qualquer evento, se considerarmos o núcleo do problema a nível de recurso, e não da tarefa, não precisamos apressar repetidamente. Vamos eliminar, até certo ponto, os motivos de apressar. Fazendo apenas isto, orientando nossos esforços do processo de melhoramentos do TQM e JIT pela lista de recursos problemáticos, podemos reduzir gradualmente, mas consistentemente, o tamanho dos pulmões de tempo.”

Uma técnica simples e direta para localizar as principais fontes de interrupções nos processos produtivos é citada primeiramente por GOLDRATT & FOX (1989) e melhor analisada por UMBLE & SRIKANTH (1990). Esta consiste, essencialmente, de um método para quantificar o impacto que cada interrupção teve no ganho, no inventário e na despesa operacional da empresa. Para tal, cada furo significativo que aparece no *time buffer* é identificado e atribuído a uma fonte de interrupção específica. O furo é então minuciosamente monitorado até que o material faltante finalmente chegue e o dano no pulmão possa ser avaliado. Há duas variáveis que medem o impacto de uma interrupção no fluxo num *time buffer*. A primeira reflete a quantidade de horas de processamento que as peças ausentes irão exigir do RRC quando chegarem na origem do pulmão. A outra variável mede quão tarde a ordem está quando esta finalmente chega no pulmão. É claro que quanto maior o furo, representado pela primeira medida, e mais atrasado está o pedido, segunda medida, maior é o dano no *time buffer*. Estas duas medidas podem ser usadas para quantificar um fator de interrupção para cada furo no pulmão.

SCHRAGENHEIM & RONEN (1991) defendem que as informações acumuladas sobre as causas dos buracos nos pulmões devem ser obtidas a partir de

verificações efetuadas em uma frequência pré-estabelecida nas regiões 1 e 2 (primeiro e segundo terços do pulmão, respectivamente) e cujos dados coletados devem conter:

- Tipo de pulmão: restrição, expedição ou montagem;
- A causa do furo (problemas com um recurso, falta de matéria-prima, *setup*, etc.). Se a causa não estiver clara, o autor sugere que se anote o recurso onde a peça atrasada foi encontrada;
- O tamanho do pulmão em unidades de tempo;
- A região (2 ou 1).

O resultado acumulado destas informações é a base para as decisões de melhoria no sistema.

Há três tipos de resultados que devem ser obtidos a partir do gerenciamento de pulmões segundo os mesmos autores:

1. Sinalização de situações onde os apressamentos são necessários para o cumprimento do programa e o manuseio da corda é inadequado (liberação de material desnecessário para a fábrica);
2. Monitoração da duração dos pulmões de tempo, ou seja, do *lead time* de produção total;
3. Fornece suporte às decisões gerenciais, indicando onde os esforços de melhoria do sistema devem ser focalizados.

Ainda para SCHRAGENHEIM & RONEN (1991), os buracos encontrados no terceiro terço do pulmão ou “região 3”, por possuírem ainda bastante tempo até seu consumo, devem ser desprezados. As peças faltantes que atingem o segundo terço, ou “região 2”, devem ser monitoradas para verificar se estas atingirão a zona de apressamento. Já as peças faltantes referentes aos buracos localizados no primeiro terço do pulmão ou “região 1”, por estarem muito próximos do momento de consumo, devem ser apressadas pois há forte ameaça de perda de ganho do sistema.

UMBLE & SRIKANTH (1990) lembram que existem diversas causas possíveis para as interrupções no fluxo de material para a origem do pulmão. Algumas destas causas mais comuns são pobres procedimentos de controle de qualidade, manutenção inadequada resultando em freqüentes falhas nos equipamentos, *setups* desnecessariamente longos, vendedores pouco confiáveis e pobres programações. Os

autores sublinham também que já existem poderosas técnicas disponíveis que fornecem excelentes guias para resolução destes tipos de problemas.

É importante salientar que a Teoria das Restrições não exclui, portanto, as poderosas ferramentas de identificação e resolução de problemas propostas pelos movimentos da Qualidade Total e pelo *Just in Time*, como aquelas representadas pelos “diagramas de causa-efeito”, o CEP - Controle Estatístico de Processo, técnicas de redução de *setup*, etc. O que muda é o enfoque, a forma de atacar os problemas de processo. Ao invés de buscar constantes aperfeiçoamentos em todos os lugares da organização, a TOC localiza e prioriza as principais fontes de disfunções, aquelas responsáveis pela maioria dos efeitos indesejáveis da empresa, atacando-as sistematicamente.

Outro aspecto que deve ser lembrado relaciona-se ao aumento do ganho provenientes da redução do pulmão e conseqüentemente do *lead time*. A melhor capacidade de resposta ao mercado devido aos baixos níveis de estoque em processo deve levar, provavelmente, a aumentos na demanda e, portanto, no ganho. Este acréscimo nos níveis de produção do RRC, no entanto, pode consumir parte da capacidade disponível para proteção. Para compensar a perda da capacidade protetora, deve-se recorrer a aumentos no tamanho de pulmão de tempo, ou seja, o processo de melhoria focalizada via gerenciamento dos pulmões de tempo pode não levar necessariamente à reduções constantes de estoques protetores, mas conduzir a oscilações controladas nos níveis de inventário.

No entanto, para UMBLE & SRIKANTH (1990), os pulmões de tempo devem ser continuamente analisados e as fontes de interrupções devem ser os alvos para as melhorias de processo. Os esforços para eliminar interrupções, reduzir pulmões, melhorar a competitividade, aumentar a capacidade do gargalo e o ganho da empresa é um processo sem fim. Novos problemas continuarão a surgir, mas a firma opera agora em níveis cada vez mais altos de desempenho e lucratividade.

Reduções na capacidade de regeneração dos pulmões dos recursos que abastecem o RRC pode gerar o aparecimento de “restrições” flutuantes como já mencionado no tópico referente a capacidade protetora. Estas “restrições” não surgem devido a problemas de processo, qualidade ou outro qualquer, mas devido à

insuficiente capacidade protetora requerida nestes recursos. Tais recursos possuem, na média, capacidade suficiente para absorver a carga imposta pela demanda de mercado. Entretanto, devido às variações no *mix* de produção, podem surgir picos de sobrecarga nestes recursos. Durante estes picos, a capacidade protetora destes recursos fica comprometida e o ganho do sistema fica ameaçado. Para amenizar estes efeitos de sobrecarga em recursos não-restrição devido às variações no *mix*, surge um novo conceito denominado Pulmão Dinâmico.

#### 4.8.2.1 O Pulmão Dinâmico

Para GOLDRATT (1991), quando se fala de capacidade protetora, tem-se sempre que considerar que um dos principais causadores do *lead time* de uma tarefa é a disponibilidade não imediata de recursos, isto é, determinada tarefa chega a um recurso não-restrição e este está ocupado trabalhando em outra tarefa necessária. Este fato pode tornar-se comum quando existe uma significativa flutuação no *mix* de produtos e, desta forma, um recurso pode aparecer freqüentemente na lista de recursos problemáticos devido a estas flutuações e não por problemas de manutenção ou qualidade, por exemplo. O problema existe devido ao fato da extensão da capacidade adicional flexível ser muito limitada geralmente pelo volume de hora extra disponível.

Geralmente, o que se faz é adicionar uma capacidade permanente (investimento) mesmo que esta capacidade adicional seja, por definição, útil apenas parte do tempo. Entretanto, uma saída para este problema pode ser recorrer ao uso do computador. Este eliminaria a necessidade de se acrescentar capacidade permanente para conviver com freqüentes mudanças no *mix* realizando, através de cálculos matemáticos, a compensação que existe entre capacidade protetora e tamanho de pulmão de tempo. Este pulmão variável é chamado pela Teoria das Restrições de "Pulmão Dinâmico".

Basicamente, o que faz o pulmão dinâmico é variar o período de liberação de material para a fábrica com a finalidade de evitar-se que um determinado recurso, localizado antes do RRC, fique ocioso durante um longo período de tempo e extremamente sobrecarregado em outro. A função do pulmão dinâmico é equilibrar a

carga neste recurso através de uma antecipação na data de liberação de material em relação à fixada anteriormente pelo pulmão de tempo “tradicional”. Esta antecipação irá transferir para os períodos de ociosidade do recurso as sobrecargas de períodos posteriores. A figura 4.15 ilustra as duas situações de perfis de carga para um recurso programado respectivamente por um pulmão “não-dinâmico” e a mudança na distribuição de carga após utilização de um pulmão dinâmico.

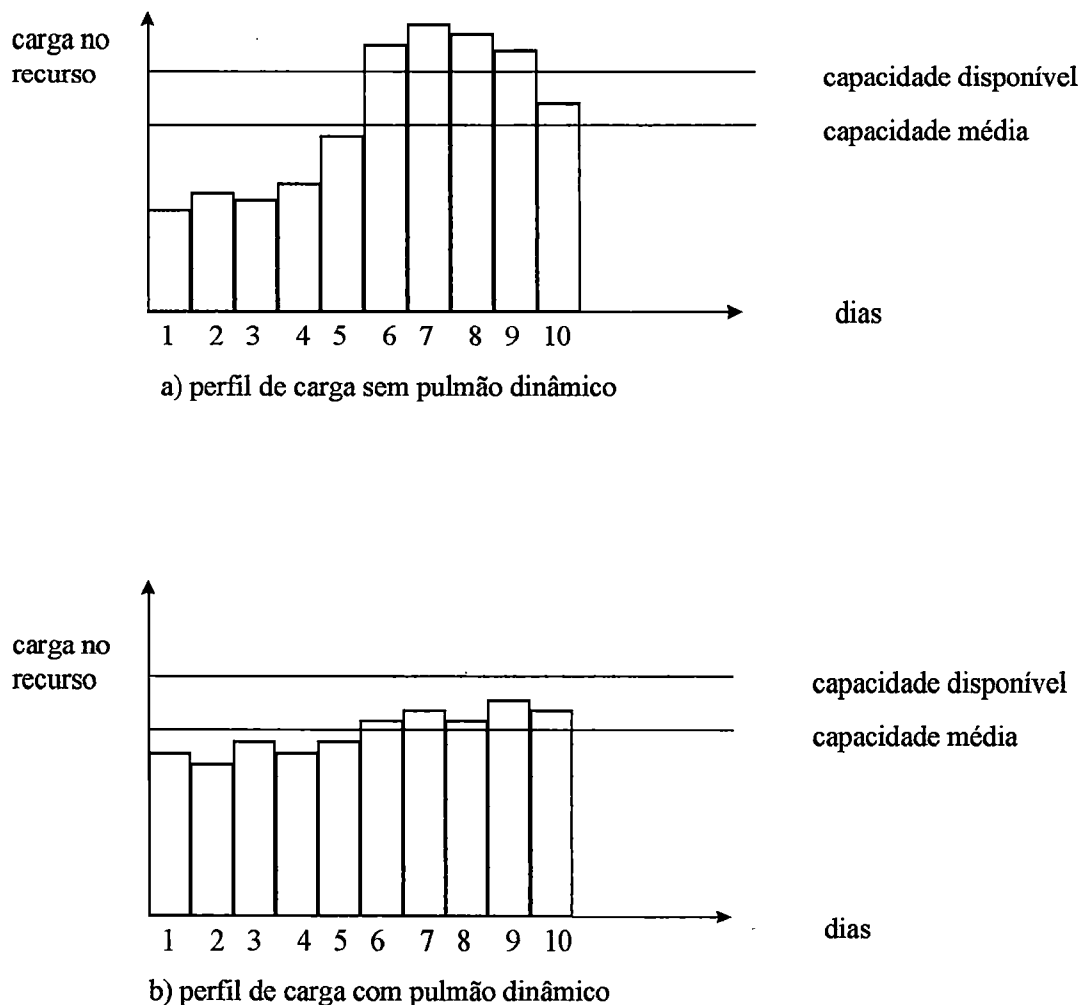


FIGURA 4.15: Perfis de Carga de um Recurso com e sem Pulmão Dinâmico.

A proposta do Pulmão Dinâmico é obter, a partir de uma previsão nas flutuações esperadas de carga, uma programação de liberação de materiais de acordo com estas flutuações. Isto definitivamente reduz o tempo que o material deve esperar a frente de um recurso e, assim, reduz significativamente o *lead time* total do sistema.

#### **4.9 A Análise V-A-T**

A forma como cada produto se move através dos vários recursos em seu roteiro de produção, além do número e diversidade de produtos que se utilizam de um recurso em particular, resultam num ambiente de complexas interações entre práticas e políticas gerenciais, recursos e fluxos de produtos em uma fábrica. Este conjunto de complexas interações é geralmente pouco compreendido pela administração. O fato é que, estratégias baseadas em conceitos tradicionais de avaliação de desempenho não resolvem, e muitas vezes agravam os problemas encontrados em diferentes ambientes de manufatura.

Felizmente, a grande maioria dos problemas relacionados com o fluxo de produtos possui características próprias da natureza das interações entre recursos e produtos existentes na fábrica. Estas similaridades entre problemas específicos e tipos de processos produtivos devem ser corretamente entendidas para que se possa identificar as políticas administrativas apropriadas para aquele tipo de fábrica. Uma técnica que busca viabilizar este entendimento intitula-se análise V-A-T. Seu grande potencial está na forma como esta classifica e analisa as operações de manufatura.

##### **4.9.1 A Análise V-A-T como ferramenta para identificação de Recursos com Restrição de Capacidade**

Além do que já foi dito em relação a alguns métodos que podem facilitar a identificação de uma restrição física em uma fábrica, FAWCETT & PEARSON (1991) explicam que a localização de uma restrição pode variar de acordo com o tipo de operação usada e dos produtos manufaturados pela empresa. No estudo, os autores descrevem os três tipos básicos de plantas fabris que se constituirão no cerne de todo o estudo que será desenvolvido daqui para frente: fábricas em “V” ou divergentes, fábricas em “A” ou convergentes, e manufatura por previsão ou montagem por pedido em fábricas tipo “T”. Pode haver também fábricas cujas configurações são combinações dos três tipos citados. A figura 4.16 apresenta estes três tipos de planta.

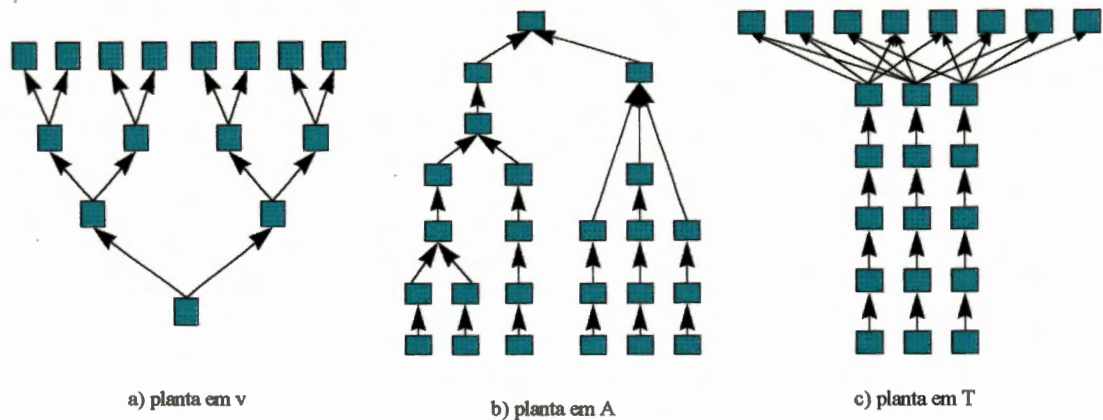


FIGURA 4.16: Estruturas genéricas de plantas fabris.

De acordo com o autor, cada configuração possui suas próprias características e portanto necessitarão de diferentes técnicas para localizar os recursos restritivos. As plantas tipo “V” produzem geralmente muitos produtos finais a partir de um número relativamente pequeno de matérias-primas ou componentes. Tipicamente, tais plantas possuem também um fluxo produtivo que envolve rotas em paralelo com algumas atividades realizadas em máquinas comuns. Outras características incluem produtos divergentes ou diferenciação e uso de máquinas especializadas. Exemplos deste tipo de planta em “V” são as fábricas de fundição de aço, que se utilizam de um único tipo de insumo básico, o minério de ferro, e processos similares para produzir numerosos tipos e tamanhos de aços.

Nestas instalações, os estoques tendem a se acumular em frente aos recursos restritivos. Logo, os perfis de estoque em processo podem fornecer valiosos *insights* para identificação dos RRCs.

As fábricas em “A”, por sua vez, são caracterizadas por um largo número de partes componentes que são montadas dentro de um número limitado de produtos finais (produtos convergentes). Características adicionais incluem centros de produção constituídos por máquinas do tipo universal, com departamentalização e aparentes gargalos “itinerantes”. Horas-extras e apressamentos são também comuns nestes ambientes, especialmente nos finais de mês.

A chave para identificar os RRCs nestes tipos de fábricas está na elaboração e análise de listas de peças faltantes ou atrasadas para as operações subsequentes. Um comportamento padrão de componentes que são produzidos em recursos restritivos é

que tais componentes desenvolvem freqüentemente um modelo de atrasos e apressamentos. Após a identificação desses componentes, deve-se comparar as rotas dessas peças e elaborar-se uma lista dos recursos encontrados. Faz-se a mesma coisa para os itens que não apresentam problemas com atrasos e compara-se as duas listas para encontrar os possíveis recursos restritivos. Os RRCs não estarão em ambas as listas. Os recursos com restrição de capacidade podem ser agora identificados a partir da verificação de longas filas de estoque em processo, excesso de horas-extras, freqüentes apressamentos e *setups* interrompidos nas áreas problemas suspeitas.

As instalações em “T” são fábricas caracterizadas por possuírem muitas peças que são processadas (ou montadas) a partir de um número limitado de componentes. Estes, por sua vez, são acumulados a partir de uma previsão de vendas e estocados para posterior montagem em produtos finais a partir dos pedidos dos clientes. Partes comuns e altos níveis de inventário são típicos destes ambientes produtivos. Em adição, montagens baseadas em mão-de-obra intensiva dominam o final do processo e horas-extras são freqüentes por toda a fábrica. Um grande problema nestes ambientes é o “desvio” de peças aguardando montagem que estavam designadas à expedição de itens já programados para embarque.

Neste cenário, o histórico de pedidos fornece informações melhores sobre recursos restritivos que listas de peças com atraso para isolar os RRCs. Assim, desde que os pedidos representam diferentes configurações de componentes, a identificação do provável recurso restritivo se dá a partir de uma lista de máquinas responsáveis por atrasos nos pedidos. Esta deve ser comparada à lista de máquinas por que passaram os pedidos que foram expedidos com antecedência. Novamente, o RRC não deve estar em ambas as listas.

#### **4.9.2 A Análise V-A-T como ferramenta para identificação de problemas e controle gerencial**

Além de servir como uma ferramenta de auxílio na identificação das localizações dos recursos com restrição de capacidade num processo de manufatura, a classificação das estruturas produtivas, nos tipos V, A e T, também permite analisar as operações de manufatura de forma que se possa melhor compreender os



relacionamentos de causa-efeito entre os sintomas e as causas dos problemas. Devido ao elevado grau de dependência que, em geral, existe nas fábricas, fica extremamente difícil entender as várias interações entre os diversos eventos que ocorrem dentro de um ambiente de manufatura sem uma ferramenta que auxilie neste fim. A análise V-A-T é uma ferramenta gerencial que procura cooperar neste sentido.

UMBLE (1992, p.56-57) resume as principais características que existem em comum em cada uma destas estruturas.

#### Plantas em V:

1. O número de itens finais é grande quando comparado ao número de matérias-primas.
2. Todos os itens finais vendidos pela fábrica são processados, essencialmente, da mesma forma.
3. Os equipamentos são, geralmente, de capital intensivo e altamente especializados.

#### Plantas em A:

1. Montagem de um grande número de peças manufaturadas em um número relativamente pequeno de itens finais.
2. Os componentes são, em grande parte, únicos para itens finais específicos.
3. As rotas de produção dos componentes para um único item final são altamente distintas.
4. As máquinas e ferramentas usadas no processo de manufatura tendem a ser genéricas e são, freqüentemente, usadas para muitas tarefas diferentes.

#### Plantas em T:

1. Vários componentes comuns, comprados ou manufaturados, são montados juntos para produzir o produto final.
2. Os componentes são comuns para muitos itens finais diferentes.

3. Tipicamente, as rotas de produção para as partes componentes não incluem um significativo número de pontos de divergência ou processos de montagem convergentes (os significados dos termos pontos de divergência e montagem convergente serão explicados no tópico a seguir).
4. As rotas para qualquer componente que requer processamento são geralmente distintos.

Para LOCKAMY & COX (1991), antes da empresa iniciar o processo de implementação dos princípios pregados pela TOC, esta deve primeiramente determinar em qual categoria se enquadra a fábrica, ou seja, V, A, T ou uma combinação destas.

A classificação V-A-T utiliza-se de um "diagrama de fluxo de produto" que considera simultaneamente a explosão do *bill-of-materials* e a rota detalhada para cada produto. De uma maneira geral, pode-se dizer que existem três categorias especiais de pontos que são de especial interesse nos diagramas de fluxo de produto: pontos de divergência, pontos de montagem convergentes e pontos de montagem divergentes. A figura 4.17 ilustra estes três tipos de situações.

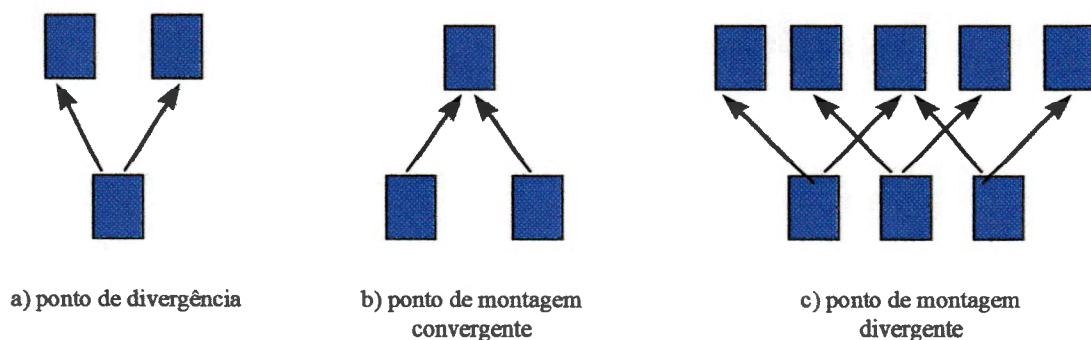


FIGURA 4.17: Os três tipos de "pontos" que caracterizam as plantas V-A-T.

UMBLE (1992) explica cada um destes pontos especiais. Segundo ele, pontos de divergência representam as etapas no fluxo de produto onde um determinado material pode ser transformado em um ou mais materiais diferentes. Pontos de

montagem convergentes representam pontos onde duas ou mais peças componentes são montadas para formar um item pai específico. Pontos de montagem divergentes ocorrem quando um número de peças componentes comuns podem ser combinadas ou montadas em uma variedade de modos para formar um grande número de possíveis itens pais.

Ao se recordar as estruturas V-A-T apresentadas anteriormente, pode-se verificar que cada uma destas classificações possui uma predominância de um tipo de ponto em especial. Nas fábricas classificadas como tipo V, há um predomínio de pontos de divergência através do processo produtivo. As plantas em A são caracterizadas pela existência de pontos de montagem convergentes, enquanto que a característica dominante das plantas em T é a existência de pontos de montagem divergentes na montagem final. A partir das características predominantes em cada estrutura, pode-se extrair conclusões importantes em relação à identificação dos tipos principais de problemas de controle gerencial.

UMBLE (1992) relaciona três tipos de problemas básicos em plantas fabris:

- superativação de recursos
- desalocação de recursos
- desalocação de material

A superativação de recursos significa que alguns centros de produtivos estão trabalhando mais do que o necessário para atender a demanda. Tal atitude advém, geralmente, de um pressuposto errado que parte do princípio que se todos trabalharem o tempo todo a fábrica alcançará ótimos desempenhos. Esta política ignora a existência de recursos não-gargalos, que têm excesso de capacidade em relação a demanda e que, se forem mantidos ocupados 100% do tempo, provocarão a formação de estoques desnecessários de material em processo e produtos acabados e, conseqüentemente, uma queda no poder competitivo da empresa.

Uma outra situação ocorre quando a superativação de um recurso resulta também na desalocação deste recurso. A desalocação de um recurso implica que este está trabalhando em materiais desnecessários para atender a demanda. Uma causa comum da desalocação de recursos acontece quando os gerentes forçam os recursos a

operarem em grandes lotes a fim de manter altas eficiências. Quando isto ocorre, o excesso de material do lote é processado enquanto que o material que deveria estar sendo trabalhado acaba ficando na fila esperando. Este tipo de situação pode levar ao surgimento de gargalos “temporários”, resultando em atrasos na produção e nas datas prometidas para entrega. Outra consequência desagradável deste tipo de política refere-se às possíveis perdas de ganho de todo o sistema, quando tais políticas de grandes lotes acabam resultando em desabastecimentos dos gargalos reais.

O terceiro tipo de problema pode ocorrer sempre que um determinado componente puder ser transformado em dois ou mais materiais diferentes e não-intercambiáveis. A desalocação de material acontece quando material que é necessário para um certo produto é desviado e processado em outro material, atualmente desnecessário. Este tipo de problema pode trazer sérias consequências, pois a desalocação de material implica, geralmente, em uma superativação do recurso que processa o material e talvez ainda em uma desalocação deste recurso. Isto é devido ao fato que o material desalocado deve ser repostado, o que resulta em uma carga extra em todos os recursos que devem repor o material desviado. A desalocação de material pode ocorrer como resultado de uma política de lotes inadequada, falhas no controle de chão-de-fábrica ou ainda devido a programas de produção baseados em previsões errôneas.

O autor explica também que existe uma certa correspondência entre estes três tipos de problemas e alguns típicos ambientes de manufatura. A superativação de um recurso deve ocorrer em fábricas cujos trabalhadores têm acesso a material em excesso nas operações de início de processo, pontos de divergência, pontos de montagem convergente e pontos de montagem divergentes. A desalocação de recursos provavelmente acontecerá em ambientes onde os recursos podem processar diversos tipos de materiais e onde os tempos de *setup* são significativos o bastante para estimular grandes lotes e, portanto, altas “eficiências”. Já a desalocação de material é mais evidente em plantas caracterizadas por pontos de divergência e por pontos de montagem divergentes. Tipicamente, a desalocação de material deve envolver recursos que usam materiais em comum e que também possuam longos tempos de preparação de máquinas.

No entanto, talvez o maior benefício disso tudo esteja na análise dos problemas para cada tipo de estrutura dentro de uma classificação V-A-T. Em uma perspectiva de controle, os tipos de problemas que uma determinada planta encontrará em seu ambiente dependerá, até certo ponto, do grau de predominância das estruturas V, A e T e da existência de políticas e procedimentos que permitam ou encorajam as deslocações de material ou recurso.

#### **4.9.2.1 Problemas característicos de plantas em V**

Uma vez caracterizadas, principalmente, por pontos de divergências, as plantas em V são muito sensíveis a problemas de desalocação de material. Para UMBLE & SRIKANTH (1990) os tipos de problemas encontrados nestas fábricas dependem se estas têm ou não um recurso gargalo. Se não há gargalo então a mera existência de excesso de capacidade, somada às numerosas oportunidades de desalocação de materiais, é suficiente para causar significativas superativações de recursos e inventários excessivamente longos (de produtos errados). Mas se a planta é também gerenciada de acordo com as medidas tradicionais de desempenho baseadas em custos, haverá um inerente incentivo para superativar os recursos, e a magnitude dos problemas fica ainda maior.

Se há um gargalo (ou RRC) no sistema, então duas coisas podem acontecer:

1. A desalocação de material e superativação de recursos antes do gargalo criará grandes inventários em frente ao gargalo. Uma vez que devido a desalocação, estes estoques provavelmente não conterão os materiais necessários para satisfazer a demanda, então, para satisfazer seu critério de utilização, o gargalo será forçado a trabalhar nos produtos errados. Como consequência, o ganho é perdido e os programas de embarque ficam ameaçados.
2. A desalocação depois do gargalo tem duas grandes consequências. Ela resulta em estoques de produtos acabados errados e ainda aumenta a carga no gargalo, pois este agora terá que recompor o material que foi desviado.

Tal situação resulta, segundo UMBLE & SRIKANTH (1990), em uma aparente contradição entre manter-se altos níveis de estoque de bens acabados e

constantes apressamentos para satisfazer o mercado. No entanto, ainda para os autores, a falta de habilidade em responder às exigências do mercado não existe apesar dos estoques, mas devido aos estoques. O inventário foi construído devido à desalocação e estará, portanto, repleto de produtos errados. Mas cada desalocação, causada não por falta de disciplina ou controle, mas devido às medidas que focalizam eficiências locais e custos, causará um aumento na carga sobre todos os recursos localizados antes do ponto onde ocorreu o desvio, o que limitará a capacidade da empresa de produzir os itens certos dentro do prazo.

Outro grande problema típico de fábricas em V relaciona-se aos elevados tempos de *setups* próprios de plantas baseadas em capital intensivo. Estes tempos elevados encorajam a gerência a aumentar os tamanhos dos lotes (combinando lotes a partir de produtos de mesma família) para minimizar os custos de preparação. Tais ações, consistentes com as medidas tradicionais de desempenho, causam desvios das prioridades de produção, imprevisibilidade nos *lead times* e finalmente atrasos nas datas prometidas para entrega dos produtos aos clientes. Em resumo, os principais problemas que se defrontam os administradores de fábricas em V são:

1. Extenso inventário de produtos acabados.
2. Pobre serviço ao cliente.
3. Gerentes de produção ficam incomodados com as aparentes mudanças na demanda.
4. Gerentes de *marketing* queixam-se da falta de responsabilidade da fábrica.
5. Conflitos interdepartamentais são comuns dentro da fábrica.

#### **4.9.2.2 Problemas característicos de plantas em A**

As plantas em A são dominadas por pontos de montagem convergentes e, portanto, terão poucas chances para desalocarem materiais, pois as peças processadas são únicas para itens finais específicos. Por outro lado, problemas de desalocação de recursos são freqüentes nestes tipos de fábricas. Segundo UMBLE & SRIKANTH (1990), uma causa comum para estes tipos de problemas são novamente os grandes lotes de processamento e transferência resultantes de tentativas de cortes de custos de produção a partir da redução no número de *setups* efetuados. Tal política gera um

fluxo de produtos pela fábrica em forma de ondas, o que resulta na falsa impressão de existir gargalos “flutuantes” no sistema. A explicação para isto é que o uso de grandes lotes num centro de trabalho causa, nos recursos localizados posteriormente a ele, um modelo imprevisível de recebimento de material.

Este modelo cria dois problemas que parecem ser contraditórios, mas são típicos de plantas em A. Um problema é que a utilização dos recursos é insatisfatória, pois o fluxo em ondas faz com que tais recursos tenham que, muitas vezes, esperar por material para processar. O outro problema é o freqüente uso de horas-extras para cumprir as datas devidas aos clientes. Horas-extras são necessárias pois os recursos ficam muito tempo ociosos devido a falta de material. Quando o material finalmente chega, já é muito tarde para completar as operações restantes e a hora-extra parece ser a única saída.

Este fenômeno de falta e excesso de material é comum também nas operações de montagem. Como estas operações exigem que todas as peças tenham sido efetivamente processadas para que a montagem possa ser iniciada, é improvável que com um fluxo de material em forma de ondas, advindo de uma política de grandes lotes, todas as peças estejam disponíveis quando necessárias. Imediatamente, a gerência começa a procurar o local ou o recurso responsável por estas peças faltantes para apressar a produção. Como o fluxo em ondas faz com que as pilhas de material mudem constantemente de local, fica uma falsa impressão de que há gargalos “flutuando” pela fábrica.

De acordo com UMBLE & SRIKANTH (1990), as aparentes contradições entre baixos níveis de utilização e uso de horas-extras, e entre altos níveis de inventário e constantes apressamentos, são difíceis para os gerentes entenderem. Estas contradições também deixam a impressão de que a operação está fora de controle. Desta feita, a administração freqüentemente conclui que o processo de produção está fora de controle porque os sistemas de informação e controle são inadequados.

Estes problemas podem ser assim resumidos:

1. Montagem está sempre se queixando de falta de peças.
2. Excessivo uso de horas-extras não planejadas.
3. Utilização de recursos (não ativação) insatisfatória.

4. Gargalos parecem perambular pela fábrica.
5. A operação inteira parece estar fora de controle.

#### 4.9.2.3 Problemas característicos de plantas em T

Os problemas mais comuns nas plantas em T referem-se a desalocação de material nos pontos de divergência da montagem final, devido ao elevado número de peças comuns para diferentes produtos finais que existem nestes tipos de fábricas. Isto leva à inúmeras oportunidades para a desalocação de material.

De acordo com UMBLE & SRIKANTH (1990), os problemas de desalocação de materiais nas plantas em V advém, geralmente, de uma política que estimula os centros produtivos a ficarem todo o tempo ocupados processando material. Desta forma, quando alguns componentes não estão disponíveis para uma determinada tarefa já programada, mas há material suficiente para montar um outro pedido a ser entregue num período mais remoto, aquela política estimulará a montagem do pedido não programado. O problema é que alguns materiais comuns que estavam designados para as primeiras tarefas foram desviados para manter os recursos ocupados. Quando aqueles materiais atrasados finalmente chegarem para montagem, as ordens anteriormente programadas ainda não poderão ser completadas porque os outros materiais necessários para a montagem foram agora desviados para adiantar outras tarefas.

Para UMBLE (1992), uma vez iniciados, há um efeito dominó. Este fenômeno de *stealing* ('desvio ou roubo') seria bem conhecido pelo pessoal da produção nas plantas em T. Enquanto alguns pedidos estão disponíveis para embarque antes do momento, um número aproximadamente igual de pedidos estão atrasados, levando a um desempenho insatisfatório quanto ao cumprimento dos prazos prometidos.

As constantes mudanças nos programas do departamento de montagem resultam também em ineficiências nas áreas de manufatura de componentes (que podem estar em uma planta separada). Em uma tentativa de compensar as imprevisibilidades da montagem, os gerentes da fábrica de componentes acabam por superestimar suas previsões. Estas previsões superestimadas, somadas à prática de



economizar-se o número de *setups* em uma tentativa de reduzir custos, resultam em tamanhos de lotes excessivamente grandes. Estes, por sua vez, irão causar *lead times* muito longos que, combinados com as dificuldades de se prever a demanda de produtos específicos, irão trazer a estas plantas problemas muito parecidos com os encontrados nas plantas em V. O resultado é um elevado inventário de produtos acabados, mas com baixos desempenhos nos prazos de entrega.

Grandes lotes de componentes podem causar os mesmos movimentos de material em forma de ondas, como identificado nas plantas em A. Logo, ocorrerão também os mesmos problemas característicos daquela planta, como baixa utilização dos recursos, uso freqüente de horas-extras devido a esta sub-utilização e contínua falta de peças para operação de montagem (além também do fator agravante de “desvios” de materiais). UMBLE & SRIKANTH (1990) ressaltam também que todas estas alterações nos programas de produção acabam por afetar, da mesma forma, o departamento de compras. Este, para se proteger das constantes mudanças de plano, tendem também a superestimar suas previsões. O resultado disto tudo são elevados níveis de estoque de matéria-prima, material em processo e produtos acabados.

Em resumo, as principais áreas problemas em plantas tipo T são:

1. Grandes inventários de produtos acabados e componentes.
2. Pobre desempenho no cumprimento dos prazos.
3. Excessivos *lead times* de fabricação.
4. Insatisfatória utilização de recursos na fabricação.
5. Fabricação e montagem são tratadas como fábricas separadas.

Os problemas mais típicos encontrados em plantas A, V ou T são também identificados, da mesma forma, em fábricas que combinam estes três tipos de interação produto/recurso. Assim, tais plantas apresentarão, simultaneamente, características destes três tipos de fábricas e seus problemas devem ser tratados da mesma maneira que nos casos acima apresentados.

UMBLE (1992) salienta, no entanto, que os problemas de desalocação de recursos encontrados nas fábricas em A, ou então as deslocações de materiais comuns nas plantas em V ou T, não são fruto de uma falta de coordenação das atividades de

chão-de-fábrica e sim, resultado de políticas gerenciais que enfatizam o custo e a eficiência, como grandes lotes, liberação prematura de material e desvio de peças comuns na montagem final para mantê-la ocupada. Assim, ainda para o autor, as maiores restrições nas fábricas não são, na realidade, limitações físicas, mas políticas e procedimentos devastadores que diminuem a habilidade de se gerenciar efetivamente as operações.

Para evitar todos estes problemas, a TOC propõe que a empresa faça uso dos conceitos embutidos na metodologia “Tambor-Pulmão-Corda”. Assim, a gerência deve primeiramente localizar os recursos que estão limitando o fluxo de produtos pela fábrica (RRCs), maximizar a eficiência destes e criar pulmões de tempo para proteger o fluxo nestes recursos, as operações de montagem, quando houver, e o prazo de entrega dos pedidos. Coordenar os pontos de liberação de material ao sistema de acordo com a taxa de consumo do RRC, respeitando simultaneamente os pulmões de tempo estabelecidos. E, finalmente, levar a cabo um rigoroso controle nos pontos de liberação de material para a fábrica (em todos os casos), nos pontos de montagem convergentes (em plantas tipo A), nos RRCs (todos os casos), nos pontos divergentes (em plantas tipo V) e nos pontos de montagem divergentes (nos casos das plantas em T).

UMBLE & SRIKANTH (1990) salientam que a abordagem de manufatura sincronizada (TPC) para administrar as organizações requerem um claro reconhecimento das estruturas básicas de plantas fabris, assim como dos vários problemas que existem e suas causas raízes. Usando estes entendimentos como um trampolim, os gerentes podem aplicar os compreensíveis e sistemáticos grupos de princípios, guias e procedimentos da manufatura sincronizada para levar suas organizações a crescentes níveis de competitividade e lucratividade.

## **5 APLICAÇÃO DOS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO EM UMA METODOLOGIA DE INTEGRAÇÃO DE EMPRESA (MIE)**

Será visto aqui uma aplicação, com certas modificações, da Árvore da Realidade Atual (ARA) dos Processos de Raciocínio da TOC. Tal emprego está inserido, basicamente, na fase de diagnóstico de empresa, dentro de uma Metodologia de Integração de Empresa (MIE) desenvolvida pelo Projeto CIM da USP de São Carlos.

As modificações propostas neste trabalho se darão em dois aspectos relativos ao uso da ARA: (1) elaboração da lista de efeitos indesejáveis (EIs) a partir de um modelo de análise de disfunções e (2) construção de árvores complexas, advinda da necessidade de abordar-se macros problemas organizacionais, através de um método aqui denominado de Composição de Árvores.

A seguir, serão brevemente descritas as diversas fases e etapas que compõem a MIE. Após este tópico, o capítulo abordará as questões relativas à ARA e as alterações propostas para a mesma.

### **5.1 A Metodologia de Integração de Empresa (MIE) do Projeto CIM da USP de São Carlos - uma visão geral**

O novo ambiente industrial, originado pelas mudanças dos critérios de competitividade, faz com que as empresas sejam pressionadas pela necessidade de modernização e procurem capacitar-se através da implantação de novas filosofias e tecnologias de automação.

Nesse sentido, o grande desafio está centrado na capacidade de busca de novas tecnologias, novos mercados, novos métodos de gerenciamento, redesenho dos processos de negócio e de integração de todas as atividades executadas pela empresa.

Porém, uma de suas maiores dificuldades nessa busca da modernidade está na falta de orientação e visão de como agir para incorporar essas novas tendências, bem como de uma metodologia que promova integração de seus objetivos e funções.

Dessa forma, é importante que a adoção dessas novas soluções ocorra com o auxílio de uma metodologia de integração, que norteie a aquisição e implantação das mesmas com base nas estratégias e necessidades de informação da empresa (RENTEES, 1995).

Uma Metodologia de Integração de Empresas (MIE), vem sendo desenvolvida por um grupo interdisciplinar do Projeto Integração da USP de São Carlos. A MIE tem por objetivo auxiliar empresas que pretendem adquirir as já referidas tendências, em busca de adequação às mudanças ocorridas no ambiente em que atuam.

A MIE é uma metodologia orientada para *Change Management*, ou seja, para o Gerenciamento do Processo de Mudança na empresa. Sua estratégia de atuação é, portanto, apoiar a implementação de ações coordenadas, partindo de um nível estratégico até a implementação de procedimentos e sistemas. É importante colocar que a integração tratada pela metodologia é muito mais ampla que o simples uso de soluções computacionais, ela envolve também filosofias e técnicas administrativas.

Diversos grupos associados à MIE vêm estudando a possibilidade de utilização da Árvore da Realidade Atual (ARA) dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições na MIE, como ferramenta de diagnóstico de empresa. Neste trabalho, esta possibilidade será melhor explorada, procurando-se estabelecer o contexto de aplicação em um processo de diagnóstico.

A Metodologia de Integração de Empresa é proposta em três grandes etapas, cada qual composta por diversas fases específicas, que se encontram representadas através da figura 5.1.

A seguir, são apresentadas, de forma resumida, todas as etapas da MIE. Cada tópico apresentado vem sendo detalhado por um ou mais grupos do Projeto CIM da USP de São Carlos.

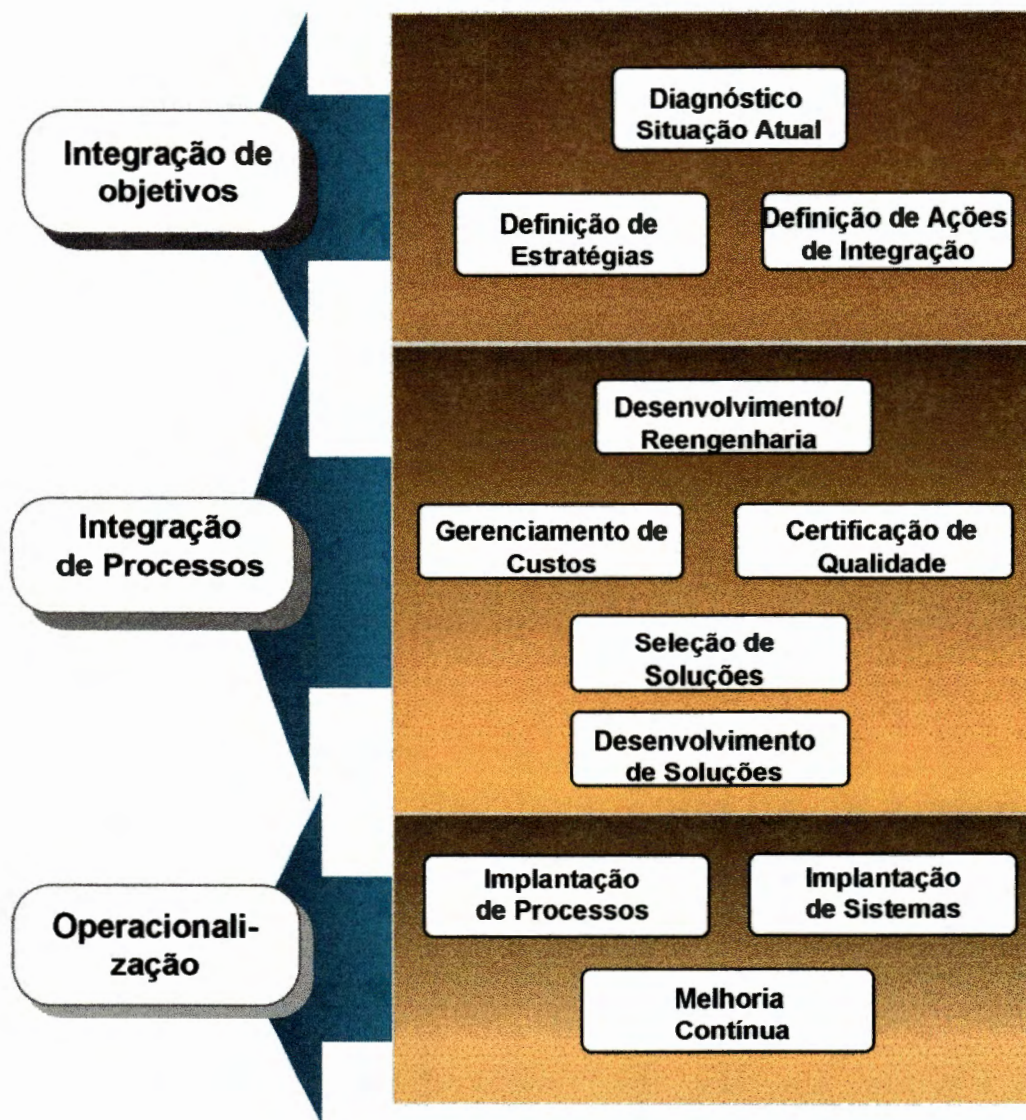


FIGURA 5.1: Etapas e fases da MIE.

### 5.1.1 Primeira etapa da MIE: Integração de Objetivos

A etapa inicial, denominada *Integração de Objetivos*, tem por finalidade obter uma visão geral da empresa, através do conhecimento de suas estratégias, fatores críticos de sucesso e forma atual de operação. A partir destas informações serão definidos os projetos de modernização que melhor se adequam às necessidades da empresa.

Esta etapa considera os aspectos de mais alto nível da metodologia proposta, definindo a forma organizacional e administrativa de sua aplicação e garantindo ainda os recursos necessários ao seu desenvolvimento.

Dentro do conceito de Modelo de Empresas (RENTES, 1995), é nesta etapa que se definem as diretrizes da empresa, identificando-se suas estratégias de negócios e suas estratégias organizacionais internas. A primeira estabelece a relação mercado-produto a longo prazo, enquanto a segunda se encarrega dos meios de alcançá-la.

Buscando mensurar a situação da empresa e quantificar os sucessos alcançados, definem-se índices e métricas que representem quantitativamente a empresa. Estabelece-se, assim, não só a posição relativa da empresa no seu mercado de atuação, mas a intensidade e urgência dos procedimentos de integração.

Elabora-se também, nesta fase, um modelo macro da empresa, a partir de um levantamento e de uma análise de disfunções. Este modelo propicia o conhecimento do potencial de melhoria alcançável em cada processo e constitui importante subsídio para a definição das Ações de Integração que deverão ser desenvolvidas.

É aqui que os Processos de Raciocínio da TOC, através da *Árvore da Realidade Atual*, atuam dentro da metodologia com o intuito de diagnosticar as condições atuais de operação da empresa, identificando os problemas-raízes que estão bloqueando o sistema no alcance de melhores desempenhos organizacionais. Essa fase é de grande importância, uma vez que as informações levantadas propiciam o conhecimento dos potenciais de melhoria da empresa ou de alguns de seus processos. A figura 5.2 procura demonstrar o papel que a ARA desempenha na MIE.



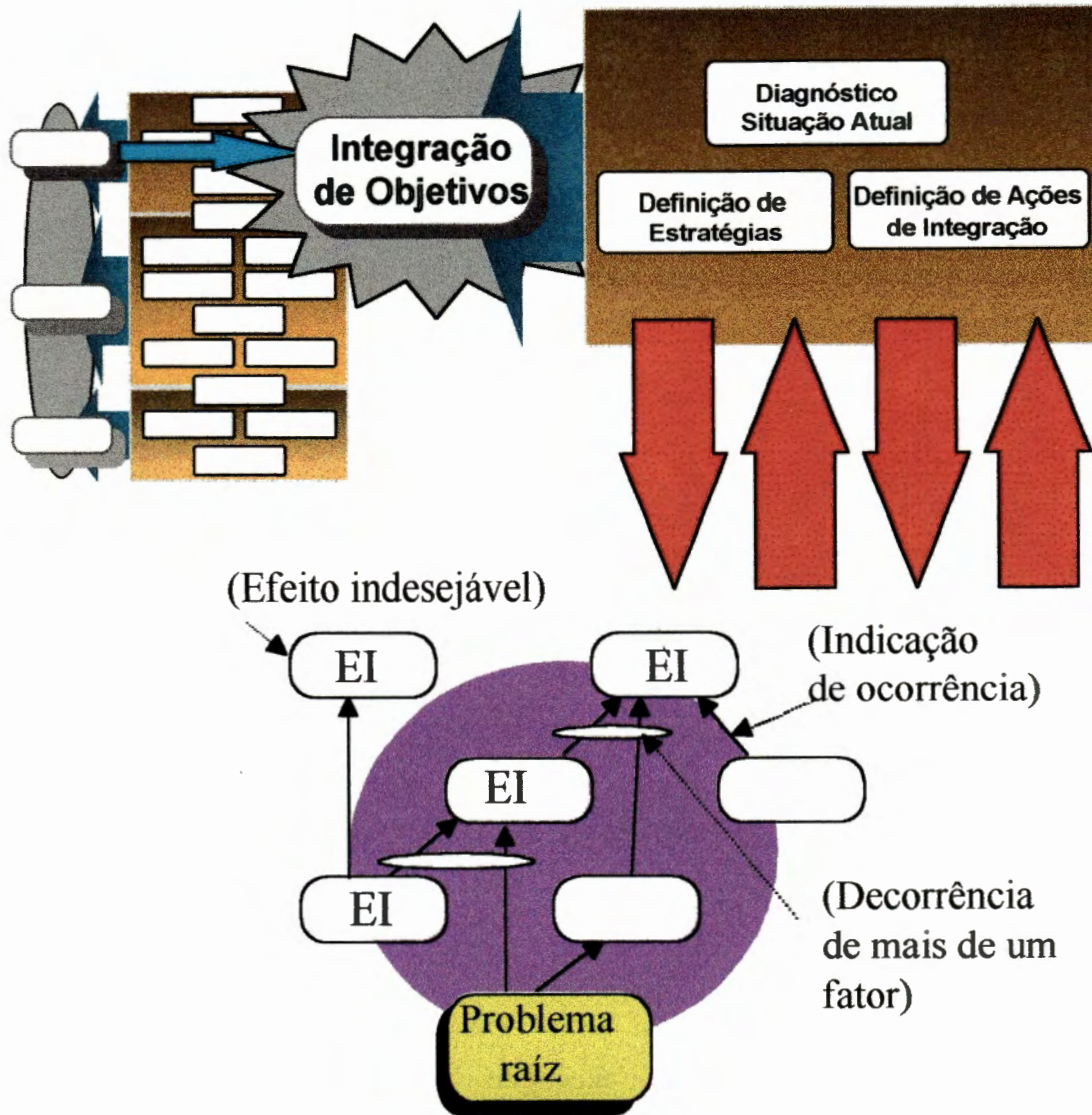


FIGURA 5.2: Localização da Árvore da Realidade Atual na MIE.

A MIE está atualmente em fase de desenvolvimento e consolidação. No entanto, alguns conceitos serão melhor detalhados no que tange à integração entre a MIE e o uso da ARA.

Primeiramente, dentro da etapa de Integração de Objetivos, é realizada uma análise das necessidades detectadas a nível de alterações do produto/processo, dos projetos em andamento da empresa, bem como das necessidades advindas do ambiente externo à empresa. Essa análise viabiliza a definição dos objetivos macros da empresa e das estratégias internas a serem adotadas para o atingimento destas estratégias. Estes objetivos dizem respeito às metas da empresa como um todo, com definição quantitativa e temporal dos mesmos.

São então identificados os processos de negócio mais amplos da empresa, associados aos objetivos definidos. O relacionamento entre processos macros e objetivos deve ser explicitado e formalizado, no sentido de garantir uma condução consensual e segura da metodologia. Esta é a fase de Definição de Estratégias.

Definida a melhor estratégia para atuação da empresa e realizada uma análise de desempenho de seus produtos/serviços e dos seus projetos em andamento, parte-se para a fase de Diagnóstico da Situação Atual da empresa.

Durante esta fase, é então realizado um levantamento das disfunções da empresa. Para tal, é proposta deste trabalho fazer uso de uma técnica denominada Método de Levantamento de Disfunções. Esta tem por finalidade principal aprimorar a forma como a TOC aborda a questão de levantamento dos efeitos indesejáveis da empresa. Assim, este método procura permitir à empresa que se obtenha uma lista mais abrangente e representativa dos problemas enfrentados pela mesma. No decorrer deste capítulo este método será melhor explicado.

Detectadas as disfunções e reconhecendo que estas, na sua maioria, são sintomas de causas mais profundas, o próximo passo passa a ser identificar os problemas raízes da empresa. Para tal, propõe-se o uso da Árvore da Realidade Atual dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições. Porém, o que se pretende aqui é fazer algumas modificações no uso tradicional desta ferramenta. Tais alterações serão explicadas adiante neste capítulo.

Nesta fase são, portanto, analisados os pontos fortes e fracos da empresa, sobre os quais se desenvolverá a definição de ações eficazes e realistas ao atingimento das estratégias definidas. Neste ponto, a ARA auxilia na definição e posterior erradicação destes pontos fracos.

O problema-raiz detectado na ARA nada mais é do que um ponto fraco que induz o aparecimento de outros pontos fracos denominados pela TOC de sintomas ou efeitos indesejáveis. Destaca-se que o termo ponto fraco não deve ser entendido apenas como algo ruim que deve ser eliminado, mas sim, como uma oportunidade de melhoria no desempenho global da empresa.

Outro aspecto a ser considerado é que este ponto fraco já pode estar sendo combatido através de algum projeto em andamento na empresa. O reconhecimento de



tais projetos destina-se não apenas a permitir uma possível melhoria nos mesmos, mas também impedir que se estabeleçam ações redundantes de ataque àqueles pontos fracos.

Reconhecidos os problemas-raízes, inicia-se a fase de Definições de Ações de Integração. Quatro passos são, em princípio, necessários nesta fase (RENTES et al., 1996):

- Identificação das possíveis Ações de Integração;
- Levantamento dos obstáculos associados a cada uma das Ações de Integração;
- Seleção das Ações de Integração mais apropriadas;
- Relacionamento das ações selecionadas aos processos referentes.

É importante observar neste ponto que, durante esta fase de Definições de Ações de Integração, poder-se-ia fazer uso de outras ferramentas dos Processos de Raciocínio da TOC, como o Diagrama de Dispersão de Nuvem, a Árvore da Realidade Futura ou mesmo a Árvore de Pré-Requisitos para levantamento de obstáculos. No entanto, tais aplicações estão fora do escopo deste trabalho.

A figura 5.3 procura representar, esquematicamente, o fluxo de informações que ocorre dentro da etapa Integração de Objetivos anteriormente comentada.

## Integração de Objetivos

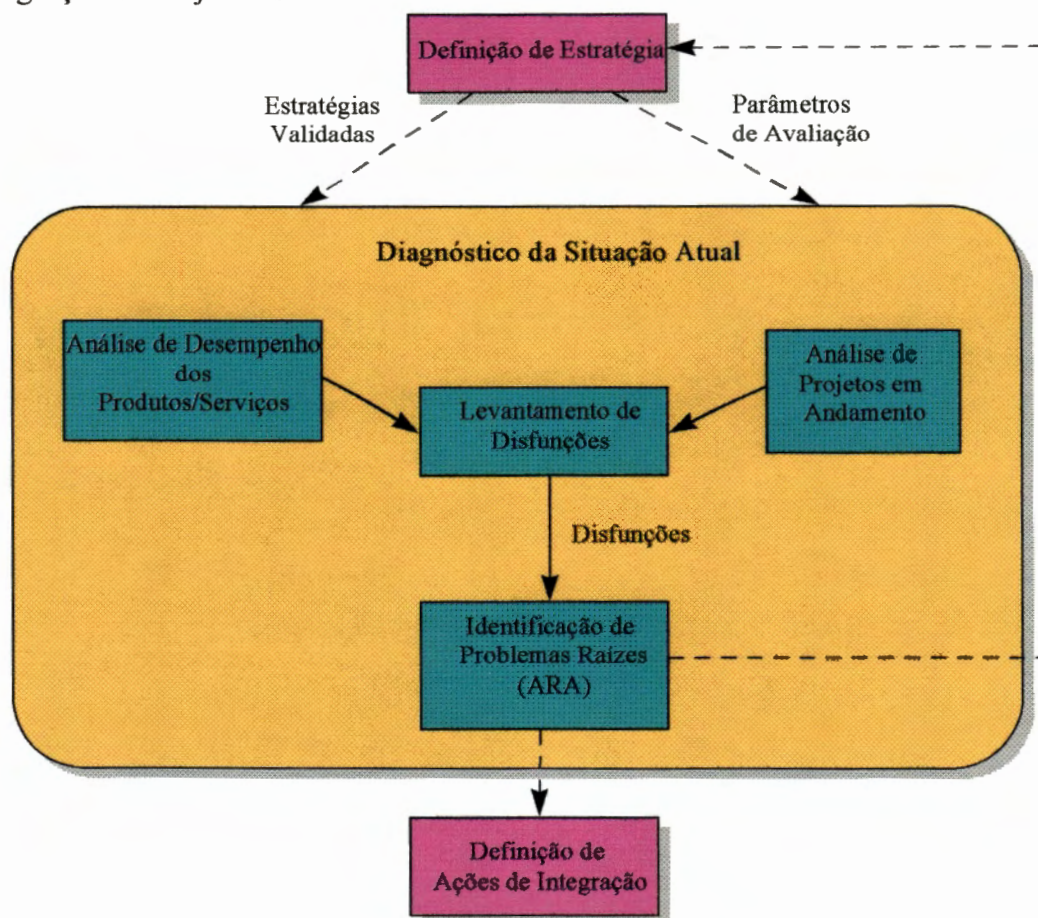


FIGURA 5.3: A etapa de Integração de Objetivos

Portanto, a partir do diagnóstico da situação atual, são identificadas as ações possíveis a serem estabelecidas de acordo com as estratégias, objetivos e tipologia da empresa em questão. As ações ou projetos parciais compreendem a adoção de projetos de modernização e podem, portanto, estar relacionadas a mais de uma fase da segunda etapa da MIE, denominada *Integração de Processos*.

### 5.1.2 Segunda etapa da MIE: Integração de Processos

A segunda etapa, *Integração de Processos*, envolve a obtenção do *Plano de Integração da Empresa*. Com base nas Ações de Integração definidas junto à empresa, são identificados os projetos que devem ser adotados. O conjunto de atividades desta etapa é normalmente muito complexo, nem sempre sendo viável aplicá-lo de forma global nas empresas. Assim, conforme os objetivos e requisitos

resultantes da primeira etapa da metodologia, somente algumas fases devem ser focalizadas, orientando os esforços da empresa para as Ações que possibilitam um maior ganho.

Um desdobramento natural dos diagnósticos atuais tem sido ações voltadas para *Desenvolvimento/Reengenharia de Negócio/Processos*. Esta fase contempla uma nova forma de realizar-se um processo vital da empresa, em busca de ganhos radicais. Já a outra fase trabalha com situações menos críticas, procurando eliminar atividades que não agregam valor à empresa e otimizar o fluxo atual de trabalho.

Uma outra fase da segunda etapa dedica-se à *Certificação de Qualidade*. Tendo como referência os requisitos das normas série ISO 9000, esta fase garante que procedimentos relacionados com qualidade sejam devidamente estruturados no modelo de operação da empresa. Como a base é o modelo de empresa, definem-se certas visualizações do modelamento que mostrem a documentação requerida: manual, procedimentos, instruções e registros.

A partir dos resultados da fase de *Desenvolvimento/Reengenharia de Negócio/Processos* já abordados, têm-se também o subsídio necessário para a aplicação de conceitos de ABC (*Activity Based Costing*). A fase de *Gerenciamento de Custos* consiste na definição de atividades e seus direcionadores de custo.

Todas estas ações definem os projetos a serem realizados. O desafio agora consiste em garantir que estes sejam implantados de forma integrada, eliminando-se a repetição de esforços e garantindo que as ações ocorram dentro das diretrizes estratégicas previamente definidas.

É natural que este conjunto de proposições estabeleça um novo modelo de operação. Este deverá ser suportado por um sistema de informação coerente com os novos paradigmas da empresa, que será diferente do atual.

A fase de *Seleção de Soluções* tem a finalidade de identificar os sistemas mais adequados a este modelo resultante. Esta fase acontece paralelamente a todo o processo de integração, pois os habilitadores tecnológicos são decisivos na composição do novo cenário e na determinação dos tipos de mudanças que serão viáveis.

A fase de *Desenvolvimento de Soluções* contempla a especificação de sistemas que complementem a funcionalidade dos sistemas comerciais a serem implantados.

Novamente, deve-se salientar que as demais ferramentas dos PcR da TOC poderiam ser utilizadas nesta e nas demais etapas da MIE. No entanto, tal aplicabilidade não está no escopo deste trabalho.

### 5.1.3 Terceira etapa da MIE: Operacionalização

Na terceira e última etapa da MIE, *Operacionalização*, os projetos de modernização são detalhados, implantados e mantidos. Garante-se a migração para o novo modelo de operação e faz-se o acompanhamento das evoluções, tendo como base os dados levantados durante a primeira etapa.

A primeira fase desta etapa é a *Implantação de Processos*, que contempla tanto os projetos especificados na segunda etapa quanto os novos procedimentos decorrentes de *reengenharia* ou *simplificação/reorganização*.

A fase de *Implantação de Sistemas* garante a implantação integrada de soluções computacionais, respeitando os prazos e custos estabelecidos no início do projeto de modernização. Nessa fase realizam-se as atividades de *sistematização*, que preparam o ambiente da empresa para a aplicação da solução computacional.

Finalmente tem-se a fase de *Melhoria Contínua*, que promove a constante identificação de oportunidades de melhoria, inspecionando e atualizando índices, levantando problemas e propondo soluções. Esta fase fornece subsídios para um novo ciclo da Metodologia de Integração.

As diversas etapas, fases e técnicas utilizadas na Metodologia de Integração vêm sendo desenvolvidos por grupos integrantes do Projeto CIM - USP São Carlos. Algumas das fases aqui apresentadas já se encontram suficientemente detalhadas. Outras encontram-se em processo de desenvolvimento. A metodologia apresentada é um *framework* parcialmente preenchido até agora.

Deve-se destacar, com a finalidade de se evitar possíveis confusões, que a TOC contribui com esta metodologia, basicamente, através da aplicação da ARA dentro da fase de Diagnóstico da Situação Atual da MIE. As demais fases e etapas da metodologia, como suas soluções e projetos propostos, podem não estar em linha

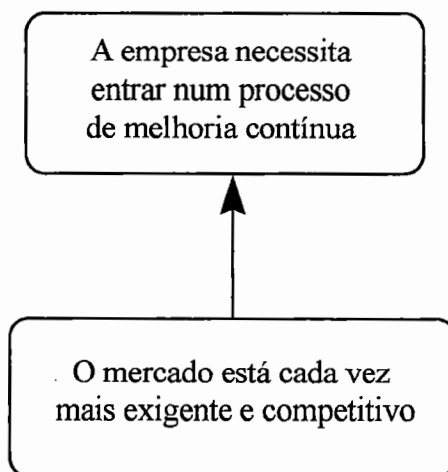
com a forma como a Teoria das Restrições aborda as questões organizacionais. Entretanto, não é finalidade deste trabalho questionar tais aplicabilidades, e sim, mostrar o potencial que a ARA possui tanto para construção de um panorama real da organização quanto para identificação das causas principais dos sintomas vividos pela empresa.

## 5.2 A Árvore da Realidade Atual (ARA)

No capítulo 2 deste trabalho foram destacadas algumas características peculiares da Árvore da Realidade Atual. Relembrando, a ARA tem como finalidade primeira identificar, através de conexões de causa-efeito, as poucas causas raízes responsáveis pela perpetuação de diversos sintomas indesejáveis à organização.

De acordo com a Teoria das Restrições, toda a empresa é um sistema e, portanto, deve ser vista como um ambiente onde tudo se relaciona de alguma forma. Deste modo, deve existir sempre correlações lógicas de causa-efeito entre os diversos problemas enfrentados pela empresa, de maneira que a maioria destes problemas seja, na verdade, consequência de outros.

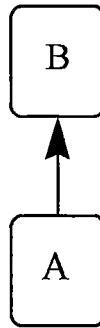
Tais correlações lógicas devem ser entendidas e elaboradas através de afirmações “se [uma entidade com flecha saindo], então [outra entidade com flecha entrando]”. Por exemplo, a relação de causalidade,



deve ser lida da seguinte maneira: **Se** “O mercado está cada vez mais exigente e competitivo” **então** “A empresa necessita entrar num processo de melhoria contínua”.

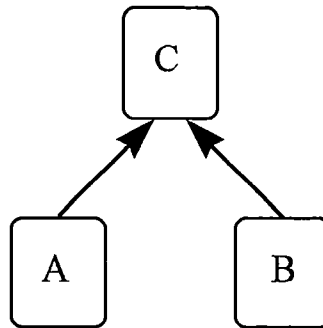
Há três tipos básicos de conexões entre entidades.

1.



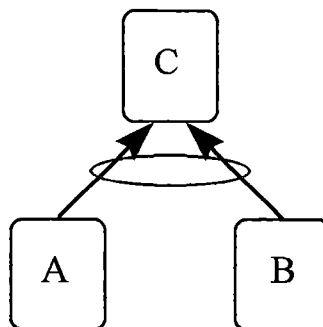
“Se A existe então B tem que existir.”

2.



“Se A ou B existirem então C tem que existir”. Pode haver mais que duas entidades (além de A e B) dando origem a entidade C.

3.



“Se ambos, A e B, existirem então C tem que existir. A por si só, ou B por si só não são suficientes para causar C”. Pode haver mais que duas entidades (além de A e B) dando origem a entidade C.

Assim, toda a ARA pode ser colocada na forma de diagramas como um conjunto de diversas relações de causalidade representadas por estes três tipos de conexões citadas. Após construída a ARA, pode-se facilmente reconhecer os problemas-raízes da mesma identificando-se quais entidades, dentre aquelas que expressam situações indesejáveis ou disfunções, possuem apenas setas saindo. Tais entidades, geralmente localizadas na parte de baixo da árvore, devem ser a fonte causadora de todos os efeitos indesejáveis (EIs) observados.

Pode-se dizer que a ARA procura desempenhar o mesmo papel que um médico realiza em suas atividades de medicina. Ao invés de procurar curar o paciente receitando-lhe um remédio para cada tipo de sintoma apresentado, um bom médico busca sempre encontrar a causa central de todas as moléstias identificadas, ou seja, a verdadeira doença do paciente. Da mesma forma, a ARA tem por objetivo identificar os problemas-raízes da empresa, ou seja, suas restrições.

NOREEN et al. (1996, p.50) explicam o mecanismo anteriormente citado. “Uma causa comum é deduzida com base no padrão dos sintomas observados. Até certo ponto, quanto mais sintomas existirem, tanto mais fácil será fazer o diagnóstico. Um único sintoma pode ter várias causas, mas um padrão de sintomas diferentes só pode ter uma única causa plausível. Em lugar de apoiar-se inteiramente na intuição para descobrir a causa, um mapa formal de causa-e-efeito (Árvore da Realidade Atual) é construído com o objetivo de identificar alguns problemas-cernes que podem explicar todos (ou virtualmente todos) os Efeitos Indesejáveis observados.”

### **5.2.1 Diretrizes para construção de uma Árvore da Realidade Atual**

O Instituto Avraham Y. Goldratt do Brasil (AGI-B) elaborou uma seqüência de 10 passos (CALIA, 1995a, p.107) a serem seguidos na construção de uma ARA. Ainda que estes passos serão descritos a seguir, não é intenção deste texto explicar cada um deles. A idéia aqui é apenas aumentar a percepção do leitor no que tange a complexidade que existe na confecção de uma ARA.

No tópico 5.3 será visto um novo procedimento que procura colaborar com esta metodologia proposta pela TOC, criando-se um método que objetiva viabilizar a construção de ARAs mais complexas, orientadas para amplos problemas



organizacionais. Um ponto especialmente importante, que neste trabalho será proposto uma modificação, refere-se ao passo 1 que será visto em seguida. Nota-se que a TOC não sugere nenhum método específico para listagem de efeitos indesejáveis que diferencie diversas situações de abordagem da ARA. Tal passo 1 não é, portanto, proposta deste trabalho.

São estes os dez passos sugeridos pelo AGI-B:

**Passo 1** - Faça uma lista de 5 a 10 Efeitos Indesejáveis (EIs);

**Passo 2** - Se você percebe uma conexão visível entre dois ou mais EIs, conecte este grupo, enquanto faz o escrutínio (os escrutínios devem ser feitos de acordo com as Categorias de Ressalvas Legítimas) de cada entidade e flecha existente no mesmo;

**Passo 3** - Conecte todos os outros EIs ao resultado do Passo 2 fazendo o escrutínio de cada entidade e flecha ao longo do processo. Pare quando todos os EIs estiverem ligados. Vá passo a passo (não dê pulos!), em pequenos incrementos, de forma que as relações de causalidade sejam intuitivas;

**Passo 4** - Leia a árvore (seguindo a direção das flechas) fazendo novo escrutínio das entidades e flechas ao longo do caminho. Faça as correções necessárias;

**Passo 5** - Pergunte a si mesmo se a árvore como um todo reflete a sua intuição sobre a área afetada. Se não for o caso, verifique-a quanto às Ressalvas de Suficiência de Causa;

**Passo 6** - Não hesite em expandir a árvore para conectar outros EIs que existam mas não foram incluídos na lista original de EIs. **NÃO DÊ ESTE PASSO ANTES DE TODOS OS EIs ORIGINAIS ESTAREM INTERLIGADOS;**

**Passo 7** - Reveja os EIs. Identifique na árvore aquelas entidades que são intrinsecamente negativas, mesmo que a entidade não esteja na lista original dos EIs, ou que requeira que a árvore seja expandida, em uma ou duas entidades;

**Passo 8** - Elimine da árvore as entidades que não foram necessárias para conectar os EIs;

**Passo 9** - Apresente a árvore a outra pessoa que irá ajudá-lo a fazer aflorar e colocar em dúvida os pressupostos das várias relações de causalidade;

**Passo 10** - Examine todas as entradas (causas-raízes) da árvore (entidades que só possuem flechas saindo) e decida quais você sente disposição para atacar. Dentre elas, escolha aquela que mais contribui para a existência dos EIs - é o Problema-Raiz. Caso nenhuma seja a causa comum à maioria dos EIs revisados, aprofunde a análise acrescentando conexão do tipo “V”, cuja a causa comum é o Problema-Raiz, e volte ao Passo 4.

**Nota:** Em uma ARA podem ocorrer *Loops*, que são reforços negativos com inércia e portanto indesejáveis.

No roteiro proposto pelo AGI-B aparece a expressão *Categorias de Ressalvas Legítimas*. Estas não serão detalhadas neste trabalho, mas deverão ser entendidas como um conjunto de possíveis objeções que podem ser feitas quanto à lógica da relação apresentada.

Durante o escrutínio da árvore, cada relação lógica tem que ter sua conexão de suficiência verificada de acordo com estas ressalvas. Assim o observador (leitor da árvore que está fazendo o escrutínio) terá duas razões principais para apresentar ressalvas legítimas quando alguém expõe uma relação causa-efeito: questionar a existência da entidade (causa ou efeito), explicando que a causa, ou o efeito, não existe na realidade, ou questionar a existência do elo causal entre a causa e o efeito da declaração SE...ENTÃO.

### **5.3 Proposta para construção de ARAs que envolvem situações complexas**

Pode ser observado da seqüência de passos sugerida pelo AGI, que este não faz nenhuma distinção nos procedimentos destinados a atacar grandes ou pequenos problemas através da ARA. No entanto, a prática indica que o uso desta ferramenta fica bastante difícil quando são abordados assuntos mais complexos.

Verifica-se que, em tais situações, a quantidade de entidades, e conseqüentemente de conexões, torna-se tão alta que um dos maiores méritos da ferramenta, que é o de facilitar uma visualização do ambiente onde o problema está inserido, fica prejudicado. As árvores tornam-se tão grandes que até mesmo a localização do problema-raiz fica mais difícil.

Procurando corrigir esta deficiência, é sugerida a seguir uma nova forma, talvez um pouco mais metodológica, de se utilizar as Árvores da Realidade Atual. Esta é derivada da noção que problemas mais abrangentes (como problemas do tipo “baixas nas vendas da empresa”, ou “políticas de avaliação de desempenho”) por envolverem diversos setores, departamentos, ou processos da organização, podem ser divididos em diversas áreas ou classes de problemas. É claro que, devido à noção de sistema, tais áreas ou classes de problemas devem estar interligados de alguma forma, direta ou indiretamente.

Desta forma, a proposta desta nova metodologia constitui-se, fundamentalmente, de duas etapas básicas. Numa primeira etapa procura-se elaborar uma lista de efeitos indesejáveis a partir de um método que busca não apenas garantir que todos os aspectos do ambiente-problema estarão sendo considerados, mas também que cada disfunção identificada possa ser alocada em uma determinada classe de problemas.

A segunda etapa presta-se a elaborar uma ARA para cada tipo de classe-problema, identificando, para cada uma delas, seus problemas-raízes. Por pertencerem a uma mesma empresa ou a um mesmo ambiente do macro-problema original, cada um destes problemas-raízes devem estar interligados de alguma maneira, seja através de novas conexões de causa-efeito, seja repetindo certos ramos das árvores anteriormente construídas para cada classe de problemas.

Pode-se agora, portanto, construir uma nova ARA, denominada aqui de ARA Composta, cuja lista inicial de efeitos indesejáveis é o próprio conjunto de problemas-raízes identificados nas ARAs elaboradas a partir de cada classe de problemas. O problema-raiz desta última ARA (ARA Composta) deverá ser a fonte causadora de todas as disfunções primeiramente levantadas.

Tais preposições são, na verdade, teorizações feitas a partir de um trabalho empírico desenvolvido pelo Projeto CIM da USP de São Carlos em uma *software house* de grande porte. Deve-se ressaltar que, no decorrer daquele trabalho, os métodos aplicados não tinham nenhum suporte teórico-científico, mas que, no entanto, trouxeram bons resultados.

O que se procura aqui é, portanto, mostrar os fundamentos lógicos que possibilitaram a obtenção daqueles resultados, identificando-os como importantes complementos ao uso “tradicional” dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições. Outro aspecto a ser sublinhado é que a citada *software house* não é uma empresa TOC. Isto vem demonstrar que os Processos de Raciocínio podem ser aplicados satisfatoriamente em qualquer tipo de empresa, seja ela adepta à filosofia TOC ou não.

Os dois próximos tópicos tratam respectivamente das duas etapas anteriormente propostas.

### **5.3.1 Método para levantamento de disfunções**

A Teoria das Restrições propõe no passo 1 de seu roteiro de construção de ARAs, que se liste, primeiramente, 5 a 10 efeitos indesejáveis. No entanto, tal procedimento não atende às situações onde se pretende um diagnóstico mais amplo da organização, com finalidade de planejamento estratégico da empresa e da informação.

Nestas situações, torna-se muito difícil obter-se dados (EIs) cujos significados estejam em um mesmo nível de abordagem. Se se questionar um executivo, um engenheiro e um operário de uma mesma empresa a respeito, por exemplo, de quais são os principais problemas que a empresa onde trabalham vem enfrentando, fatalmente obter-se-ia respostas completamente diferentes, principalmente em termos de abrangência ou escopo. Tais particularidades são ainda mais marcantes em

empresas muito descentralizadas, departamentalizadas ou fragmentadas. Neste caso, mesmo diretores de áreas distintas levantariam questões de difícil conexão.

Torna-se necessário, portanto, na fase de levantamento de disfunções, que o entrevistador possua um guia, que oriente e conduza o entrevistado a responder de acordo com as necessidades da análise a ser realizada. Este guia de entrevistas é a proposta deste tópico.

O método aqui sugerido para identificação de disfunções em situações que envolvam macros-problemas complexos, é uma adaptação ao método sugerido por LIMA (1991)<sup>1</sup> *apud* RENTES (1995, p.66). O método baseia-se em entrevistas, que devem ser preparadas a partir de um “*check-list* para entrevista de detecção de disfunção” apresentado em LIMA (1992)<sup>2</sup> *apud* RENTES (1995, p.66). Este *check-list* encontra-se no apêndice V deste trabalho.

Os itens citados na figura 5.4 a seguir são uma síntese do *check-list* apresentado no apêndice V, onde são identificados os tópicos básicos. Para cada tópico existe um conjunto de questões relacionadas.

---

<sup>1</sup> LIMA, M.A.A. A pesquisa estruturada das disfunções como alavanca de integração e de eficácia da empresa: uma pesquisa - experimentação sobre a emergência tecnológica. Tradução do artigo original em francês, apresentado no 3<sup>o</sup> Congrés International de Génie Industriel en France - Le Génie Industriel facteur d'intégration et d'efficacité des entreprises., Tours, France, 1991.

<sup>2</sup> LIMA, M.A.A. Material utilizado em pesquisa estruturada de disfunção no Projeto CIM - USP São Carlos. Setembro de 1992.



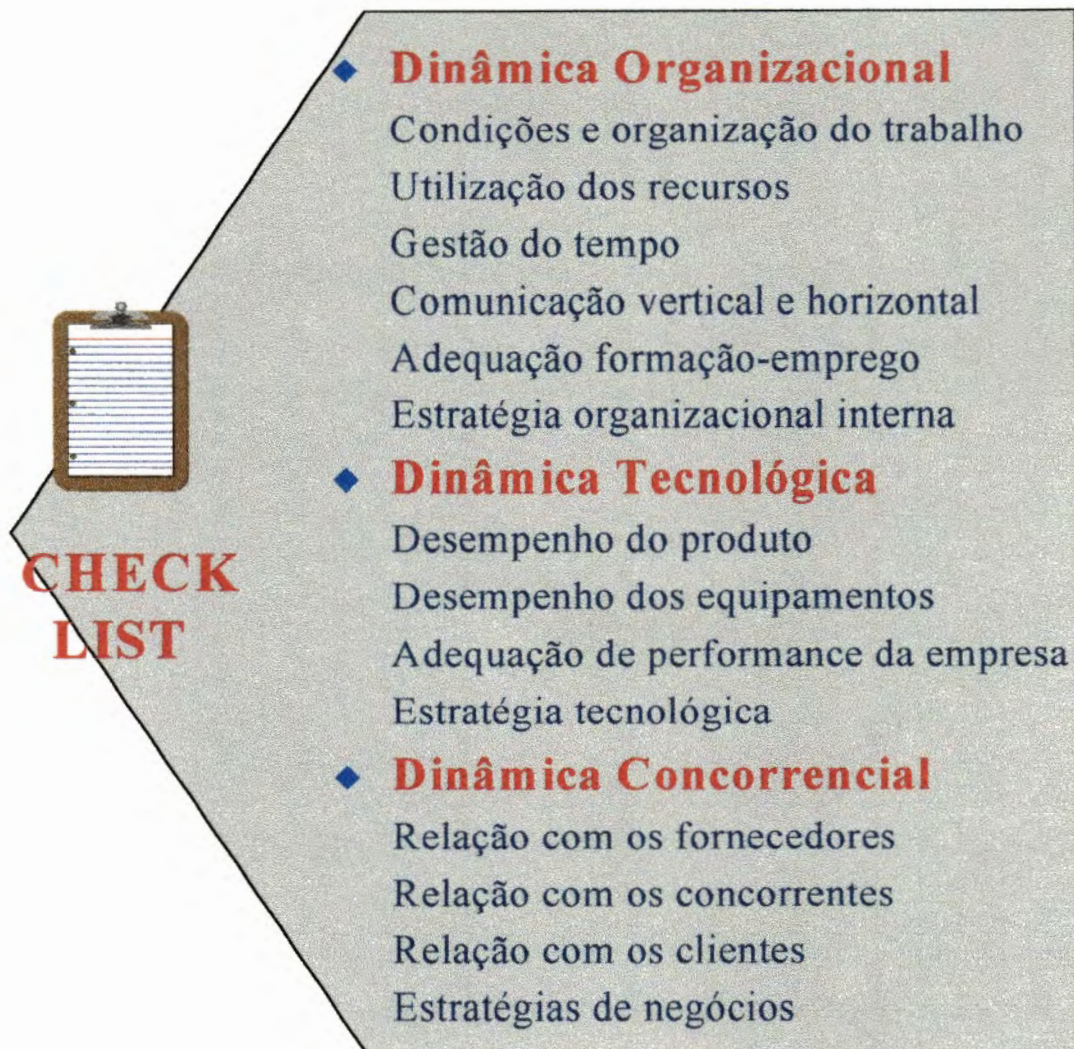


FIGURA 5.4: Levantamento de disfunções e expectativas

O referido *check-list* contém uma seqüência de itens relativos a possíveis disfunções a serem pesquisadas nas empresas. Esta lista tem por finalidade fornecer maior segurança ao analista no processo de elaboração de questões subjetivas para entrevistas, além de induzir as pessoas a questionarem o funcionamento da empresa. Deve-se notar que o *check-list* é constituído por diversas categorias de disfunções, relacionadas a opiniões subjetivas dos empregados de uma empresa.

Torna-se necessário, portanto, que o analista selecione quais itens serão investigados, de acordo com o tipo de empresa e do problema a ser investigado. Necessita-se ressaltar aqui a necessidade de adequar-se o *check-list* às estratégias anteriormente validadas na MIE. Diversos assuntos contidos no guia de entrevistas poderão ser considerados inócuos, dependendo da estratégia e dos macro objetivos

definidos anteriormente. Um *brainstorm* entre executivos da empresa, para a definição do que é relevante dentro do questionário, pode ser uma solução cabível em alguns casos.

Não se deve perder de foco que o objetivo deste *check-list* é fornecer subsídio para elaboração da lista de Efeitos Indesejáveis da empresa analisada. Estes EIs deverão estar divididos em classes de problemas, daqui para frente denominadas de Classe de Disfunções, que por sua vez se constituirão no *input* para a construção das ARAs de cada classe de disfunções.

O agrupamento destas disfunções em classes deve seguir uma determinada orientação. Uma forma é relacioná-las a aspectos organizacionais/estruturais, operacionais, gerenciais e comportamentais da empresa (AGUIAR et al., 1995). Uma outra forma, talvez mais direta de classificação de disfunções, é agrupá-las por áreas, departamentos, funções ou processos da empresa. No contexto da MIE, enfatiza-se que isto deve ser feito seguindo-se uma linha de divisão por processos.

A nível de exemplo, na já citada *software house*, foram consideradas as seguintes classes de disfunções, cada qual com suas respectivas disfunções correlacionadas.

- 1) Problemas com *shipment*;
- 2) Políticas e procedimentos;
- 3) Centralização de decisões;
- 4) Pessoal (RH);
- 5) Problemas com suporte;
- 6) Código do produto;
- 7) Contratos.

Em resumo, o método de levantamento de disfunções aqui proposto busca dois objetivos principais. O primeiro é facilitar uma melhor visão dos problemas enfrentados por uma empresa a partir de um guia de orientação para entrevistas. O segundo visa agrupar as disfunções em classes, que não só amplifica o primeiro objetivo como também possibilita a construção de ARAs para cada classe de

disfunções, viabilizando, desta forma, o segundo método proposto neste trabalho e apresentado a seguir.

### 5.3.2 Método de Composição de Árvores da Realidade Atual

Uma vez identificadas e alocadas as disfunções em classes, obtém-se automaticamente uma lista de Efeitos Indesejáveis que servirão como *input* para construção das ARAs para cada classe de disfunções considerada. Após elaboradas estas ARAs, identificam-se as entidades que representem os Problemas-Raízes das mesmas, de acordo com o passo 10 do roteiro de construção de ARAs.

Muito provavelmente, os problemas centrais identificados em cada ARA devem aparecer também como fonte de sintomas observados em outras classes de disfunções. Isto é facilmente explicado pelo fato que todas as classes de disfunções escolhidas provém de um mesmo ambiente de análise, como um departamento, empresa, corporação, etc. Estes ambientes, por se constituírem em sistemas de variáveis dependentes, devem possuir uma certa interação entre os seus diversos sintomas apresentados.

Tal análise vem mais uma vez combater os conceitos mecanicistas da Administração Científica que acreditava poder dividir os problemas em sub-problemas e estes em problemas ainda mais simples, resolvendo-os de maneira independente.

Da mesma forma, a visão anteriormente apresentada está inteiramente em concordância com os fundamentos da Teoria das Restrições, que apregoa uma visão de organização constituída por sub-sistemas dependentes, onde seus ótimos não levam a um ótimo desempenho global. A interdependência defendida pela TOC e a conseqüente analogia da corrente (ou conjunto de correntes inter-relacionadas) como representação genérica das organizações, remete automaticamente à noção de restrição como elo mais fraco desta(s) corrente(s), isto é, os problemas-raízes identificados nas ARAs.

Se cada corrente deve estar relacionada de alguma forma, os problemas-raízes identificados em cada corrente (ou em cada ARA de uma determinada classe de disfunção) também deverão estar. Assim, estes problemas podem ser considerados, ainda que empiricamente, como um conjunto mais apurado e consistente dos sintomas



primeiramente observados. Deste novo conjunto de sintomas tem-se agora uma nova lista de EIs (os Efeitos Indesejáveis Globais) que será o *input* para elaboração da ARA (denominada de ARA Composta, pois deriva-se de diversas ARAs) que irá representar, finalmente, o macro-ambiente estudado.

Acredita-se que, procedendo-se deste modo, se possa construir ARAs mais concisas, onde apenas os sintomas mais fortes sejam considerados, facilitando-se, sobretudo, a interpretação do diagrama resultante.

#### **5.4 O modelo global de identificação de problemas-raízes organizacionais**

Com o objetivo de sintetizar o que foi anteriormente explicado, este tópico procura apresentar com uma maior riqueza de detalhes todos os passos necessários à obtenção de uma ARA que reflita e diagnostique com clareza o ambiente analisado. Desta ARA, denominada de ARA Composta, pode-se identificar as verdadeiras causas dos sintomas observados. A estas causas dá-se o nome de Problemas-Raízes Globais.

A seguir são descritos os passos que constituem o Método de Levantamento de Disfunções e Construção de uma ARA Composta. São eles:

##### **1. Aquisição dos dados:**

- Utilizar o Guia de Entrevistas (apêndice V) para obtenção das impressões subjetivas dos entrevistados.

##### **2. Estruturação dos dados:**

- As impressões coletadas são transcritas dentro de cada subitem em uma forma seqüencial. Mesmo que o entrevistador perceba que a informação solicitada não é pertinente ao subitem, este deve transcrevê-la na íntegra.
- Quando necessário, transferir a informação transcrita para o local (subitem) correto.
- Reunir todas as informações obtidas junto aos entrevistados num arquivo cuja macroestrutura é composta de: Tema, Itens e Subitens, seguindo a mesma estrutura apresentada no Guia de Entrevistas (apêndice V). O documento gerado é designado Resultado das Entrevistas Subjetivas.

##### **3. Compilação das informações:**

- Dentro de cada subitem selecionar a(s) frase(s) que melhor representa(m) a disfunção. Na maioria dos casos essa(s) frase(s) estará(ão) explícita(s) no subitem respectivo.
- Nomear a disfunção da forma mais clara possível, de preferência com um número mínimo de palavras e depois sublinhá-las. Na maioria das vezes, torna-se conveniente reformular algumas disfunções, sintetizando-as em uma única frase.

- Indexar a disfunção em uma ordem numérica crescente.
- Acrescentar no final da(s) frase(s) ou na linha seguinte o(s) cargo(s) do(s) entrevistado(s) utilizando uma notação que indique sua quantidade, preservando a confidencialidade das informações.

a) É conveniente utilizar uma legenda para indicar as informações relativas aos cargos, por exemplo:

Diretor ==> [D]

Gerente ==> [G]

Supervisor ==> [S], etc.

b) A seqüência de apresentação dos cargos pode ser: Explícita (DDSSGGSGSS) ou Implícita (2D5S3G).

- Colar a(s) frase(s) selecionada na última linha conforme o modelo sugerido abaixo:

[X.X.X] [subitem] (linha 1)

[index] [tipo de disfunção] (linha 2)

[cargo1,cargo2,cargo3,...] (linha 3)

[“frase selecionada1”][cargo1] (linha 4)

[“frase selecionada2”][cargo2], etc. (linha 5), etc.

Exemplo:

2.2.1 Relacionamento com o ambiente tecnológico

(1) Problema com formação tecnológica

(D,G)

“...falta definir uma política de reciclagem na empresa.” (D)

“...as pessoas não acompanham a tecnologia, por falta de incentivo.” (G)

- Apresentar o trabalho às pessoas diretamente envolvidas no processo e junto ao grupo executivo da empresa.

#### 4. Análise da Situação Atual:

- Estabelecer uma Classificação das Disfunções (alocar as disfunções em Classes de Disfunções) e indexá-las em uma ordem numérica crescente.
- Avaliar quais Classes serão consideradas relevantes (critério do entrevistador).

- Listar (por Classe) as disfunções encontradas no documento Resultado das Entrevistas Subjetivas. Essas listas serão as entradas (Efeitos Indesejáveis) que irão orientar a construção das ARAs para cada tipo de Classe.
- Construir, segundo as diretrizes apresentadas no tópico 5.2.1, as ARAs para cada Classe de Disfunção considerada relevante.
- Identificar os Problemas-Raízes de cada árvore.
- Elaborar, segundo as diretrizes apresentadas no tópico 5.2.1, uma nova ARA (ARA Composta) a partir dos Problemas-Raízes identificados no item acima. Estes Problemas-Raízes serão os Efeitos Indesejáveis Globais para a ARA Composta.
- Identificar na ARA Composta os novos problemas-raízes, agora chamados de Problemas-Raízes Globais.
- Proceder a aplicação das outras ferramentas da TOC, caso necessário.

A figura 5.5 apresenta esquematicamente o modelo.

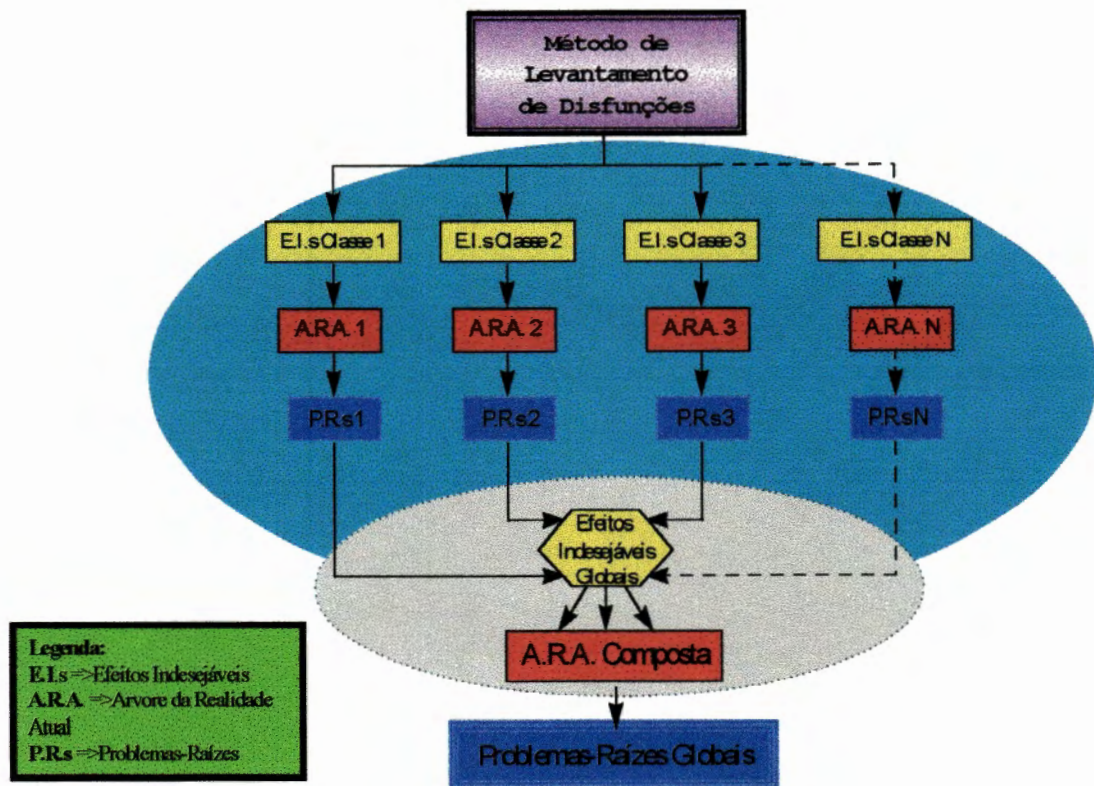


FIGURA 5.5: Diagrama representando as diversas fases para obtenção de problemas-raízes organizacionais globais.

Como últimas observações, salienta-se que o modelo apresentado é uma proposição baseada em uma aplicação desenvolvida empiricamente, onde foi aplicado com sucesso em uma empresa real. Não há, no entanto, nenhuma comprovação científica da eficácia deste modelo. A sua validação em mais aplicações reais deverá ser tema de trabalhos futuros.

## 6 CONCLUSÃO

### 6.1 O corpo do trabalho

A Teoria das Restrições vem se tornando a cada dia que passa mais conhecida e respeitada por empresários, administradores, engenheiros e acadêmicos das mais diversas áreas. Tal credibilidade, que se estende por todo o mundo, parece não se refletir em um condizente volume de trabalhos publicados sobre o tema, sobretudo no Brasil. Mesmo quando se tem contato com algum destes trabalhos, pode-se notar certa falta de compreensão dos verdadeiros conceitos inerentes ao assunto.

Motivado por esta situação, buscou-se aqui apresentar uma ampla revisão literária sobre TOC. Esta revisão procurou abranger e conectar grande parte do conteúdo conceitual, compreendendo as três grandes áreas que mais têm merecido destaque tanto no campo acadêmico quanto empresarial: os Processos de Raciocínio, o Mundo do Ganho e o sistema logístico de produção conhecido como Tambor-Pulmão-Corda.

Amarrar as idéias centrais contidas nestas três áreas, alinhando-as com os princípios fundamentais que regem a filosofia TOC, foi um dos objetivos que se procurou alcançar neste trabalho. Além disso, procurou-se estabelecer, no capítulo 5, algumas relações entre a TOC e a Metodologia de Integração de Empresa (MIE) a partir do uso da Árvore da Realidade Atual (ARA) dos Processos de Raciocínio (PcR).

Necessita-se ressaltar neste ponto que o uso da ARA, ou de qualquer outra ferramenta dos PcR, pode ser aplicada em qualquer ambiente, seja este TOC ou não. Desta forma, a MIE pode fazer uso da ARA, e de seus aperfeiçoamentos sugeridos, sem nenhuma limitação de aplicação em empresas. A altíssima flexibilidade e empregabilidade destas ferramentas da TOC é uma das grandes virtudes dos

---

Processos de Raciocínio, que lhes permite boa aceitação do público em geral, ainda que muitos considerem complicado usá-los no dia-a-dia.

## 6.2 Os Processos de Raciocínio

Os Processos de Raciocínio propostos pela Teoria das Restrições têm demonstrado ser um conjunto de ferramentas de grande valor para empresas dispostas a encontrar seus principais e fundamentais problemas, elaborar soluções poderosas em cima destes problemas identificados e ainda implementá-las com sucesso e colaboração de todos.

Diagnosticar a realidade da empresa e construir soluções que se encaixem perfeitamente ao caso específico da mesma implica numa grande revolução nas formas tradicionais de atuação profissional. Desde o ensino universitário, costuma-se transmitir-se a idéia que existe um pacote de técnicas, ou soluções, onde ao menos uma delas deve servir para uma determinada situação na vida real. Este tipo de pensamento não condiz com a forma TOC de pensar, nem com as potencialidades permitidas pelos Processos de Raciocínio.

Importar soluções prontas ou semiprontas pode não ser a melhor atitude, pois tende a ser resultado de decisões baseadas em duas premissas nem sempre verdadeiras. Em primeiro lugar, as empresas de uma forma geral, têm muita dificuldade em identificar seus verdadeiros pontos fracos que devem ser atacados. O reconhecimento errôneo dos reais problemas da organização irá, na melhor das hipóteses, permitir à empresa que solucione certo o problema errado.

Por outro lado, um segundo engano que pode ser cometido pela maioria das empresas é quando estas acreditam haver disponível no mercado técnicas infalíveis e que se encaixam perfeitamente a seus supostos problemas. Quando estas técnicas não demonstram ser perfeitamente aplicáveis à situação da empresa, é ainda muito comum observar-se, ao contrário do que se poderia imaginar e desejar, uma adaptação da empresa à técnica, e não o oposto. Os Processos de Raciocínio poderiam ser aplicados aqui como uma técnica capaz de adaptar, moldar, e potencializar as boas soluções disponíveis no mercado, de acordo com a realidade da empresa.

Sem desmerecer os inúmeros benefícios que diversas destas técnicas podem proporcionar à empresa, pretende-se aqui transmitir a idéia de que o que mais importa são os conceitos e princípios contidos nestes métodos. Estes sim devem ser aproveitados como *insights* para a verdadeira e poderosa solução que, com a ajuda



dos Processos de Raciocínio, ou de outra metodologia de resolução de problemas, poderá ser eficientemente construída de acordo com a conjuntura atual da empresa.

A mensagem contida nos parágrafos anteriores se refletem na proposta explicitada no capítulo 5 deste trabalho. Sublinhando, a MIE é uma metodologia que tem como objetivo justamente isso, permitir às empresas que elaborem e implantem soluções segundo sua realidade atual, suas estratégias de atuação e seus objetivos básicos. Alinhados a estes fundamentos de atuação, os Processos de Raciocínio aparecem como ferramentas de suporte àquela metodologia, viabilizando-a.

### 6.3 O Mundo do Ganho

O Mundo do Ganho não se resume apenas a uma técnica própria de tomada de decisão baseada em um método diferenciado de contabilidade denominado de Contabilidade de Ganho.

Pode-se afirmar que o Mundo do Ganho representa, na verdade, o alicerce onde se sustenta toda a filosofia TOC. É no Mundo do Ganho que se estabelecem os parâmetros que conduzirão o comportamento de toda organização. Aqui a empresa incorpora a noção de sistema, onde tudo se relaciona e onde tudo deve interagir-se de forma sinérgica para que o objetivo maior possa ser alcançado.

Objetivo este que, para a Teoria das Restrições, significa buscar, constantemente, meios de fazer a empresa crescer, adquirir novos mercados, desenvolver novos produtos e diversificar seu *mix* de produção. Enfim, no Mundo do Ganho, tudo gira em torno da perseguição dos meios necessários para se aumentar o lucro (ou a riqueza) da organização hoje e no futuro.

Buscar meios necessários para aumentar o lucro da empresa também possui um significado próprio dentro do Mundo do Ganho. Tal afirmação significa aqui criar mecanismos para que se possa, contínua e dinamicamente, identificar e eliminar tudo aquilo que está limitando a empresa no alcance de seu objetivo, ou seja, suas restrições. Em outras palavras, as ações são sempre voltadas para o aumento do ganho, onde não há limite teórico para melhorias, e não para a redução de custos ou despesa operacional.

Enfocar no ganho implica em conceber as organizações como um sistema onde tudo tem que ser feito de forma sincronizada até que o ganho (ou venda de produtos/serviços) seja obtido, como elos interligados de uma corrente. Por outro lado, a TOC defende que enfatizar a redução de despesa operacional significa dar atenção especial a tudo, ou quase tudo, pois qualquer área ou departamento da empresa é uma fonte de despesa, como elos soltos e desconectados.

Admitir a existência da idéia de Restrição é, diga-se de passagem, uma consequência imediata da visão sistêmica de organizações. Se tudo se interage, se tudo depende de uma outra coisa de alguma forma, então compreender as empresas

como uma corrente ou um conjunto de correntes inter-relacionadas parece ser bastante razoável.

Sendo a resistência à tração a função primeira de uma corrente e uma vez que toda corrente ao se romper, se rompe sempre em um único elo, este elo mais fraco é então, a restrição desta corrente. Se esta analogia da corrente é válida para todo tipo de organização com propósitos, deve haver sempre muito poucas restrições em ambientes deste tipo.

Tendo os sistemas organizacionais poucas restrições, a grande maioria de seus elementos constituintes (que podem estar tanto dentro quanto fora da empresa, como por exemplo o mercado) deve possuir excesso de capacidade. Este excesso ou ociosidade não deve ser entendido como ineficiência, mas como algo inerente a todo sistema, e que portanto deve ser não apenas aceito, mas corretamente administrado.

“Normalmente, as operações de qualquer empresa industrial ou organização são ineficientes, e é sempre possível aumentar a eficiência mediante a revisão dos métodos de trabalho ou através da redução da mão-de-obra. A ociosidade das empresas industriais e organizações nunca foi estimada, mas ninguém discute que ela é significativa, o que justifica a iniciativa de desenvolver e implementar políticas, procedimentos, e programas que visem à racionalização de métodos e processos, a redução de custos, etc.. Contudo, estas iniciativas restringem-se aos estreitos limites de cada área ou departamento da organização, raras exceções contemplam a organização como um todo.

Rotular a ociosidade (ou espera) como ineficiência é não compreender a idéia central do planejamento sistêmico. O simples fato de haver homens ou equipamentos ociosos, não implica em que o sistema, do ponto de vista global, esteja operando ineficientemente”, (BELHOT, 1989, p.25).

Se restrições sempre existirão e determinarão o desempenho do sistema, é melhor procurar administrá-las da melhor forma possível. Assim, para um bom gerenciamento das restrições, é preferível que estas estejam o máximo possível sob controle da organização. É recomendável, portanto, evitar-se restrições de mercado ou, em outras palavras, é preferível ter-se sempre gargalos no sistema.

Pensando desta forma, é papel do *marketing* em ambientes TOC garantir que a restrição esteja sempre dentro dos domínios da empresa. Para tal, as organizações TOC fazem uso, entre outras ferramentas tradicionais, dos Processos de Raciocínio para alavancar o potencial do mercado comprador da empresa, segmentando-o e explorando-o ao máximo. Deve-se ressaltar neste ponto, que as poderosas políticas de *marketing*, comumente encontradas em empresas que operam em conformidade com os princípios da Teoria das Restrições, ficam extremamente facilitadas pelos mecanismos contábeis do Mundo do Ganho (NOREEN et al., 1996).

Concomitantemente, as empresas TOC fazem uso dos cinco passos de focalização, ou da metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC) para o caso da restrição ser um recurso produtivo, para continuamente identificar, explorar e eliminar os gargalos do sistema.

Nota-se, portanto, que na filosofia TOC ou no Mundo do Ganho tudo se combina, desde a definição da meta, passando pelos conceitos de organizações como sistemas limitados por restrições, até a identificação de ferramentas capazes de catalisar um processo rápido e focalizado de melhoria de desempenho organizacional. Tais ferramentas são os Processos de Raciocínio, para elevar restrições de políticas e de procedimentos da organização e os aplicativos TOC, como a metodologia TPC, por exemplo, para sistematicamente identificar, explorar e eliminar as restrições físicas da empresa. Tudo isso suportado pelo aval da Contabilidade de Ganho.

#### 6.4 O Sistema Tambor-Pulmão-Corda

O sistema logístico de produção Tambor-Pulmão-Corda (TPC) tem se mostrado uma técnica poderosa e extremamente simples de se planejar, programar e controlar ambientes produtivos. Sua facilidade de implementação se compara a métodos simples de administração de produção, como o *Just-in-Time*, por exemplo. Por outro lado, sua alta gama de aplicabilidade, se aproxima dos mais atuais e informatizados sistemas de gestão de produção.

Assim, diversas empresas espalhadas por todo o mundo, com os mais variados tipos de relação fluxo/produto ou de plantas fabris (V, A, T ou mistas) vem experimentando o método TPC com altos níveis de sucesso alcançado. Baixos níveis de estoque, pequenos *lead-times*, tempos curtos de resposta ao mercado, flexibilidade, aumentos na taxa de produção com a mesma capacidade instalada, melhoria contínua e focalizada dos processos da empresa, alto grau de proteção ao valor agregado das vendas e facilidade e rapidez na implementação do sistema são algumas das vantagens observadas por estas empresas.

Além disso, o fato do método TPC fazer uso de pulmões de tempo (*time buffers*) e, portanto, de não requerer estoques de cada tipo de material ou peça em frente de cada recurso produtivo, permite que a maneira TPC consiga, mesmo em ambientes tipo *job shops*, manter baixos níveis de estoque em processo e, desta forma, um fluxo suave e rápido de materiais pela fábrica. Tais vantagens só vem a comprovar e justificar este trabalho.

No entanto, um último ponto deve ficar claro. Não existem soluções definitivas, apenas soluções poderosas válidas para determinados momentos e realidades do ambiente. A Teoria das restrições, sua filosofia, fundamentos, princípios e técnicas não foge a esta regra e também deve ser continuamente aperfeiçoada. Neste sentido, há muita coisa ainda por fazer e deve ser feita, tanto em termos de um melhor entendimento dos conceitos presentes na Teoria das Restrições como também em termos de aprimoramentos de suas técnicas.

## 6.5 Trabalhos Futuros

Ainda que as implementações de TPC, em boa parte das empresas, dispense o uso de aplicativos computacionais específicos para suportar decisões gerenciais no que tange, principalmente, a problemas de seqüenciamento e programação dos recursos produtivos (CALIA, 1995c), existem diversas situações onde a ausência de um apoio computacional é muito sentida. O autor deste trabalho entende que estas podem limitar a extração dos benefícios presentes na filosofia TOC. Além das quatro situações citadas no tópico 4.6.5 que podem complicar as implementações de TPC sem o auxílio de um *software* específico para suporte às decisões, existem também outras situações onde um amparo computacional poderia se fazer necessário:

1. fábricas que trabalham com sistemas de produção mais complexos, mormente aqueles do tipo *job shop*, têm dificuldades para programar e controlar seus recursos de manufatura, mesmo que esta trabalhe com ferramentas simples como o TPC;

2. situações onde a empresa, que já opera em consonância com os princípios do TPC, tenha que fazer uma análise de investimentos de capital para elevar uma restrição, determinando qual o impacto (melhor mix de produtos, capacidade protetiva dos demais recursos, localização e tamanho dos novos pulmões, etc.) que a nova restrição irá trazer à empresa;

3. fábricas que operam com outras filosofias de produção (como o *Just-in-Time* ou o MRP, por exemplo) e que identificam a necessidade de atuar com o TPC, necessitando visualizar graficamente a realidade futura do processo de manufatura;

4. identificação, durante a fase de projeto de fábrica, do melhor *lay-out* dos equipamentos e suas respectivas capacidades produtivas dentro de uma determinada previsão de demanda de mercado. Perguntas como “qual o melhor posicionamento, tanto estrategicamente quanto em termos de maximização do fluxo de materiais, para o recurso com restrição de capacidade (RRC) ?” ou então, “identificada a melhor localização para o RRC e sua capacidade de produção, quanto de capacidade protetiva (capacidade produtiva para cumprir os programas mais capacidade protetiva para exploração da restrição) deve possuir os demais recursos, uma vez que a TOC desaprova o balanceamento do sistema como boa solução?”

Tais perguntas são muito difíceis de responder sem o auxílio de um simulador computacional que permita à pessoa que o opera obter, em tempo hábil, as melhores respostas às perguntas deixadas em aberto.

Há, portanto, uma grande aplicabilidade para um sistema de simulação de produção envolvendo elementos de TPC. Desenvolver e identificar *templates* que representem os elementos de um sistema de produção atuando dentro de um contexto TPC, pode ser muito útil tanto para fins de teorização acadêmica quanto para aplicações industriais. A idéia seria poder compor rapidamente, a partir destes *templates*, diversos cenários de TPC, possibilitando representar de forma adequada sistemas produtivos reais. Isto contribuiria ao processo de projeto e análise destes sistemas.

Assim, poderia haver *templates* que simulam localizações e capacidades produtivas para o RRC, vários tamanhos e posicionamentos para os pulmões de tempo (*time buffers*), dimensionamentos das capacidades protetivas dos demais elementos produtivos ou mesmo uso de pulmões dinâmicos para se evitar restrições iterativas. Para cada modificação em uma destas características, ou atributos, poder-se-ia medir o impacto global no sistema em função de variações nas três medidas básicas de desempenho propostas pela Teoria das Restrições: Ganho, Inventário e Despesa Operacional.

Simulações e estudos mais profundos não precisam, e não devem, ficar restritos a técnica TPC. Muito ainda há por se fazer nos demais métodos ou aplicativos provenientes da TOC. *Marketing*, logística de distribuição, gerenciamento de projetos, entre outras técnicas, também possuem muito espaço para uma maior prospeção, exploração e entendimento das mesmas.

Outro importante espaço para futuras pesquisas científicas está no campo das aplicações das ferramentas contidas nos Processos de Raciocínio (PcR) da Teoria das Restrições. Áreas como aprendizado e ensino de engenharia ou outros cursos dos mais diversos níveis podem ser apoiados pelo método PcR. Outros desdobramentos, como o desenvolvimento de sistemas de apoio à tomada de decisão também podem ser suportados por este método lógico de análise e identificação de soluções.

A MIE também possui espaço para mais aplicações dos Processos de Raciocínio. Além de procurar-se uma maior validação das propostas apresentadas neste trabalho através de mais aplicações reais, outras ferramentas dos Processos de Raciocínio da TOC deverão também ser utilizadas em outros aspectos referentes à MIE.

Atualmente, a única ferramenta dos PcR que é contemplada pela MIE é a Árvore da Realidade Atual em sua fase de Integração de Objetivos. No entanto, nesta mesma fase, particularmente na etapa de Definições de Ações de Integração, métodos como o Diagrama de Dispersão de Nuvem e a Árvore da Realidade Futura podem ser muito úteis. As demais fases da MIE, Integração de Processos e Operacionalização, também podem conter outras ferramentas dos PcR.

Na fase de Integração de Processos, onde soluções são desenvolvidas e selecionadas, os métodos Diagrama de Dispersão de Nuvem e Árvore da Realidade Futura podem ser novamente utilizados na elaboração de soluções específicas para a empresa analisada.

Do mesmo modo, a fase de Operacionalização, destinada a implementar as soluções anteriormente propostas, pode ser apoiada por outros métodos dos PcR criados justamente para cobrir estas necessidades, como a Árvore de Pré-Requisitos e a Árvore de Transição.

Por fim, um outro espaço que parece estar aberto para futuras pesquisas nesta área está no desenvolvimento de um sistema computacional específico para apoio aos Processos de Raciocínio (PcR).

As árvores referentes às aplicações na EESC-Júnior apresentadas no anexo A deste trabalho foram editadas a partir de um *software* de edição gráfica denominado MetaDesign na sua versão 4.0. No entanto, parece faltar a este *software*, e a outros que também poderiam ser usados para este fim, algumas interfaces gráficas desenvolvidas especialmente para suportar as confecções de árvores dos Processos de Raciocínio. Um aplicativo computacional que ofereça *templates* exclusivos para uso dos PcR, poderia ser de grande valia tanto para a construção como para apresentação, em forma de relatórios, destas ferramentas em empresas que queiram aplicá-las.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGARWAL, S.C. (1985). MRP, JIT, OPT, FMS? Making sense of production operations systems. *Harvard Business Review*, v.63, n.5, p.8-16, Sep/Oct.

AGUIAR, A.F.S.; RENTES, A.F.; ROZENFELD, H. (1995). Relato de um projeto de melhoria de negócios em uma multinacional de desenvolvimento de software e prestação de serviços. In: ENEGEP, 15., São Carlos. *Anais*. São Carlos, UFSCar. v.2, p.1035-40.

ANDERSON, J.R., (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, Harvard University Press *apud* ELMES, D.G. p.4.

BELHOT, R.V., (1989). Introdução à teoria dos sistemas. São Carlos, EESC.

BRANSFORD, J.D.; STEIN, B.S. (1984). *The IDEAL problem solver*. New York, Freeman *apud* ELMES, D.G. p.6 e 12.

CALIA C.G. (1995a). *Construção de Oferta Irrecusável com os Processos de Raciocínio da TOC*. São Paulo. /Notas de curso ministrado pelo Avraham Y. Goldratt Institute do Brasil/

CALIA C.G. (1995b). *Introdução aos Processos de Raciocínio da TOC: desenvolvendo habilidades gerenciais*. São Paulo. /Notas de curso ministrado pelo Avraham Y. Goldratt Institute do Brasil/

- CALIA C.G. (1995c). *Logística da produção*. São Paulo. /Notas de curso ministrado pelo Avraham Y. Goldratt Institute do Brasil/
- COOK, D.P. (1994). A simulation comparison of tradicional, JIT, and TOC manufacturing systems in a flow shop with bottlenecks. *Production and Inventory Management Journal*, v.35, n.1, p.73-8.
- CORBETT NETO, T. (1996). *Uma comparação entre "Activity-Based Costing" e Teoria das Restrições, no contexto da contabilidade gerencial*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. (1994). *Just In Time, MRP e OPT: um enfoque estratégico*. São Paulo, Atlas.
- COUGHLAN, P.; DARLINGTON, J. (1993). As fast as the slowest operation: the theory of constraints. *Management Accounting*, UK, v.71, n.6, p.14-7, Jun.
- CSILLAG, J.M. (1991). O significado do Mundo do Ganho. *Revista de Administração de Empresas*, v.31, n.2, p.61-8, abr./jun.
- ELMES, D.G. (1992). The thought process compared to standard theories of problem solving: old wine in a new bottle or a new varietal? /Texto de curso/.
- FAWCETT, S.E.; PEARSON, J.N. (1991). Understanding and applying constraint mnagement in today's manufacturing environments. *Production and Inventory Management Journal*, v.32, n.3, p.46-55.
- GARDINER, S.C.; BLACKSTONE, J.H.; GARDINER, L.R. (1993). Drum-Buffer-Rope and Buffer Management: impact on production management study and

- practices. *International Journal of Operations & Production Management*, v.13, n.6, p.68-78.
- GIAUQUE, W.C.; SAWAYA, W.J. (1992). Strategies for production control. *Production and Inventory Management Journal*, v.33, n.3, p.36-9.
- GOLDRATT, E.M. (1994). *Mais que sorte...um processo de raciocínio*. São Paulo, Educator.
- \_\_\_\_\_ (1991). *A síndrome do palheiro: garimpendo informação num oceano de dados*. São Paulo, IMAM.
- GOLDRATT, E.M.; COX, J. (1995). *A meta: um processo de aprimoramento contínuo*. São Paulo, Educator.
- GOLDRATT, E.M.; FOX, R.E. (1989). *A corrida*. São Paulo, IMAM.
- GRÜNWARD, H.; STRIEKWOLD, P.E.T.; WEEDA, P.J. (1989). A framework for quantitative comparison of production control concepts. *International Journal of Production Research*, v.27, n.2, p.281-92.
- HAYES, J.R. (1981). *The complete problem solver*. Philadelphia, The Franklin Institute Press *apud* ELMES, D.G. p.6.
- JANIS, I.L.; MANN, L. (1977). *Decision making: a psychological analysis of conflict, choice, and commitment*. New York, Free Press *apud* ELMES, D.G. p.6.
- LOCKAMY, A.; COX, J.F.; (1991). Using V-A-T analysis for determining the priority and location of JIT manufacturing techniques. *International Journal of Production Research*, v.29, n.8, p.1661-72.

- LOW, J.T.; (1992). Do we really need product costs? The Theory of Constraints alternative. *Corporate Controller*, Sep/Oct.
- NEELY, A.D.; BYRNE, M.D. (1992). A simulation study of bottleneck scheduling. *International Journal of Production Economics*, v.26, n.1-3, p.187-192.
- NEWEL, A.; SIMON, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall *apud* ELMES, D.G. p.2.
- NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J.T. (1996). *A Teoria das Restrições e suas implicações na contabilidade gerencial*. São Paulo, Educator.
- OVERHOLSER, J.C. Sócrates na sala de aula. /Texto de curso/
- PATTERSON, M.C. (1992). The product-mix decision: a comparison of Theory of Constraints and labor-based management accounting. *Production and Inventory Management Journal*, v.33, n.3, p.80-5.
- PLANTULLO V.L. (1994). Um pouco além do Just In Time: uma abordagem à Teoria das Restrições. *Revista de Administração de Empresas*, v.34, n.5, p.32-9, set./out.
- PTAK, C.A. (1991). MRP, MRPII, OPT, JIT, and CIM: succession, evolution, or necessary combination. *Production and Inventory Management Journal*, v.32, n.2, p.7-11.
- RAMSAY, M.L.; BROWN, S.; TABIBZADEH, K. (1990). Push, pull and squeeze shop floor control with computer simulation. *Industrial Engineering*, v.22, n.2, p.39-41, 44-45, Feb.

- RENTES, A.F. (1995). *Proposta de uma metodologia de integração com utilização de conceitos de modelagem de empresas*. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RENTES, A.F.; SUGA, R.A.; SALOMÃO, S. (1996). Integração de objetivos de empresa - uma proposta de metodologia. In: ENEGEP, 16., Piracicaba. *Anais*. s.l, MULTIVIEW. /CD ROM/
- RONEN, B.; SPECTOR, Y. (1992). Managing system constraints: a cost/utilization approach. *International Journal of Production Research*, v.30, n.9, p.2045-61.
- SCHRAGENHEIM, E.; RONEN, B. (1991). Buffer Management: a diagnostic tool for production control. *Production and Inventory Management Journal*, v.32, n.2, p.74-9.
- SCHRAGENHEIM, E.; RONEN, B. (1990). Drum-Buffer-Rope shop floor control. *Production and Inventory Management Journal*, v.31, n.3, p. 18-22.
- SHANK, J.K.; GOVINDARAJAN, V. (1995). *Gestão estratégica de custos: a nova ferramenta para a vantagem competitiva*. Rio de Janeiro, Campus.
- SPENCER, M.S. (1991). Using "The Goal" In An MRP System. *Production and Inventory Management Journal*, v.32, n.4, p.22-7.
- SPENCER, M.S.; COX, J.F. (1995a). Master Production Scheduling development in a Theory of Constraints environment. *Production and Inventory Management Journal*, v.37, n.1, p.8-14.
- SPENCER, M.S.; COX, J.F. (1995b). Optimum Production Technology (OPT) and the Theory of Constraints (TOC): analysis and genealogy. *International Journal of Production Research*, v.33, n.6, p.1495-1504.

- SPENCER, M.S.; COX, J.F. (1995c). The role of MRP in repetitive manufacturing. *International Journal of Production Research*, v.33, n.7, p.1881-99.
- UMBLE, M.M. (1992). Analyzing manufacturing problems using V-A-T analysis. *Production And Inventory Management Journal*, v.33, n.2, p.55-60.
- UMBLE, M.M.; SRIKANTH, M.L. (1990). *Synchronous Manufacturing: principles for world class excellence*. Cincinnati, South-Western.
- WILENSKY, R. (1983). *Planning and understanding: a computational approach to human reasoning*. Reading, Addison-Wesley *apud* ELMES, D.G. p.6.

**8 OBRAS CONSULTADAS**

ASHCROFT, S.H. (1989). Applying the principles of Optimized Production Technology in a small manufacturing company. *Engineering Costs and Production Economics*, v.17, n.1-4, p.79-88.

DEMMY, W.S.; DEMMY, B.S. (1994). Drum-Buffer-Rope scheduling and pictures for the yearbook. *Production and Inventory Management Journal*, v.35, n.3, p.45-7.

DETTMER, H.W. (1993). [Goldratt's] Theory of Constraints: a system-level approach to continuous improvement. *The Quality Management Forum*, p.3, Fall.

GOLDRATT, E.M. (1988). Computerized shop floor scheduling. *International Journal of Production Research*, v.26, n.3, p.443-55.

GUIDE Jr., V.D.R.; GHISELLI, G.A. (1995). Implementation of Drum-Buffer-Rope at a military rework depot engine works. *Production and Inventory Management Journal*, v.37, n.3, p.79-83.

HUISMAN, H.H.; POLDERMAN, G.L.; WEEDA, P.J. (1990). Maximizing throughput in some simple time-constrained scheduling situations. *Engineering Costs and Production Economics*, v.18, n.3, p.293-9.

JAYSON, S. (1987). Goldratt & Fox: revolutionizing. *Management Accounting*, US, v.68, n.11, p.18-22, May.

- KAWADA, M.; JOHNSON, D.F. (1993). Strategic management accounting - why and how. *Management Accounting*, US, v.75, n.2, p.32-8, Aug.
- LEE, T.N.; PLENERT, G. (1993). Optimizing Theory of Constraints when new product alternatives exist. *Production and Inventory Management Journal*, v.34, n.3, p.51-7.
- LUEBBE, R.; FINCH, B. (1992). Theory of constraints and linear programming: a comparison. *International Journal of Production Research*, v.30, n.6, p.1471-8.
- MORGAN, M.J.; BORK, H.P. (1993). Is ABC really a need, not an option? *Management Accounting*, UK, v.71, n.8, p.26-27, Sep.
- MADAY, C.J. (1994). Proper Use Of Constraint Management. *Production and Inventory Management Journal*, v.35, n.1, p.84.
- POSNACK, A.J. (1994). Theory of Constraints: improper applications yield improper conclusions. *Production and Inventory Management Journal*, v.35, n.1, p.85-6.
- RODRIGUES, L.H. (1990). Apresentação e análise crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (Optimized Production Technology - OPT) e da Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC). In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAD, 14., Florianópolis. *Anais*. s.n., v.7, p.139-55.
- SMITH, M. (1995). Bottleneck management. *Management Accounting*, UK, v.73, n.3, p.26-8, Mar.



- SOUTH, J.B. (1993). A modified standard cost-accounting system can generate valid product costs. *Production and Inventory Management Journal*, v.34, n.2, p.28-31.
- SPENCER, M.S. (1994). Economic theory, cost accounting and theory of constraints: an examination of relationships and problems. *International Journal of Production Research*, v.32, n.2, p.299-308.
- SPOEDE, C.; HENKE, E.; UMBLE, M. (1994). Using activity analysis to locate profitability drivers. *Management Accounting*, US, v.75, n.11, p. 43-8, May.
- WESTON JÚNIOR., F.C. (1991). Functional goals are often in conflict with each other. *Industrial Engineering*, v.23, n.11, p.25-9, Nov.

## APÊNDICES

## Apêndice I

### Aplicação dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições na empresa júnior da EESC-USP

É apresentado a seguir um trabalho realizado junto à empresa júnior da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-Jr, onde foram aplicados os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições. Neste trabalho, desenvolvido durante o Curso Jonah-Marketing por mim efetuado nos meses de Maio e Junho de 1996, procurou-se detectar, num primeiro momento, as disfunções centrais ou problemas raízes, com os quais a organização estava convivendo. Para tal, era necessário, de acordo com o método de elaboração das árvores lógicas, que se listassem cerca de 10 problemas enfrentados pela empresa naquele momento. Estes, denominados na linguagem TOC de Efeitos Indesejáveis (EIs), foram assim relacionados:

- E.I.1: Há falta de motivação do pessoal.
- E.I.2: Falta clareza nas informações dadas aos clientes durante o projeto.
- E.I.3: A capacitação gerencial dos diretores é deficiente.
- E.I.4: O mercado potencial não é explorado adequadamente.
- E.I.5: O trabalho em equipe é deficiente.
- E.I.6: O plano de carreira é deficiente.
- E.I.7: A carga de trabalho está desequilibrada.
- E.I.8: Esperamos o cliente vir até nós.
- E.I.9: Existem atritos entre os membros.
- E.I.10: O *turn over* é elevado.

Uma vez conhecidos os EIs da empresa, dá-se início à elaboração da primeira das árvores lógicas dos Processos de Raciocínio, a Árvore da Realidade Atual (ARA). A figura 1, a seguir, apresenta a ARA da EESC-Jr em seu formato final. Sendo os problemas raízes as entradas desta árvore, pode-se verificar que o problema central da empresa era:

Problema raiz  $\Rightarrow$  E.I.6: O plano de carreira é deficiente.



Neste ponto, dever-se-ia construir o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) para identificar os conflitos implícitos ao fato deste problema ainda não ter sido eliminado da realidade da empresa. No entanto, tornou-se evidente para os membros da empresa que um plano de carreira que atenda às necessidades da empresa, não foi ainda desenvolvido pelo simples fato da empresa não ter dado a devida importância a este problema. Basta dar-se prioridade máxima a elaboração de um novo plano de carreira à empresa que esta deslocaria os recursos necessários para tal. Não foi considerado necessário, portanto, construir-se um DDN neste caso.

Diagnosticado o problema raiz, o próximo passo torna-se obter uma solução à empresa, solução esta capaz de transformar todos os efeitos indesejáveis em efeitos desejáveis (EDs), evitando-se sempre que novos EIs surjam como resultado desta solução. O pacote de “injeções” (solução), que devem ser aplicadas ao ambiente da empresa para que a mudança desejada ocorra na prática, são obtidos a partir da Árvore da Realidade Futura (ARF) representada na figura 2.

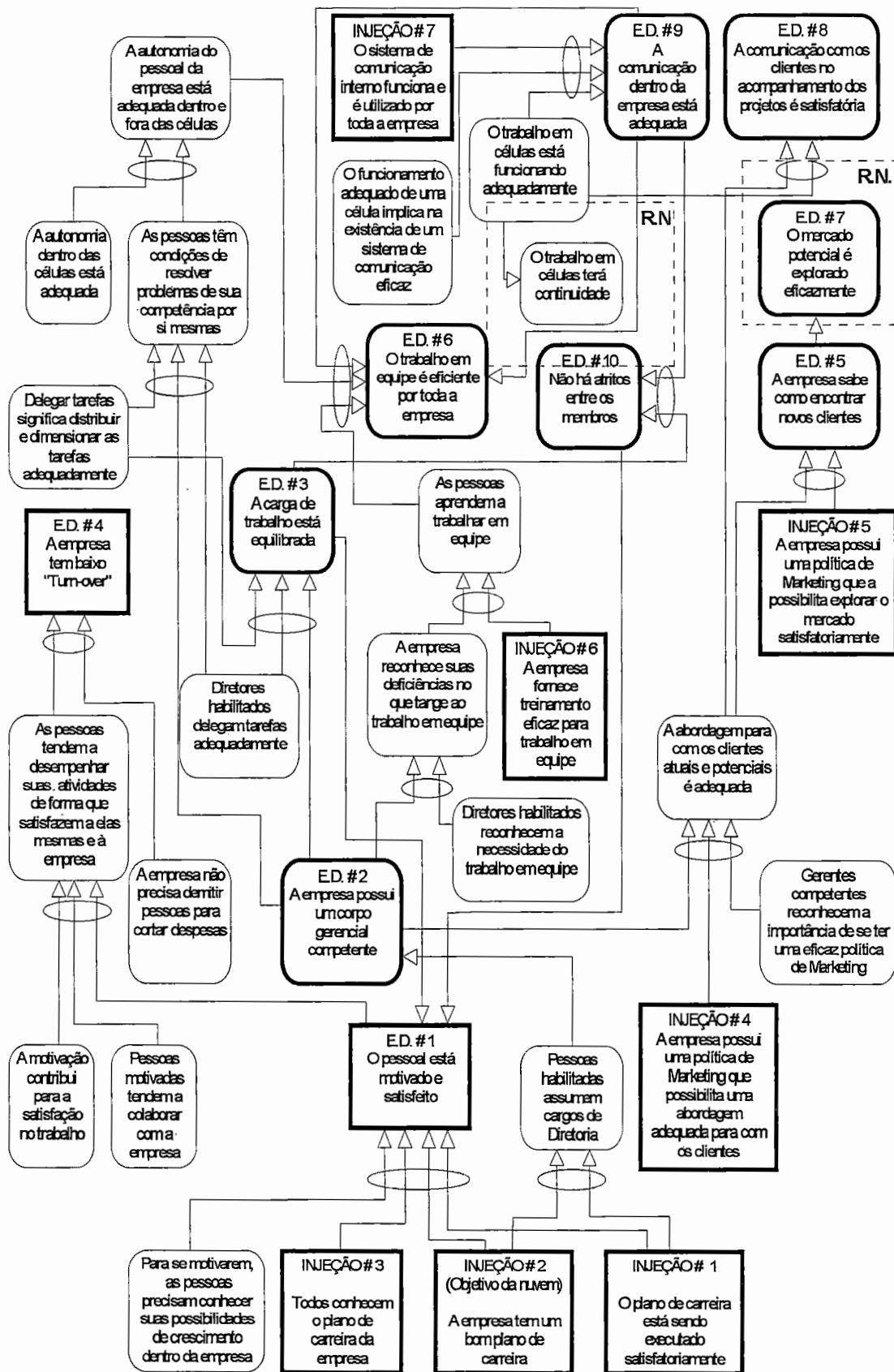


FIGURA 2: A Árvore da Realidade Futura da EESC-Jr.

Nesta, pode-se verificar que são necessárias 7 ações (injeções) que, se fossem verificadas na realidade, poderiam levar a uma situação futura onde todos os EIs tornariam-se EDs. São estas as injeções:

Injeção 1: O plano de carreira está sendo executado satisfatoriamente.

Injeção 2: A empresa tem um bom plano de carreira.

Injeção 3: Todos conhecem o plano de carreira da empresa.

Injeção 4: A empresa possui uma política de *marketing* que possibilita uma abordagem adequada para com os clientes.

Injeção 5: A empresa possui uma política de *marketing* que a possibilita explorar o mercado satisfatoriamente.

Injeção 6: A empresa fornece treinamento eficaz para trabalho em equipe.

Injeção 7: O sistema de comunicação interno funciona e é utilizado por toda a empresa.

No entanto, tais injeções podem levar a alguns novos efeitos indesejáveis, chamados pela TOC de Ramo Negativo (RN) da Árvore da Realidade Futura. As novas injeções, necessárias para transformar estes EIs em EDs, de acordo com o RN ilustrado na figura 3 a seguir, são:

Injeção 8: A empresa elabora um plano contingencial que lhe permite absorver os efeitos das oscilações abruptas do mercado.

Injeção 9: A empresa promove treinamento/aconselhamento para adaptação à mudança estrutural com uma contínua monitoração da situação.

Injeção 10: A empresa inclui no seu plano de carreira um programa de incentivos aos membros.



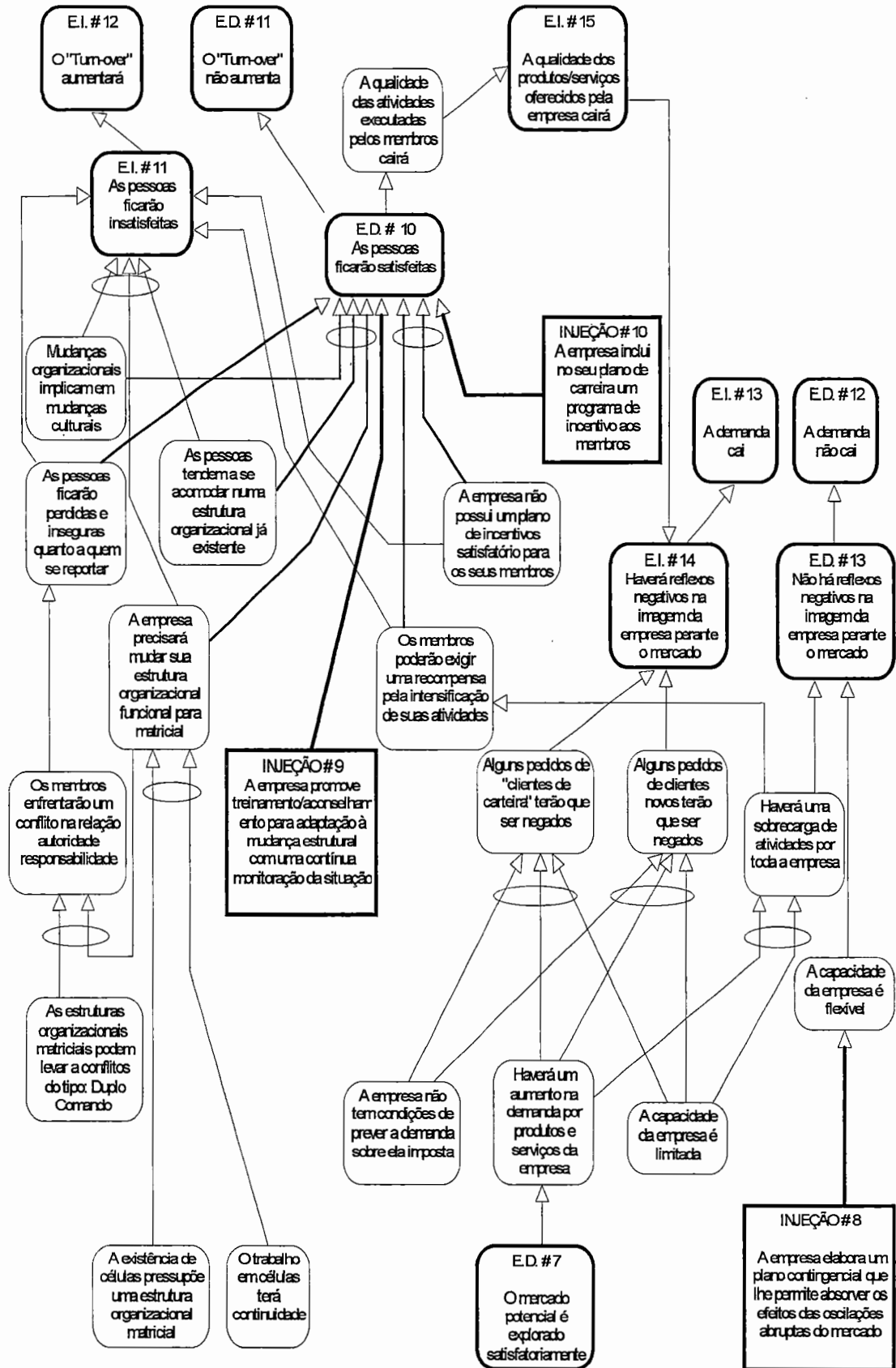


FIGURA 3: O Ramo Negativo da EESC-Jr.

Desenvolvida a solução (conjunto de injeções de 1 a 10), o objetivo agora torna-se elaborar um plano que permita uma real aplicabilidade destas injeções na empresa. Para tal, geralmente se faz necessário a subdivisão da tarefa de implementação em pequenas etapas. Estas pequenas etapas, ou objetivos intermediários, são obtidos a partir da verbalização dos obstáculos que se espera encontrar na realidade da empresa durante o processo de mudança. Cada obstáculo indica a necessidade de um objetivo intermediário, aquele que quando atingido terá sido suficiente para superar o obstáculo correspondente.

A empresa listou então um rol de obstáculos que se imaginava ter que transpor para se efetivamente implementar a solução proposta, além de uma lista de objetivos intermediários a serem cumpridos. Tal lista é apresentada a seguir com identificações coerentes com a Árvore de Pré-Requisitos que será posteriormente ilustrada.

OBSTÁCULOS (Obst.)

**Obst. 1.1** O processo de integração dos *trainees* é deficiente.

**Obst. 2.1** Não há tempo disponível para se elaborar o plano com a participação de todos os diretores.

**Obst. 4.1** Não há suficiente conhecimento por parte dos diretores da empresa sobre o que é uma política de *marketing* eficaz para se abordar os clientes.

**Obst. 4.2** O deficiente *follow-up* (pós-projeto) junto aos clientes não fornece subsídios suficientes para se preparar a abordagem correta.

**Obst. 4.3** Não há habilidade no pessoal do grupo de *marketing* para desenvolver uma política adequada para o mercado.

**Obst. 5.1** Não há suficiente conhecimento por parte dos diretores da empresa sobre o que é uma política de *marketing* eficaz.

**Obst. 6.1** A empresa não possui conhecimento suficiente para saber o conteúdo de um treinamento eficaz para trabalho em equipe.

**Obst. 8.1** A empresa não tem pleno conhecimento a respeito do que deve constar num plano contingencial.

**Obst. 10.1** A empresa não sabe o que deve constar num plano de incentivo aos membros.

**Obst. 6.2** Os alunos não têm tempo disponível. Suficiente para se dedicar aos treinamentos durante o período letivo.

**Obst. 7.1** Os alunos não têm tempo disponível suficiente para permanecer na empresa e, assim, poder comunicar e receber informações com maior frequência.

**Obst. 9.1** A empresa não possui um sistema de monitoração contínua.

OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS (OI)

**OI 1.1** A empresa formula seu processo de integração.

**OI 2.1** A empresa tem uma data (férias escolares, por exemplo), quando é dada prioridade máxima à elaboração do plano.

**OI 4.1, 4.2, 4.3, 5.1** Os diretores (ou pelo menos uma pessoa da empresa) sabem como construir a "Oferta Irrecusável" da TOC.

**OI 6.1, 8.1, 10.1** O presidente da empresa é treinado (via professores da escola) em atividades como trabalho em equipe, plano contingencial e programa de incentivos.

**OI 6.2** A empresa se planeja com um período (possivelmente férias) quando se farão os treinamentos para trabalho em equipe.

**OI 7.1** A empresa tem um mecanismo de revezamento entre seus membros com a finalidade de que haja sempre pelo menos uma pessoa na empresa com autoridade para resolver os problemas.

**OI 9.1** A empresa possui um sistema de monitoração através de um canal aberto presidente-diretor-membro para discussão e solução dos conflitos.

A figura 4 mostra a Árvore de Pré-Requisitos (APR) a qual utiliza como *input* as listas de obstáculos e objetivos intermediários. A APR sequencia os objetivos intermediários ao longo do tempo (qual deve ser anterior a qual, quais podem ser perseguidos em paralelo, etc.) fornecendo, portanto, um verdadeiro plano macro de implementação da solução (injeções).

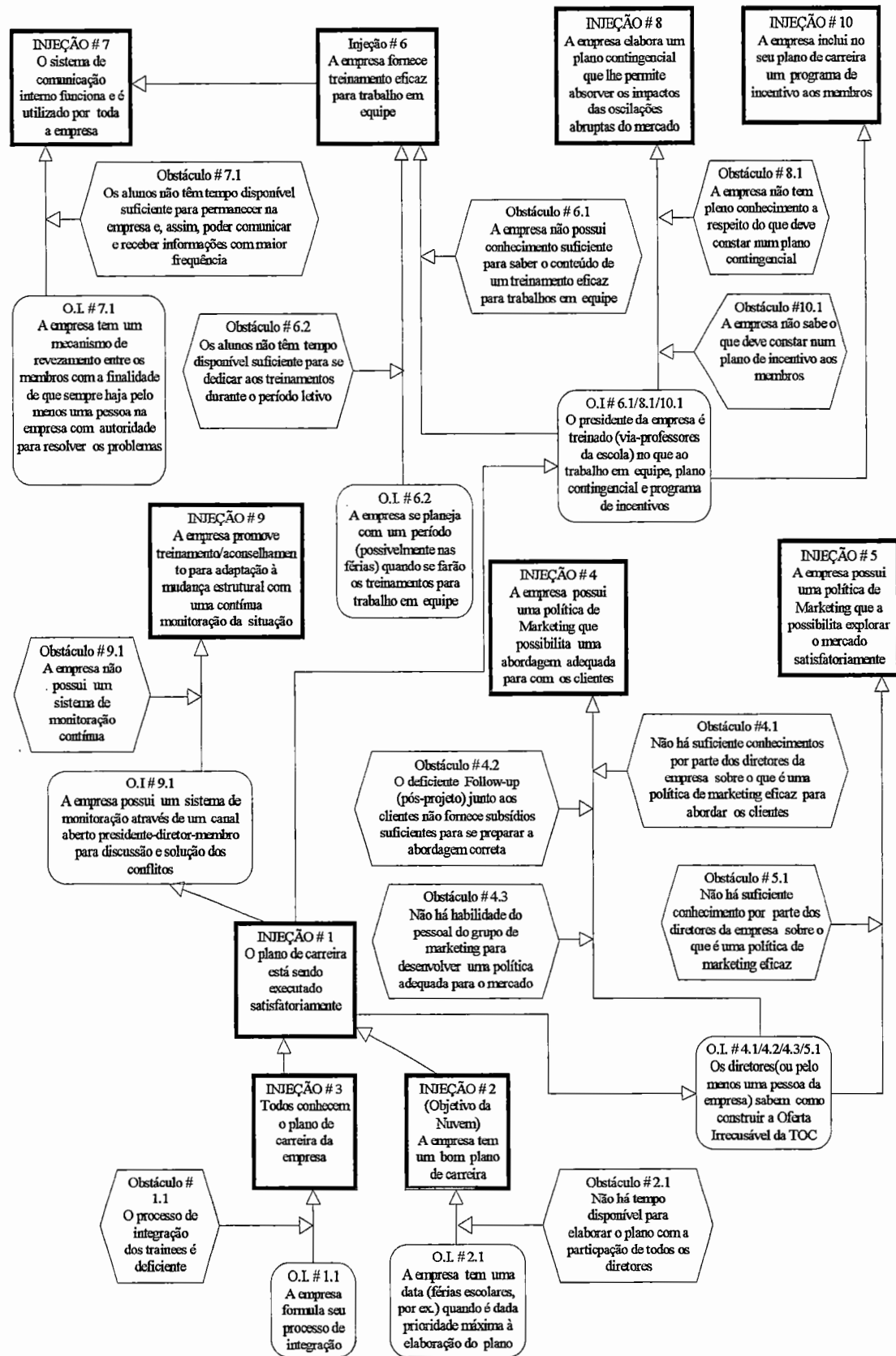


FIGURA 4: A Árvore de Pré-Requisitos da EESC-Jr.

Algumas situações mais complexas, onde cada passo correspondente ao alcance de um objetivo intermediário parece estar muito distante da realidade, podem exigir um maior detalhamento nas ações das pessoas interessadas no processo de mudança. Esta descrição detalhada da mudança gradual e progressiva que se espera ocorrer na realidade é fornecida pela última das ferramentas lógicas dos Processos de Raciocínio denominada Árvore de Transição (AT).

No caso da EESC-Jr, no entanto, tal descrição foi considerada desnecessária. Acredita-se que a empresa tenha condições de encaminhar seu projeto de implementação das injeções baseando-se apenas na APR. Assim, não foi construída a Árvore de Transição neste trabalho com a empresa júnior.

## Apêndice II

### Programa em linguagem Pascal que simula uma linha balanceada

Neste apêndice é apresentado um programa, desenvolvido em linguagem pascal, que procura demonstrar com exemplos numéricos alguns aspectos indesejáveis relativos ao uso de linhas balanceadas. Para tal, o programa foi baseado no modelo de jogo de dados mostrado no livro “A Meta” (GOLDRATT & COX, 1995, p.99-108). A seguir é apresentado o programa.

```
Program Linha_Balanceada;
```

```
Uses wincrt;
```

```
{ Declaracao de variaveis }
```

```
Var m,n,i,j,max,min,numero,PT,ET: integer;
```

```
    PM: real;
```

```
    P: array [1..25,1..170] of integer;
```

```
    E: array [1..25,0..170] of integer;
```

```
    T: array [1..25,1..170] of integer;
```

```
    lst: text;
```

```
{ Leitura de dados }
```

```
Begin
```

```
Write('Entre com o numero de maquinas na linha: ');
```

```
Readln (m);
```

```
Writeln;
```

```
Write('Entre com o numero de ciclos de producao: ');
```

```
Readln (n);
```

```
Writeln;
```

```
Writeln('Entre com o valor maximo para a capacidade dos recursos');
```

```
Readln(max);
```

```
Writeln('Entre com o valor minimo para a capacidade dos recursos');
```

```
Readln(min);
```

```
{Atribuicao aleatoria da capacidade de cada recurso  
nos diversos ciclos de producao}
```

```
Randomize;
```

```
For i:=1 to m do
```

```
  For j:=1 to n do
```

```
    Begin
```

```
      numero:= Random(max-min+1);
```

```
      P[i,j]:= numero+min
```

```
    End;
```

```
{Inicializacao dos valores dos estoques}
```

```
For i:=1 to m do
```

```
  For j:=0 to n do
```

```
    E[i,j]:=0;
```

```
PM:=0; {Producao Media da linha: valor inicial}
```

```
ET:=0; {Estoque Total acumulado: valor inicial}
```

```
{Inicializacao das quantidades movimentadas}
```



no primeiro recurso nos diversos ciclos}

For j:= 1 to n do

$T[1,j] := P[1,j];$

{Calculos das quantidades estocadas e movimentadas  
entre os recursos nos diversos ciclos}

For j:= 1 to n do

    Begin

        For i:= 1 to m-1 do

            If  $T[i,j] \geq P[i+1,j]$

                Then

                    Begin

$T[i+1,j] := P[i+1,j];$

$E[i+1,j] := T[i,j] - P[i+1,j] + E[i+1,j-1]$

                    End

                Else If  $(T[i,j] + E[i+1,j-1]) \geq P[i+1,j]$

                    Then

                        Begin

$T[i+1,j] := P[i+1,j];$

$E[i+1,j] := T[i,j] + E[i+1,j-1] - T[i+1,j]$

                        End

                    Else

                        Begin

$T[i+1,j] := T[i,j] + E[i+1,j-1];$

$E[i+1,j] := 0$

                        End;

    end;

{ saída de resultados }

For i:= 2 to m do

```
ET:=ET+E[i,n];
Begin
  Write('Estoque em processo na frente do recurso "',i,'" ');
  Writeln;
  For j:= 1 to n do
    Writeln('No Ciclo "',j,'" ', E[i,j]);
    Writeln;

  End;

Write('Estoque total acumulado apos "',j,'" ciclos: ',ET);
Writeln;

For J:=1 to n do
  Begin
    Writeln('No ciclo "',j,'" os recursos produziram respectivamente: ');
    For i:=1 to m do
      Write(' ',P[i,j],' ');
      Writeln;
      Writeln
    End;

  For j:= 1 to n do
    Begin
      Writeln('A producao da linha no ciclo "',j,'" foi de: ',T[m,j]);
      Writeln;
      PT:=PT+T[m,j];
      PM:=PT/j
    End;

  Writeln;
  Writeln('Produção media da linha apos "',j,'" ciclos: ',PM:6:2);
```

Writeln;  
readln;  
End.

## **Apêndice III**

### **Caso da empresa Eaton Ltda.**

As informações contidas no texto a seguir foram obtidas a partir de uma entrevista realizada com um gerente da empresa. O intuito deste trabalho é de apenas posicionar o leitor quanto ao grau e abrangência das aplicações de Teoria das Restrições na empresa, e não de fazer um estudo completo e detalhado da TOC na Eaton.

#### **1 Características gerais**

A Eaton Ltda. é uma empresa do ramo metal-mecânico fabricante de diversos tipos de produtos como caixas de transmissão, eixos, peças para reposição, entre outros, perfazendo um total de 4000 itens diferentes. Situada em Santo André na grande São Paulo, a Eaton Ltda., pertencente ao grupo multinacional Eaton Corporation, tem seu organograma distribuído em quatro níveis hierárquicos: gerência, chefia ou supervisão, encarregado e nível operacional.

Contando com 402 funcionários (dado obtido em Abril de 1996), a empresa compra peças forjadas ou laminadas onde são realizadas tarefas de usinagem e/ou tratamento térmico para manufatura dos produtos finais. Devido à falta de capacidade interna, algumas de suas atividades podem ser terceirizadas, como o torneamento e o tratamento térmico.

#### **2 Tipo de processo produtivo**

O sistema produtivo é do tipo *job shop* com lotes de componentes percorrendo uma fábrica com características predominantes de plantas tipo “V”. Seu

*lay-out*, que antes era funcional, tem hoje elementos de manufatura celular, podendo ser classificado como misto.

Contando com um parque fabril moderadamente avançado (aproximadamente 20% de seu maquinário é do tipo CNC enquanto que 80% é convencional), a Eaton, como já dito, possui uma alta diversidade de produtos (4000 itens distintos). Dentro deste contexto, analisou-se o que mudou em termos de planejamento e programação da produção, e suas respectivas medidas de desempenho, com a entrada da TOC no cenário da organização.

### **3 A empresa antes da TOC**

A Eaton fazia uso de um PCP do tipo convencional para controlar seus processos produtivos. A partir de uma previsão de vendas e de uma verificação de estoques em processo gerava-se, através de um programa em LOTUS, o que deveria ser fabricado. A empresa procurou implementar, sem sucesso, o MRP II, ficando apenas em execução a determinação das necessidades de materiais. No final de 1989 tentou-se trabalhar com o JIT (treinamento de pessoal, *lay-out* celular), mas a queda de mercado fez com que a empresa abandonasse a idéia. Um possível uso de um sistema *Kanban* também foi abandonado, possivelmente devido ao tipo de processo produtivo presente na empresa (*job shop*).

Talvez por consequência da aplicação da contabilidade de custos convencional baseada em custos-padrão, antes praticada na empresa, os lotes de produção eram dimensionados a partir de cálculos baseados em lotes econômicos, isto é, procurava-se contra-balançar os custos de *setup* com os custos de carregamento de estoques. Assim, existiam lotes mínimos de produção com valores próximos de 150 unidades, com lotes de transferência iguais a estes valores. Como lembrou um gerente durante uma das entrevistas, “a determinação destes cálculos considerava uma boa dose de intuição das pessoas envolvidas.”

Departamentos, setores produtivos e funcionários eram avaliados mediante índices de eficiência e produtividade nos moldes convencionais de avaliação de desempenho. A busca por ótimos locais era uma constante na empresa. Atividades

como manutenção, por exemplo, não eram acompanhadas por um programa de prioridades dos recursos.

#### **4 A empresa depois da TOC**

Serão analisados neste tópico diversos aspectos cuja filosofia TOC, após a empresa iniciar a utilização de sua filosofia através de treinamentos de alguns funcionários em cursos ministrados pelo Avraham Y. Goldratt Institute no final de 1991, provocou algum tipo de alteração nos procedimentos da empresa.

##### **4.1 Planejamento e Controle da Produção**

A empresa trabalha atualmente com o MRP para adquirir material importado (válvulas de pneus sem câmara e câmaras de ar), ficando as necessidades de material a nível de fábrica sendo controladas através de um *software* que trabalha nos moldes do OPT (e portanto de acordo com o método Tambor-Pulmão-Corda) denominado GOAL SYSTEM. A utilização do GOAL SYSTEM se deve ao fato da empresa possuir uma capacidade relativamente balanceada, além de um fluxo de produtos bastante complexo.

A empresa tinha como primeira restrição o Setor de Torneamento; que foi “elevada” após uma terceirização desse serviço. Depois disso a restrição mudou para o Setor de Tratamento Térmico. É política da empresa manter esse setor como RRC.

É importante salientar aqui que a real restrição da empresa é o mercado, mas a empresa já percebe que quando há aumento na demanda de mercado o primeiro recurso a se sobrecarregar é o tratamento térmico. Pode-se dizer, portanto que o tratamento é um recurso com baixa capacidade protetiva à restrição mercado.

##### **4.2 Medidas de desempenho**

Os funcionários são avaliados de acordo com a sua contribuição para a Meta da empresa e não mais de acordo com as metas departamentais. Assim a empresa está implementando um programa chamado Metas Contributórias. Entende-se como Metas Contributórias da empresa a redução de despesas operacionais (gastos com suprimentos administrativos em geral, energia elétrica, etc.), manutenção preventiva e

corretiva, gastos com ferramentas, refugos, eliminação de “buracos” no pulmão, redução no tamanhos de lotes, entre outras.

As medidas de desempenho do tipo eficiência/produktividade por funcionário são ainda utilizadas apenas devido às exigências da Corporação e não mais para controle interno. Hoje não se avalia departamentos isoladamente e sim, a eficiência da empresa como um todo (atender ao cliente final), através de discussões interdepartamentais. Há hoje um “grupo de planejamento” que é composto pelo gerente de produção, pessoal de venda, pessoal de compras, etc., que avaliam o desempenho de cada setor de acordo com a meta global da empresa.

#### **4.3 Dimensionamento de lotes**

A empresa reconhece que uma das grandes causas de buracos no pulmão está no dimensionamento dos lotes de transferência. Desta feita, esta trabalha com uma regra de se buscar lotes de transferência unitários; se isso não for possível a transferência deve ser feita de hora em hora e, caso ainda não seja factível, de 30 em 30 peças. Entretanto, existe um grande empecilho cultural de se trabalhar dessa forma, pois os operadores preferem produzir a transferir lotes. Outro problema está relacionado ao seu *lay-out*, pois se as máquinas ficassem mais próximas umas das outras essas transferências seriam mais fáceis.

Quanto aos lotes de produção estes dependem da programação no RRC (Tambor). Como o RRC, neste caso, é o tratamento térmico e este trabalha por “batch” (150 peças), os demais recursos da empresa deverão acompanhar este ritmo.

#### **4.4 Níveis de estoque**

A empresa acredita que houve redução nos níveis de estoque em processo, ainda que esteja havendo pré-liberação de material para a fábrica devido às exigências de eficiência pela corporação (a Eaton é a única unidade da corporação que trabalha com TOC). Isto leva a níveis de estoque maiores que o desejado, ainda que tenha havido uma melhoria em tais níveis de estoque em relação ao que era mantido antigamente, que pode ser visualmente comprovada ao caminhar-se pela fábrica.

Como consequência, o lead-time, que era de cerca de 30 a 45 dias, passou para 15 dias aproximadamente .

#### **4.5 Política de vendas**

O setor de vendas acredita muito nas ferramentas de *marketing* da TOC baseadas nos princípios presentes no “Mundo do Ganho” como a “venda irrecusável” (ferramenta desenvolvida pela Teoria das Restrições com a finalidade de auxiliar na construção de boas soluções de *marketing*). Este setor considera, inclusive, que tais metodologias foram muito úteis para Eaton nos momentos de baixa no mercado.

Enquanto que no passado o marketing era baseado na contabilidade de custos, as tomadas de decisão são, hoje em dia, fundamentadas na Teoria das Restrições. Tais práticas resultaram, num determinado momento, no abandono de uma determinada linha de produtos da empresa levando um aumento no faturamento de US\$ 3.000.000,00 para US\$ 6.000.000,00. Nesta época o tratamento térmico era o RRC e um cálculo baseado no ganho por minuto de restrição sugeriu o abandono dessa linha.

Ainda que a contabilidade de custos continue sendo utilizada para efeitos de Fiscalização Governamental e por exigências da Corporação, não há mais a prática de preços pré-fixados ou de margens de contribuição por produto nas tomadas de decisões gerenciais.

#### **4.6 Gestão da qualidade**

O controle da qualidade é feito pelo próprio operador, ou seja, não há inspetores (a empresa já trabalhava com esta filosofia de qualidade mesmo antes de surgir a TOC na empresa). Independentemente da TOC, existia uma política da qualidade na empresa, denominada *Eaton Quality Award* onde se buscava a qualidade total. Esta política está servindo agora como subsídio para a certificação ISO 9000.

Como a restrição está no mercado, a empresa ainda não possui uma sistemática consistente de controle da qualidade antes do RRC e depois do RRC. As ferramentas da qualidade (CEP, CCQ e outras) eram e ainda são aplicadas de forma diversificada, ou seja, pouco enfocadas. Esta ausência de enfoque talvez seja



resultado de problemas culturais da organização, principalmente no nível de chão-de-fábrica. Faz-se atualmente melhorias em toda a organização, mas a empresa está desenvolvendo um plano de premiação diferenciado para resolução de problemas da restrição.

#### 4.7 Aperfeiçoamento dos processos em geral

A manutenção preventiva é efetuada, (além dos motivos referentes à ISO 9000 que exige que se tenha uma política de manutenção preventiva), de acordo com a carga das máquinas calculadas e emitidas em relatórios pelo GOAL SYSTEM. Existe um programa de manutenção onde é fornecida uma lista de máquinas prioritárias para manutenção, de acordo com as cargas de trabalho associadas ou às filas de material encontradas antes das mesmas. Desta forma, as manutenções são direcionadas para os equipamentos críticos da fábrica, ou seja, para aqueles mais sobrecarregados. Do ponto de vista de manutenção, a Eaton procede nos moldes da TOC, isto é, enfocadamente.

### 5 Conclusão

Em resumo, a empresa Eaton Ltda. parece ter incorporado diversos princípios e técnicas advindas da TOC. Algumas ferramentas dos PcR ajudaram muito nestas mudanças. Além daqueles relacionados à PCP e *marketing*, a empresa faz uso também de outro aplicativo da Teoria das Restrições para gerenciamento de projetos.

No entanto, alguns obstáculos ainda impedem um maior sucesso da empresa em termos de um envolvimento mais forte com a TOC. Tais obstáculos estão, principalmente, relacionados às mudanças culturais que a filosofia exige tanto a nível de corporação quanto interno a empresa, à queda no mercado e pelo processo de aquisição da empresa CLARK pela corporação.

Outro aspecto que evidencia uma influência da Teoria das Restrições na empresa refere-se a forma como esta está lidando atualmente com a questão de redução de custos. A mão-de-obra é o principal item de despesa da empresa, ou seja, quando se pensava em redução de DO pensava-se automaticamente em demissão de funcionários. Afirma-se que antes da TOC a política era de redução de mercado (com

consequentes demissões) seguidas por aumentos de mercado (com consequentes contratações). Depois da TOC as demissões se tornaram a última alternativa para empresa. Agora, antes de se demitir, busca-se outras oportunidades de mercado. Caso isto não seja possível, uma redução na jornada de trabalho passa a ser a próxima opção.

## Apêndice IV

### Caso Robert Bosh Ltda. - Curitiba

Através de um contato feito com um dos gerentes da empresa Bosh de Curitiba durante a realização de um curso Jonah, o autor deste trabalho obteve algumas informações a respeito do nível de implementações das ferramentas de Teoria da Restrições na empresa, particularmente do método Tambor-Pulmão-Corda (TPC).

#### 1 Objetivos traçados para a área piloto

A unidade da Bosh situada em Curitiba, Paraná, fabrica e fornece uma elevada gama de componentes para uso em motores diesel. A partir de meados de 1995, uma de suas linhas (área piloto), produtora de bicos injetores, passou a utilizar os conceitos de Tambor-Pulmão-Corda para planejar, programar e controlar sua produção. Foi estabelecida como meta para a linha um aumento de capacidade de produção na ordem de 20%, sem investimentos de capital, redução do estoque em processo, redução e/ou eliminação de horas-extras, melhoria do nível de atendimento aos clientes e simplificação da administração (com redução significativa de ações emergenciais) em até 4 meses.

#### 2 O treinamento

A partir do intermédio do Instituto Goldratt do Brasil, foi definido um plano de treinamento constituído por duas fases: um *workshop* de 2 dias com a presença de 25 pessoas (supervisores de linha, segurança da qualidade, controller e funções técnicas) e um programa de 5 dias para construção da solução específica de TPC para a linha, o qual contou com a presença de 10 pessoas (2 pessoas ligadas à área de

manutenção, 1 de planejamento de materiais, 1 de recursos humanos, 3 de planejamento de processos, 2 de produção e 1 gerente).

Após esta etapa, foi criado um grupo de pessoas responsáveis pela continuação do plano de treinamento chamado Time TOC. Este estabeleceu ainda mais três fases de treinamento: jogos de dados com duração de 3 horas e participação de cerca de 350 pessoas, refinamento do plano (4 horas e 60 pessoas) e um treinamento contínuo a ser realizado 3 vezes por semana para gerentes de Pulmão.

### **3 A implementação do plano**

Foram definidas diversas ações para implementação do plano:

*1. Os departamentos são avaliados em função de sua contribuição com o desempenho global.*

Para tal, alguns índices de eficiência, que são indicadores de desempenho na empresa, foram desconsiderados nesta linha.

*2. A gerência identifica o RRC e divulga a todos os envolvidos.*

Foram encontradas inicialmente 4 operações, candidatas a RRC, com capacidades muito próximas. No entanto, esforços bem sucedidos para desbalanceamento conseguiram aumentar consideravelmente a capacidade de 3 operações. Identificado o RRC, este tornou-se alvo preferencial de sugestões de melhoria remuneradas além de contar com um atendimento preferencial por áreas auxiliares.

*3. A gerência faz a programação do RRC de acordo com a capacidade disponível e demanda de mercado (Tambor).*

Foram efetuadas agregações de *setups* para melhor exploração do RRC.

*4. A gerência define Pulmões de tempo necessários para compensar (com alguma folga) as atuais interrupções no processo (paradas e/ou filas) e estabelece os pontos de controle dos mesmos.*

O gerenciamento de pulmões foi aplicado para ajustar sistematicamente os pulmões. Treinados pelo Time da TOC, os gerentes de pulmões identificaram alguns problemas ocultos relacionados a manutenção, qualidade e flexibilidade ao acompanhar os pulmões. Outro aspecto positivo relacionado refere-se ao fato que a formação de pulmões físicos garantem continuidade no processo produtivo e pontualidade na entrega de produtos. Entretanto, um aumento na capacidade do RRC resultante de um melhor gerenciamento do mesmo reduziu a capacidade protetiva após o RRC, o que levou à formação de um pulmão de mercado irregular.

*5. A gerência faz a programação da liberação de materiais (Corda) conforme necessidade do Tambor e com os necessários Pulmões.*

Para se reduzir os níveis de estoque em processo, a linha ficou 3,5 dias sem liberação de materiais. Esta determinação deixou inseguro até mesmo o Time da TOC.

*6. A gerência mostra continuamente aos envolvidos diretos/indiretos os impactos negativos da otimização local não relacionada ao desempenho global da empresa e cria novas instruções para redirecionar os esforços de otimização.*

*7. A gerência dá instruções aos empregados para trabalhar tão rápido quanto possível quando houver material disponível; caso contrário não produzir.*

Para evitar momentos de ociosidade, a gerência providencia programas ou atividades elaborados a partir de sugestões dos operadores, deixando claro se tratar de piloto às áreas próximas não diretamente envolvidas. Dentre algumas sugestões formuladas para estas atividades está aprender outras operações e aprender a ajustar e consertar a própria máquina.

*8. A gerência estabelece rodízio dos operadores do RRC com os operadores dos recursos não-restrição.*

Para isto foi elaborado um plano de carreira aos operadores que induz a multifuncionalidade.

9. *As maiores interrupções ou filas (e suas frequências) são sistematicamente reduzidas a partir de decisões relacionadas aos resultados finais.*

Com intuito de se reduzir os lotes de transferência a valores muito menores que os de produção, foi elaborado um método simples de identificação e apontamento de pequenos lotes de transferência que garante rastreabilidade sem sobrecarregar os operadores ou supervisores. Assim, na Usinagem Mole o lote de transferência caiu de 500 para 120, enquanto na Usinagem Dura o lote caiu de 140 para 70. Tais reduções permitiram um decréscimo no *lead time* total da linha, ainda que o *lay-out* da mesma exija mais recursos para movimentar os lotes entre as operações.

10. *São divulgados objetivos preferenciais (RRC, Pulmões) para sugestões remuneradas.*

Observou-se que a maior parte das idéias estavam relacionadas com a elevação da restrição, sendo raras sugestões para reduzir filas e interrupções o que necessitou de formação de grupos de trabalho sugeridos pela gerência.

11. *É traçada uma estratégia de imunização do futuro.*

Esta estratégia esta calcada no crescimento dos produtos atuais e introdução de novos produtos.

#### **4 Resultados intermediários obtidos**

Aumento de capacidade	8%
Redução no <i>lead time</i>	30%
Redução de estoque em processos	35%
Redução de horas-extras	80%
Simplificação na administração	OK

## **5 Conclusão**

Ainda que, até o momento da entrevista, a unidade da Bosh em Curitiba tivesse apenas aplicado os conceitos de Tambor-Pulmão-Corda e Gerenciamento de Pulmão da Teoria das Restrições em uma linha piloto, pode-se dizer, pelos resultados alcançados, que houve um grande sucesso na implementação do programa.

Os resultados alcançados até aquele momento (7.4.4.) estão próximos da meta primeiramente traçada (7.4.1.) o que comprova a factibilidade e o potencial das ferramentas da TOC utilizadas pela empresa.

## **Apêndice V**

### **Guia para entrevistas**

A seguir é apresentado um *check-list* que deve servir como um guia para orientar o entrevistador na detecção de disfunções da empresa analisada. Este contém uma seqüência de possíveis itens a serem pesquisados na empresa, amparando, assim, o analista na elaboração de seu questionário para levantamento de disfunções da empresa.

#### **1 DINÂMICA ORGANIZACIONAL**

##### **Condições de trabalho**

- Conforto físico no trabalho.
- Disponibilidade de materiais e provisões.
- Adequação do horário de trabalho.
- Clima no ambiente de trabalho.
- Arranjo físico do local de trabalho.

##### **Organização do trabalho**

- Regras e procedimentos.
- Repartição da carga de trabalho.
- Polivalência e autonomia no trabalho.
- Absenteísmo.



**Utilização dos recursos materiais**

Utilização do tempo disponível de instrumentos, equipamentos e instalações.

Utilização da capacidade dos instrumentos, equipamentos e instalações.

Utilização do material de consumo e da matéria prima.

Utilização dos recursos financeiros.

**Gestão do tempo**

Planificação e programação da gestão do tempo de trabalho individual e coletivo.

Operações mal realizadas ou não realizadas por falta de tempo.

Fatores perturbadores da gestão do tempo de trabalho.

**Comunicação-Coordenação-Concertação entre agentes da empresa.**

C-C-C a nível da direção.

C-C-C a nível vertical.

C-C-C a nível horizontal.

Dispositivos de C-C-C.

**Adequação formação-emprego**

Conteúdo dos postos de trabalho.

Qualificação do pessoal.

Dispositivos de formação.

Manifestação e expressão das necessidades de formação do pessoal.

**Elaboração e operacionalização da estratégia interna**

Orientação da estratégia interna.

Formulação e efetivação da estratégia interna.

Meios de operacionalização da estratégia interna.

Ferramentas gerenciais para a operacionalização da estratégia interna.

Sistema de informação da estratégia interna.

## **2 DINÂMICA TECNOLÓGICA.**

### **Desempenho do produto em relação às necessidades dos clientes.**

Interação com os clientes para apreender suas necessidades.

Grau de transparência das necessidades dos clientes.

Vigilância sobre as necessidades dos clientes e sobre o desempenho dos produtos.

Eficácia da mensuração do desempenho dos produtos.

Grau de desempenho operacional dos produtos.

Grau de desempenho técnico dos produtos.

Posicionamento do desempenho dos produtos em relação aos produtos dos concorrentes.

### **Desempenho dos instrumentos, equipamentos e instalações em relação às necessidades do trabalho.**

Interação com o pessoal para apreender as necessidades do trabalho.

Grau de transparência dos parâmetros de funcionamento.

Vigilância sobre os parâmetros de funcionamento e sobre o desempenho dos instrumentos, equipamentos e instalações.

Eficácia da mensuração do desempenho do funcionamento.

Grau de desempenho operacional dos instrumentos, equipamentos e instalações.

Grau de desempenho técnico dos instrumentos, equipamentos e instalações.

Posicionamento da performance dos instrumentos, equipamentos e instalações as possibilidades alternativas.

### **Processo de adequação da performance dos produtos e dos equipamentos em relação às necessidades de funcionamento.**

Procedimento de desbloqueio e de melhoria do desempenho técnico.

Etapas do desbloqueio e da melhoria do desempenho técnico.

Características técnicas dos procedimentos de adequação do desempenho.  
Extensão do conhecimento técnico existente a outras aplicações.  
Aprendizagem de novas técnicas e novos métodos.

#### **Elaboração e operacionalização da estratégia tecnológica.**

Orientação da estratégia tecnológica.  
Formulação e concretização da estratégia tecnológica.  
Meios de operacionalização da estratégia tecnológica.  
Agentes da estratégia tecnológica.  
Sistema de informação da estratégia tecnológica.

### **3 DINÂMICA CONCORRENCIAL**

#### **Relacionamento com os fornecedores.**

Comunicação-Coordenação-Concertação com os fornecedores.  
Organização do relacionamento com os fornecedores.  
Gestão do tempo do relacionamento com os fornecedores.

#### **Relação com os concorrentes.**

Comunicação-Coordenação-Concertação com os concorrentes.  
Organização do relacionamento com os concorrentes.  
Gestão do tempo do relacionamento com os concorrentes.

#### **Relacionamento com os clientes.**

Comunicação-Coordenação-Concertação com os clientes.  
Organização do relacionamento com os clientes.  
Gestão do tempo do relacionamento com os clientes.

#### **Relacionamento com o meio ambiente institucional.**

Relacionamento com o ambiente tecnológico.  
Relacionamento com a sociedade.

Relacionamento com o ambiente comercial.

Relacionamento com o ambiente político.

**Elaboração e operacionalização da estratégia externa.**

Orientação da estratégia externa.

Formulação e concretização da estratégia externa.

Meios de operacionalização da estratégia externa.

Ferramentas gerenciais de operacionalização da estratégia externa.

Agentes da estratégia externa.

Sistema de informação da estratégia externa.