

## **RESUMO**

A Teoria das Restrições surgiu no início da década de 80 revolucionando a teoria da manufatura e tendo um desenvolvimento rápido em diferentes países como Estados Unidos, Reino Unido, Holanda, Israel entre outros. No Brasil a difusão dessa metodologia, inicialmente concebida para o ambiente de manufatura, não está suficientemente desenvolvida. Pelos resultados que se acredita poderem decorrer de sua aplicação, é objetivo desta pesquisa detectar empresas que implementaram o sistema TPC em nosso país, verificar quais as vantagens que podem ser obtidas do seu uso e mostrá-las no relatório final, para difundir uma metodologia que acredita-se ser de fácil aplicação nas empresas brasileiras, possibilitando melhorar a competitividade de nossos produtos.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Manufatura sincronizada; Técnicas de produção; Sistema Tambor-Pulmão-Corda.

## **ABSTRACT**

The Theory of Constraints appeared at the beginning of the eighties revolutionizing the manufacturing theory. The theory of constraints has experienced a big development in different countries like USA, UK, Holland and Israel among others. In Brazil, the diffusion of this methodology, initially conceived for the manufacturing environment, is not sufficiently developed. Considering the results people believe possible to obtain from its application, it is objective of this research to detect Organizations which have implemented the Drum-Buffer-Rope system in our country, to verify which are the advantages people can get from its use and show them in the final report, having in mind to diffuse a methodology which

people believe to be easy to apply in Brazilian companies, making it possible to improve the competitiveness of our products.

## **KEY WORDS**

Synchronized manufacturing; Production techniques; Drum-buffer-rope system.

## SUMÁRIO

Agradecimento .....	8
I. Introdução .....	9
II. Metodologia .....	12
III. A Teoria das Restrições .....	14
1. O processo de otimização contínua .....	15
2. O processo de otimização contínua para restrições não físicas .....	16
2.1. Uso das ferramentas dos processos de raciocínio da TOC.....	19
3. O processo de otimização contínua para restrições físicas .....	20
IV. Mundo do custo x mundo do ganho .....	24
1. As medidas de desempenho da Teoria das Restrições .....	24
2. O mundo do custo.....	25
3. O mundo do ganho .....	28
3.1. Bússola.....	30
V. A metodologia Tambor-Pulmão-Corda .....	31
1. Programação da produção.....	31
2. Controle da produção.....	39
2.1. Pulmões.....	39
2.1.a. Pulmão restrição .....	39
2.1.b. Pulmão expedição.....	39

2.1.c. Pulmão montagem .....	40
2.2. Estoque em processo .....	40
2.3. Tamanho do pulmão .....	41
2.4. Gerenciamento de pulmões .....	42
3. Processo de otimização contínua .....	43
4. Classificação das operações de manufatura segundo a TOC .....	44
4.1. Fabricações em V .....	45
4.2. Fabricações em A .....	46
4.3. Fabricações em T.....	47
VI. Diferenças entre o TPC e outras metodologias para programar e controlar a produção.....	49
1. Just-In-Case.....	52
2. Kanban .....	55
3. Complementaridades .....	56
VII. Resultados da pesquisa .....	57
1. Características das empresas pesquisadas .....	58
2. Histórico.....	58
3. Implementação .....	59
3.1. Metodologia de implementação .....	60
3.1.a. Empresas A, C, D, F e G.....	60
3.1.b. Empresa E.....	61

3.1.c. Empresa B.....	61
3.2. Problemas na implementação.....	62
3.2.a. Resistência à mudança .....	62
3.2.b. Software .....	65
3.2.c. Restrições interativas .....	65
3.2.d. Queda de demanda.....	66
3.2.e. Treinamento de pessoal.....	66
3.3. Ferramentas de operacionalização .....	66
3.3.a. Reuniões de envolvimento .....	67
3.3.b. Reestruturação de departamentos .....	67
3.3.c. Pulmões entre áreas.....	68
3.4. Custo de implementação.....	68
4. Resultados .....	69
5. Outras vantagens do TPC.....	72
5.1. Liberação do tempo do pessoal de produção .....	72
5.2. Diminuição do atrito entre as áreas .....	72
5.3. Balanceamento do fluxo .....	72
5.4. Envolvimento do funcionário que trabalha na restrição .....	73
5.5. Ajuda no enfoque do seu processo de melhoramento contínuo .....	73
5.6. Diminuição das horas extras .....	73

6. Desvantagens do TPC.....	73
6.1. Não possui um software.....	73
6.2. Os defensores da TOC viram contestadores.....	74
6.3. Relaxamento no controle da despesa operacional.....	74
6.4. Difícil programar com restrições interativas.....	74
6.5. Aumento do refugio.....	74
7. Situação atual.....	75
7.1. Teoria x realidade.....	75
7.1.a. Restrição e RRC.....	75
7.1.b. Subordinação.....	75
7.1.c. Pulmões.....	76
7.1.d. Gerenciamento de pulmões.....	76
7.1.e. Processo de melhoramento contínuo.....	76
7.1.f. Outros conceitos.....	77
8. Ambiente externo.....	77
8.1. Vendas.....	78
9. Empresa F.....	78
VIII. Conclusões da pesquisa.....	79
IX. Modelo proposto para implementação.....	81
X. Referências bibliográficas.....	83

---

XI. Anexos .....	85
1. Questionário .....	85
2. Jogo de dados .....	90

## **AGRADECIMENTO**

Agradecemos ao NPP a oportunidade de efetuar a presente pesquisa assim como às empresas entrevistadas que se prestaram a nos receber e responder às perguntas que foram previamente elaboradas.

# UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NO AMBIENTE DE MANUFATURA EM EMPRESAS NO BRASIL

*João Mário Csillag\**

*Thomas Corbett Neto*

## I. INTRODUÇÃO

A Teoria das Restrições, TOC (Theory of Constraints) não está até o momento sendo bem aproveitada no Brasil, pois apenas poucas empresas estão tirando bom proveito dela, enquanto que no exterior notadamente nos Estados Unidos ela vem sendo gradativamente cada vez mais utilizada no ambiente de manufatura. A divulgação da TOC iniciou com a publicação do livro *A Meta*<sup>1</sup> em 1984 Nos Estados Unidos, escrita por Eli Goldratt e Jeff Cox, que contam de maneira romanceada um caso de aplicação da TOC num ambiente de manufatura. O estilo do livro foi inédito para o assunto de administração de empresas e teve uma grande repercussão entre os leitores. Porém o público não captou a essência do que o autor quis transmitir ficando o assunto apenas meio resolvido em termos de divulgação. Em seguida a dupla Goldratt-Fox publicou um segundo livro, *A Corrida*<sup>2</sup>, que explica claramente o método. Estes livros serviram para que muitas pessoas começassem a implementar a metodologia proposta em suas empresas.

Goldratt esteve várias vezes no Brasil e tivemos a oportunidade de discutir com ele em todas as vezes a implantação de sua metodologia. Já transmitimos parte desse conhecimento para alunos de graduação dentro da disciplina PCP, para alunos de

---

\* Este projeto do NPP foi realizado sob a responsabilidade do Prof. João Mário Csillag.

<sup>1</sup> GOLDRATT, Eliyahu e COX, Jeff. *A Meta*. São Paulo, IMAM, 1990.

<sup>2</sup> GOLDRATT, Eliyahu e FOX, Robert. *A Corrida pela Vantagem Competitiva*. São Paulo, IMAM, 1989.

CEAG como disciplina eletiva sob o nome de Teoria das Restrições como também no Mestrado/Doutorado e MBA dentro das disciplinas de Qualidade Total. Em 1992 Tivemos a oportunidade de orientar uma tese de mestrado em nossa escola<sup>3</sup>, de um funcionário da Petrobrás que aplicou esta teoria para as áreas de exploração, perfuração e produção tendo proposto como resultante uma alteração organizacional, que foi proposta, aceita e implementada pela sua importante empresa.

A TOC foi concebida como uma abordagem para otimizar sistemas. Ela apresenta algumas etapas para fazer com que dado sistema caminhe em direção a seus objetivos.

A aplicação das cinco etapas que compõem método no ambiente de manufatura traz uma metodologia original e potente, chamada Tambor-Pulmão-Corda (TPC). Esta metodologia quando bem aplicada tem condição de tanto reduzir estoques em processo como ainda proteger a restrição contra paradas de alimentação, duas vantagens aparentemente contraditórias pois nos sistemas tradicionais como JIC (Just-in-Case) e Kanban, ou se aumenta o estoque em processo para proteger as máquinas contra paradas ou se reduz o estoque em processo para reduzir custos em detrimento de eventuais paradas.

A TOC teve início na década de 70, quando o físico Israelense, Eliyahu Goldratt, se envolveu com os problemas da logística de produção.

Goldratt elaborou um método de administração da produção totalmente novo, e ficou intrigado com o fato de os métodos da administração da produção tradicionais não fazerem muito sentido lógico.

---

<sup>3</sup> MILANI, Ângelo. *Gestão Sinérgica das Atividades de Exploração, Perfuração e Produção de Petróleo em uma Unidade Operacional*. Fundação Getúlio Vargas, 1992.

O método elaborado foi muito bem sucedido, e outras empresas se interessaram em aprender a técnica. Goldratt então se dedicou a elaborar mais o seu método e a disseminá-lo. Na década de 80 escreveu um livro sobre sua teoria. O livro, “A Meta”, foi escrito na forma de um romance e mostra a dificuldade de um gerente de fábrica em administrar sua empresa. No desenrolar da história o gerente vai descobrindo os princípios da teoria de Goldratt e a empresa recupera sua competitividade. O sucesso do livro foi, e ainda é, enorme. Muitas empresas leram o livro e começaram a aplicar os princípios da TOC o mais rápido possível. No livro, Goldratt critica os métodos de administração tradicionais.

Muitas empresas que implementavam a logística de produção de Goldratt melhoravam tão significativamente a produção que problemas começavam a aparecer em outras áreas da empresa. Goldratt foi resolvendo estes outros problemas com soluções originais.

Goldratt começou desde o início a pensar nos princípios da TOC, e o primeiro passo para externá-los foi a solução para a manufatura, o Tambor-Pulmão-Corda. Ele também usou os mesmos princípios para distribuição, contabilidade gerencial e gerenciamento de projetos. Áreas diferentes nas quais a aplicação desses princípios geravam boas soluções. Esses princípios eram o processo de otimização contínua da TOC para restrições físicas, analisados ao longo do texto.

Mas ele sentiu que a idéia dele era mais ampla, e que nem sempre as restrições eram físicas. Por isso ele expandiu esse seu processo de otimização contínua para que considerasse restrições não físicas, e criou um processo que pode ser universalmente aplicado. Esse processo consiste na abordagem dos seus processos de raciocínio, no qual as cinco etapas são resumidas em três perguntas (conforme explicado em III 2. O processo de otimização contínua para restrições não físicas).

Hoje em dia a TOC é composta de dois componentes, os Processos de Raciocínio de um lado, e os aplicativos específicos (como Tambor-Pulmão-Corda) do outro. Os

processos de raciocínio da TOC ultrapassaram os limites da Administração e são usados em muitas outras áreas do conhecimento humano, eles formam a base de toda a TOC.

Esse histórico da TOC explica por que muitos ainda a consideram como apenas aplicável à produção. O livro “A Meta”, que até agora tem sido o maior divulgador da teoria, é baseado nos problemas de logística de produção, enquanto que os Processos de Raciocínio vieram muito tempo depois e ainda não foram tão divulgados e implementados.

Para tentar superar esse obstáculo na disseminação da TOC como um todo, Goldratt escreveu, em 1994, um outro livro (no mesmo estilo de “A Meta”) “Mais Que Sorte...um processo de raciocínio”<sup>4</sup>. Dessa vez elaborando a história em torno dos problemas mais estratégicos das empresas, usando os Processos de Raciocínio.

A presente pesquisa tem a intenção de analisar as práticas e os resultados da utilização do método TPC em empresas no Brasil.

## II. METODOLOGIA

Foram pesquisadas literaturas existentes tanto no Brasil quanto internacional, buscando os conceitos da metodologia assim como de aplicações e implementações feitas.

Foram também utilizados materiais de cursos sobre a Teoria das Restrições assim como a experiência dos autores na implantação desta metodologia.

---

<sup>4</sup> GOLDRATT, Eliyahu. *Mais Que Sorte...um processo de raciocínio*. São Paulo, Educator, 1994.

Foram identificadas sete empresas que implementaram a Teoria das Restrições no que se refere à manufatura. Elas foram visitadas e após um contato e uma visita, foi preenchido pelo pesquisador um questionário elaborado antecipadamente.

O procedimento seguido pelos pesquisadores durante visita às empresas foi iniciar o contato com uma discussão de assuntos gerais sobre o seu mercado, concorrentes e feito um aquecimento geral. Em seguida, foi mostrado o questionário completo para o entrevistado afim de que ele tenha uma idéia de quais são as perguntas que ele estava por responder. Iniciado o processo de entrevista, preencheu-se aproximadamente 60% do questionário sem nenhuma interrupção. Nesta fase, o pesquisador visitou toda a área de manufatura, para então retornar ao questionário, e terminar seu preenchimento.

Foram entrevistados executivos das áreas de produção, engenharia, planejamento e invariavelmente o gerente da fábrica.

O questionário foi sendo refinado na medida em que as várias empresas eram entrevistadas e foi necessário retornar a algumas delas para responder perguntas surgidas no decorrer de visitas posteriores.

O entrevistador preencheu pessoalmente todos os questionários e em cada uma das empresas perguntas específicas eram feitas para a perfeita compreensão da situação. Em várias ocasiões, o pesquisador voltava a certos assuntos quando captava nas entrelinhas aspectos que não foram diretamente perguntados mas eram percebidos como importantes na linguagem corporal do entrevistado.

O questionário<sup>5</sup> possui uma parte geral com dados sobre a empresa, seus produtos, mercados e concorrentes.

---

<sup>5</sup> Vide XI. 1. Questionário.

A seguir foi abordado por meio de cinco questões o histórico da empresa em termos de metodologia utilizada anteriormente ao TPC, assim como a quem recorreram para ajudar na implementação.

A parte referente à implementação propriamente dita constou de oito questões envolvendo seus passos, durações, problemas envolvidos e resultados obtidos.

A realidade atual foi o título da terceira série de onze perguntas, abordando a satisfação da empresa, se há algum software sendo utilizado e ligações com outros sistemas.

Os resultados de desempenho obtidos são explorados por meio de nove perguntas percorrendo o desempenho de datas de entrega, capacidade produtiva, lucratividade da empresa e impacto sobre os estoques.

A exploração de aspectos teóricos confrontados com a realidade foi avaliada por meio de dezesseis questões contemplando aspectos críticos como: o gerenciamento de pulmões, liberação de matéria-prima, fluxos internos e medidas de desempenho.

Finalmente três questões sobre o ambiente externo trouxeram indicativos sobre o impacto nos fornecedores e mudanças nas políticas de vendas/marketing.

### **III. A TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

A TOC é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos que vemos são consequência de causas mais profundas. Esse princípio leva a uma visão sistêmica da empresa.

A TOC encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. O desempenho

global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os elementos do sistema. Um dos conceitos mais fundamentais é o reconhecimento do importante papel da restrição de qualquer sistema.

## 1. O PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA

“O primeiro passo é reconhecer que todo sistema foi constituído para um propósito; não criamos nossas organizações sem nenhum propósito. Assim, toda ação tomada por qualquer parte da empresa deveria ser julgada pelo seu impacto no propósito global. Isso implica que, antes de lidarmos com aprimoramentos em qualquer parte do sistema, primeiro precisamos definir qual é a meta global do mesmo e as medidas que vão permitir que possamos julgar o impacto de qualquer subsistema e de qualquer ação local nessa meta global...A restrição de um sistema é nada mais do que sentimos estar expresso nessas palavras: **qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta**....Na nossa realidade qualquer sistema tem muito poucas restrições (isso é o que está provado em “A Meta”, pela analogia dos escoteiros) e ao mesmo tempo qualquer sistema na realidade tem que ter pelo menos uma restrição.”<sup>6</sup>

A afirmação de que todo sistema tem de ter pelo menos uma restrição é explicada pelo fato de que se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito. Se uma empresa não possuísse uma restrição, seu lucro seria infinito.

Então, se quisermos melhorar o desempenho de qualquer sistema precisamos identificar a restrição desse sistema para depois atuar nela. É isso que o processo de otimização criado por Goldratt faz.

---

<sup>6</sup> GOLDRATT, Eliyahu. *What is this thing called the Theory of Constraints, and how should it be implemented?* Croton-on-Hudson: North River Press, 1990. p. 4.

## 2. O PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA PARA RESTRIÇÕES NÃO FÍSICAS

Os processos de raciocínio da TOC são a base do processo de otimização contínua para restrições não físicas. Eles são ferramentas lógicas criadas por Goldratt para ajudar a resolver problemas. Estão baseados nas relações de causa-efeito da física.

Os processos de raciocínio podem ser usados em separado ou em conjunto, dependendo do que se quer atingir. Para problemas mais amplos, devem ser usados em conjunto, e de maneira encadeada, visando responder a três perguntas: O que mudar? Para o que mudar? e Como causar a mudança?

Goldratt afirma que para entrar num processo de otimização contínua é preciso responder, continuamente, a essas três perguntas.

### **O que mudar?**

#### **Descobrimo a doença do sistema, sua restrição.**

A primeira pergunta, O que mudar?, obriga a fazer um diagnóstico da situação. Agora tenta-se encontrar o Problema-Raiz do sistema. Fazendo uma analogia com a medicina, aqui procede-se a um diagnóstico levando em consideração os sintomas do sistema (as coisas negativas que estão acontecendo no sistema) e tenta-se achar o que está causando esses sintomas, para identificar a doença do sistema. O pressuposto por trás dessa análise é de que há poucas causas comuns que explicam os muitos efeitos de um sistema. Aceitando esse pressuposto, não são os sintomas do sistema que devem ser atacados, mas sim as suas causas comuns. Para responder a essa primeira pergunta usa-se a Árvore da Realidade Atual (ARA).

A ARA é um diagrama que através de conexões de causa e efeito, interliga todos os sintomas do sistema, permitindo então encontrar o(s) Problema(s)-Raiz, a(s) restrição(ões).

### **Para o que mudar?**

### **O que está por trás da doença?**

A ARA permite encontrar o que está impedindo a organização de melhorar seu desempenho, encontrando sua restrição. Na maioria das vezes essa restrição consiste em políticas da empresa. Uma vez encontradas as políticas restritivas da empresa, torna-se necessário definir as novas políticas, que irão substituir essas políticas restritivas. Para fazer isso é preciso entender por que essas políticas restritivas ainda existem.

A maioria das políticas restritivas das organizações são doenças crônicas, isto é, são doenças causadas por um conflito. Para poder começar a responder à segunda pergunta, Para o que mudar?, torna-se necessário descobrir uma saída para esse conflito.

Para resolver a política restritiva (o Problema-Raiz), deve-se primeiramente definir o conflito por trás dela. Para fazer isso a Teoria das Restrições oferece o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN), ou simplesmente a Nuvem.

A maioria das pessoas tenta resolver um conflito achando um meio termo, isto é, cedendo um pouco. O que se precisa fazer é buscar uma solução que elimine o conflito por completo e é nesse ponto que a Nuvem traz uma ajuda. Ela obriga desafiar alguns dos pressupostos básicos sobre a realidade da empresa, e com isso direciona a possíveis caminhos para se sair do conflito. A doença do sistema continua viva enquanto não for eliminado o conflito.

## **Para o que mudar?**

### **Construindo toda a solução.**

A Nuvem mostra apenas a direção a ser seguida, uma única idéia. Agora é preciso construir uma solução completa baseada nessa idéia mobilizadora.

Para descobrir que outras coisas devem ser criadas na realidade para que possa melhorar o desempenho, torna-se necessário construir a Árvore da Realidade Futura (ARF).

Desde que a abordagem em questão é sistêmica, procura-se na construção da ARF identificar ramos negativos, que são os efeitos colaterais negativos das idéias que estão sendo elaboradas. Quando tais ramos negativos são encontrados, idéias devem ser procuradas para sua eliminação. Essas idéias irão complementar o encaminhamento para o problema. Assim, torna-se possível tratar a doença sem criar grandes efeitos colaterais.

## **Como causar a mudança?**

### **Dividindo a grande jornada em pequenos passos.**

Com a ARF concluída, fica pronta a estratégia. Sabendo o que precisa ser implementado para melhorar o desempenho do sistema, a próxima preocupação concentra-se na definição de como implementar essa estratégia.

Para começar a montar o plano de implementação constroem-se a Árvore de Pré-Requisitos (APR). Nesse diagrama lógico são construídos os passos necessários para implementar a ARF, sequenciando-os logicamente.

## **Como causar a mudança?**

### **Definindo as ações e seu seqüenciamento.**

Na APR são definidos os objetivos intermediários que devem ser alcançados para poder implementar a ARF. Nessa próxima etapa será construída a Árvore de Transição (AT), que define as ações a serem tomadas, e em que seqüência, para poder atingir os objetivos intermediários da APR. Na AT são identificadas as ações necessárias e suficientes para mudar a realidade.

### **2.1. Uso das ferramentas dos processos de raciocínio da TOC**

Para entrar em um processo de otimização contínua é preciso responder às três perguntas, discutidas acima. Para isso, Goldratt desenvolveu seus processos de raciocínio. Eles são usados para tratar de restrições políticas e de bloqueios mentais. O que Goldratt diz é que qualquer restrição, mesmo uma restrição física, é um reflexo de um bloqueio mental. Por isso os processos de raciocínio são a base de toda a TOC, eles são usados para tratar de qualquer problema, e foi usando-os que Goldratt criou os aplicativos da TOC para restrições físicas (como o TPC).

O que se pretende quando se usam esses processos é melhorar o desempenho de um sistema. Mas é fato sabido que quando uma nova idéia é implementada há resistências à mudança. Por isso o uso desses processos deve seguir uma dinâmica que inclua as pessoas envolvidas na mudança. As pessoas que serão afetadas pelas mudanças devem participar da elaboração da solução, devendo por conseguinte ajudar a construir esses processos de raciocínio.

Desta forma a TOC aborda dois aspectos. Primeiro, utilizando o conhecimento que essas pessoas têm sobre o sistema para tentar melhorá-lo, pois são as pessoas que

trabalham no sistema as que melhor o conhecem. Segundo, como elas participam ativamente da construção da solução sua resistência à mudança é reduzida.

Durante as entrevistas os autores encontraram algumas pessoas que foram treinadas no uso desses processos de raciocínio. Essas pessoas são denominadas de Jonah, nome dado por Goldratt àqueles que usam os processos que ele criou. Um Jonah é alguém que sabe como utilizar os processos de raciocínio e a dinâmica necessária para diminuir a resistência à mudança.

### 3. O PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA PARA RESTRIÇÕES FÍSICAS

Além de restrições políticas, existem restrições físicas (exemplo: a capacidade de uma máquina). Para tratar exclusivamente de restrições físicas, as três perguntas tratadas acima são transformadas em cinco etapas, o que torna mais fácil a aplicação do processo de otimização contínua da TOC para restrições físicas.

Essas cinco etapas são a base para os aplicativos da TOC. As cinco etapas são:

1. **Identificar** a(s) Restrição(s) do Sistema.
2. Decidir como **Explorar** a(s) Restrição(s) do Sistema.
3. **Subordinar** tudo o mais à decisão acima.
4. **Elevar** a(s) Restrição(s) do Sistema.
5. Se no passo anterior uma Restrição foi quebrada, volte à primeira etapa, mas **Não deixe que a Inércia cause uma Restrição no Sistema.**

## 1. **Identificar** a Restrição do Sistema.

Numa fábrica haverá sempre um recurso que limita o seu fluxo máximo<sup>7</sup>, como numa corrente há sempre um elo mais fraco. Para poder aumentar o desempenho do sistema, aumentar a resistência da corrente, é necessário identificar o elo mais fraco.

“Quando isso for alcançado...o próximo passo fica óbvio. Nós acabamos de pôr as mãos nas poucas coisas que são escassas, limitadas até o ponto que restringem o sistema como um todo. Então vamos estar certos de que não desperdiçaremos o pouco que temos. Em outras palavras; o passo número 2 é:”<sup>8</sup>

## 2. Decidir como **Explorar** a Restrição do Sistema.

O recurso que limita o desempenho da fábrica já foi identificado. Agora é necessário tirar o máximo possível dele. Qualquer minuto perdido nesse recurso, é um minuto a menos no nível de produção de todo o sistema, então é necessário garantir que sempre haja um estoque de proteção na frente da restrição para que ela não pare. A possibilidade de terceirizar as operações da restrição permite ter uma quantidade maior de produtos. Uma outra forma de atingir este resultado é descarregando parte da produção da restrição para outros equipamentos mesmo que menos eficientes<sup>9</sup>. A Análise do Valor permite encontrar maneiras alternativas de produzir as peças descarregando parte da produção da restrição para outros equipamentos<sup>10</sup>.

“Agora que decidimos como iremos administrar as restrições, como deveríamos administrar a grande maioria dos recursos da empresa, que não são restrições?”

---

<sup>7</sup> Dependendo da complexidade e do fluxo dos processos, pode haver mais de um recurso que limita o desempenho de toda a planta. A analogia a se usar para fábricas desse tipo não é a da corrente, mas sim a de uma malha de correntes. Mesmo assim, existem muito poucos recursos que limitam o desempenho de todo sistema.

<sup>8</sup> GOLDRATT, E. What is... p. 5.

<sup>9</sup> Vide VII. 3.2.c. Restrições interativas. Exemplo de como a empresa A lidou com isso.

<sup>10</sup> CSILLAG, João M. *Análise do Valor*. São Paulo, Atlas, 1995, 4ª edição. p 288.

Intuitivamente é óbvio. Deveríamos administrá-los de modo que tudo que as restrições vão consumir seja fornecido pelas não restrições. Existe alguma razão em administrar os recursos não restritivos para fornecer mais do que isso? Claro que isso não vai ajudar, já que o desempenho do sistema como um todo está selado - ditado pelas restrições. Então o terceiro passo é:"<sup>11</sup>

### 3. **Subordinar** tudo o mais à decisão acima.

Os outros recursos devem trabalhar ao passo da restrição, e não mais rápido ou mais devagar. Eles não podem deixar faltar material para a restrição trabalhar, pois assim ela pararia e o desempenho do sistema seria afetado negativamente. Por outro lado, os recursos não restritivos não devem trabalhar mais rápido que a restrição pois não estariam aumentando o nível de produção da linha, estariam apenas aumentando o nível do estoque em processo.

“Mas não vamos parar aqui, é óbvio que ainda temos espaço para muito mais aprimoramentos. Restrições não são um ato de Deus, há muito que podemos fazer sobre elas. Qualquer que seja a restrição, tem que haver um modo de reduzir o seu impacto limitador e assim, o próximo passo, é muito evidente.”<sup>12</sup>

### 4. **Elevar** a Restrição do Sistema.

No segundo passo houve uma tentativa de tirar o máximo da restrição. Nesta etapa foram consideradas as várias alternativas para investir mais na restrição: mais turnos, mais um recurso idêntico ..., enfim melhorar o desempenho da restrição. A Análise do Valor permite encontrar maneiras de elevar como também ‘quebrar’ a restrição<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> GOLDRATT, E. What is... p. 5.

<sup>12</sup> GOLDRATT, E. What is... p. 5.

<sup>13</sup> CSILLAG, J.M. Análise... p. 291.

“Podemos parar aqui? Sim, sua intuição está certa. Vai haver uma outra restrição, mas vamos verbalizar isso um pouco melhor. Se continuarmos a elevar a restrição, então deve chegar a hora em que quebraremos a restrição. O que elevamos não vai mais estar limitando o sistema. O desempenho do sistema irá então para o infinito? Claro que não. Outra restrição irá limitar o seu desempenho e então o quinto passo deve ser:”<sup>14</sup>

5. Se em um passo anterior uma Restrição foi quebrada, volte à primeira etapa, mas **não deixe que a Inércia cause uma Restrição no Sistema.**

“Infelizmente, não podemos expor essas cinco etapas sem adicionar à última etapa, o aviso, **não deixe que a inércia se torne a restrição do sistema.**

Não há como enfatizar demais esse aviso. O que geralmente acontece é que, dentro das nossas organizações derivamos da existência da restrição atual, muitas regras. Algumas vezes formalmente, muitas vezes apenas intuitivamente. Quando uma restrição é quebrada, parece que não nos preocupamos em revisar essas regras. Como resultado, nossos sistemas estão, na sua maioria, limitados por restrições políticas.”<sup>15</sup>

Um dos principais pressupostos por trás da TOC é de que todo sistema, como uma empresa que visa o lucro, tem que ter pelo menos uma restrição. Sendo assim, para melhorar o desempenho do sistema é preciso administrar a restrição do sistema. “Não há realmente escolha neste assunto. Ou o indivíduo controla as restrições ou elas o controlam. As restrições irão determinar a “saída” (ganho) do sistema, quer sejam reconhecidas e controladas ou não.”<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> GOLDRATT, E. What is... p. 6.

<sup>15</sup> GOLDRATT, E. What is... p. 6.

<sup>16</sup> NOREEN, Eric e SMITH, Debra e MACKEY, James T. *A Teoria das Restrições e suas implicações na Contabilidade Gerencial*. São Paulo: Educator, 1996. p. xxvii.

“As restrições não são intrinsecamente boas ou ruins, elas simplesmente existem. Se você escolher ignorá-las elas se tornam ruins. Se você escolher reconhecê-las e administra-las elas se tornam uma grande oportunidade, uma alavanca para o seu negócio.”<sup>17</sup> É muito importante mencionar que na maior parte das vezes uma restrição física, como um equipamento que não consegue dar conta da sua demanda, provém de uma restrição política.

#### IV. MUNDO DO CUSTO X MUNDO DO GANHO

Toda a organização possui uma meta definida por seus acionistas no momento de sua criação. A empresa deve ainda satisfazer seus *stakeholders* incluindo aqui, os funcionários, os fornecedores, os clientes, governo e comunidade em geral.

Algumas medidas podem ser definidas<sup>18</sup> e ajudarão a organização a caminhar em direção à sua meta.

##### 1. AS MEDIDAS DE DESEMPENHO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A primeira medida definida como **ganho**, consiste no índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas. Para definir melhor esta medida, torna-se importante determinar o momento em que a venda ocorreu.

A segunda medida é o **investimento**, definido como todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender. É oportuno lembrar que o valor

---

<sup>17</sup> CORBETT, Thomas, N. *Contabilidade de Ganhos. A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições*. São Paulo, Nobel, 1997. p 42.

<sup>18</sup> GOLDRATT, Eliyahu. *A Síndrome do Palheiro, garimpendo informação num oceano de dados*. São Paulo, IMAM, 1991. Capítulo 4.

atribuído ao produto acabado num armazém, por exemplo, é apenas o preço que pagamos aos nossos fornecedores pelo material e peças compradas que entraram no produto. Não existe valor acrescido pelo próprio sistema, nem mesmo mão-de-obra direta. Este método contradiz qualquer método convencional de avaliação de inventário. Isso por que o que nos interessa é o Valor acrescido á empresa e não ao produto, contando assim o momento da venda. Pode ser dito que o investimento corresponde a todo o dinheiro retido no sistema no momento da contabilização.

A terceira medida é a **despesa operacional**, que corresponde a todo o dinheiro que o sistema gasta transformando o **investimento** em **ganho**. Inclui toda a folha de pagamentos, despesas em geral, impostos e energia.

A base de referência para as três medidas, é um intervalo de tempo. A vantagem das medidas aqui descritas é que correspondem ao resultado global, objetivo perseguido pela Teoria das Restrições. A abordagem é sistêmica, assim cada medida nada indica por si. Porém cada par delas pode mostrar diferentes ângulos do sistema. Assim, subtraindo a **despesa operacional** do **ganho** resulta o lucro líquido. E a relação do lucro líquido com dado investimento corresponde ao retorno daquele investimento.

## 2. O MUNDO DO CUSTO

Normalmente, face a qualquer emergência, retração de mercado, a primeira providência que se toma é uma redução de custos. Provavelmente a causa disso reside no fato de que existe um controle sobre os custos, e despesas além da sua tangibilidade dos resultados e maneira de medi-los.

A medida do resultado final apenas é dominante a nível gerencial financeiro e de diretoria, passando a resultados locais nas demais gerências e níveis inferiores, isto é, para a grande maioria das pessoas numa organização. Assim, a medida de longe

dominante é a despesa operacional, pois é a mais tangível e controlável, passando a ser a mais utilizada, controlada e gerenciada. Mas isto não quer dizer que seja a mais importante. Hoje sabemos que todas as ações que impactam o consumidor como melhoria do serviço, redução de *leadtime* são muito importantes. Mas investimentos que resultarão nessas ações e não reduzem custos, não são facilmente aprovados, pois a sua quantificação é difícil e serão chamados de intangíveis.

A segunda medida na escala de importância é o **ganho** porém distante da despesa operacional, devido à sua intangibilidade. Quando se trata de elaborar um plano de marketing, um esquema de ouvir o cliente para tomar providências em satisfazê-lo, as aprovações são muito difíceis quando não fica evidenciado o retorno daquele investimento.

Investimento em estoques não tem sido combatido até a década de 80, quando os movimentos de Gestão da Qualidade Total, Just-in-Time, juntamente com a Teoria das Restrições, mostraram a vantagem de trabalhar com estoques mais reduzidos<sup>19</sup>.

No mundo do custo, igual importância é dada a todas as partes, ficando assim implícito que reduzir custos em cada setor, em cada departamento, é bom, pois se reduzindo custo em todos os lugares também estará sendo reduzido o custo total.

No mundo do custo, se procede a um apontamento da produção em todos os equipamentos, procurando aumentar a eficiência por todo o lado.

Para os operadores, é claro supor que são pagos para produzir e executar as atividades para as quais foram admitidos.

Para a gerência média, o desempenho sempre foi medido em termos de resultados locais, isto é, de seus departamentos/setores tendo a ver diretamente com suas atividades. Por exemplo um chefe de produção é medido pelo bom uso que faz dos

---

<sup>19</sup> CSILLAG, João M. *O Significado do Mundo do Ganho*. São Paulo, RAE, Abril/Junho, 1991.

recursos que lhes são confiados. Para mensurar este bom uso, existem relatórios de eficiência cuidadosamente preenchidos e controlados. Assim, se determinado equipamento não é plenamente utilizado em termos de capacidade, surge um certo desconforto.

A alta direção possui metas a serem cumpridas, algumas vezes vindo da matriz no exterior, outras vezes de acionistas locais. Em qualquer desses casos, independentemente de atingir objetivos de mercado, os custos são sempre controlados e as eficiências locais cobradas com vigor. É justamente esse padrão exigido pela alta direção é que criou uma mentalidade do mundo do custo na média gerência, que por sua vez repassa essa cobrança para os níveis mais baixos.

Para reforçar o comportamento de trabalhar com lotes de transferência iguais aos lotes de preparo<sup>20</sup>, é conveniente ilustrar com a citação abaixo:

“Recentemente, um de nós realizou um experimento simples com as filhas, de seis e nove anos: perguntou-lhes qual a melhor forma de dobrar, endereçar, fechar, selar e enviar pelo correio a edição mensal dos boletins feitos pela mãe. Depois de pensarem um pouco, a resposta foi enfática: “Pai, primeiro você deve dobrar todos os boletins. Depois, colocar as etiquetas de endereços. Depois, colar (para mantê-lo fechado ao enviá-lo pelo correio). Em seguida, deve selar.” “Mas por que não dobrá-los, colocar o endereço, selar e colocar o selo um a um? Isso não eliminaria o esforço desperdiçado de se pegar e colocar de volta na mesa cada boletim quatro vezes? Por que não analisamos o problema do ponto de vista do boletim, que deseja ser enviado pelo correio da forma mais rápida, com o menor esforço?” Sua resposta foi enfática: “Porque isso não seria eficiente!”

O que nos surpreendeu foi sua profunda convicção de que a realização das tarefas em lotes é mais fácil - enviar os boletins de um departamento para outro, ao redor da mesa da cozinha - e sua incapacidade de considerar que repensando-se a tarefa

---

<sup>20</sup> Vide VI. 1. Just-In-Case.

permitir-se-ia o fluxo contínuo e um trabalho mais eficiente. O que também é surpreendente quando analisamos as coisas dessa forma é que a maior parte do mundo realiza suas atividades de acordo com os processos de pensamento de crianças de seis e nove anos de idade!”<sup>21</sup>

O trabalho com lotes maiores para não desperdiçar tempos de preparo é a receita típica do mundo dos custos. Ao procurar dar a mesma importância a todas as operações, fica satisfeita a condição do mundo do custo, que é aquela em que cada parte é independente das outras, não há enfoque e o resultado local é contemplado. É nesse ambiente que ocorre a síndrome do fim de mês, fenômeno que usualmente acontece quando na terceira semana do mês se percebe que falta ainda expedir mais da metade do previsto no mês.

### 3. O MUNDO DO GANHO

O novo paradigma, em que a abordagem sistêmica comanda, requer uma outra priorização das medidas.

O simples fato de considerar o resultado global como sendo o importante, conduz a uma abordagem sistêmica. E nesse novo mundo, a medida mais importante é o ganho, pois é a única das três que não possui limitação, portanto é a que deve ser escolhida para ser a mais importante das três. Na verdade tanto o Just-in-Time, quanto a Gestão da Qualidade Total e a Teoria das Restrições recomendam o ganho como medida fundamental e de longe a mais importante. Nesse mundo, o elo mais

---

<sup>21</sup> WOMACK, James, P. e JONES, Daniel, T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, Rio de Janeiro, Campus, 1998. p. 11.

fraco de uma corrente, é a restrição do sistema e, é nele que devem ser concentrados todos os esforços<sup>22</sup>.

O Princípio de Pareto já é reconhecido no mundo do custo, pois aproximadamente 20% das variáveis são responsáveis por 80% dos resultados finais. No mundo do ganho, em que se lida com elos fracos da corrente ou malha de correntes, este princípio toma a forma de 0.1%, isto é, uma pequeníssima fração das variáveis determina 99,9% do resultado. Mesmo que teoricamente, cada elo da corrente é fabricado do mesmo material e com os mesmos equipamentos, a variabilidade existente<sup>23</sup> garante que um deles seja o mais fraco, resultando a nova forma do Princípio de Pareto.

Como pode ser reconhecido um gerente que trabalha no paradigma do mundo dos custos? Basta perguntar a ele, qual fração de seu tempo é utilizada para apagar incêndios. Se a resposta for superior a 50%, então ele está trabalhando em ações isoladas e não com variáveis dependentes, prevenindo-os.

Quando se pensa em aplicar para cada equipamento o conceito de manutenção produtiva total ou a redução do tempo de preparo, é o mundo do custo que está sendo priorizado sem considerar a abordagem sistêmica do mundo interativo. Além de custar mais, apenas levará a resultados locais<sup>24</sup>. Por outro lado, se a ação é no ponto crítico, a restrição e seu efeito trará conseqüências para o sistema como um todo, caracterizando assim o mundo do ganho.

---

<sup>22</sup> CSILLAG, João M. *As Melhores Soluções são Simples e Baratas*. O Estado de São Paulo, Caderno de Empresas, 17/3/92.

<sup>23</sup> DEMING, W. Edwards. *The New Economics*. MIT Center of Advanced Engineering Study. 1993. p. 210.

<sup>24</sup> CSILLAG, João M. *É imperioso descobrir as restrições*. O Estado de São Paulo, Caderno de Empresas, 19/7/91.

### 3.1. Bússola

O mundo do ganho é contrário ao uso da contabilidade de custos para se tomar decisões. A TOC não aloca custos aos produtos, já que a alocação de custos pressupõe que é necessário ter ótimos locais para se ter o ótimo global<sup>25</sup>. Com vistas à tomada de decisões, a TOC criou a contabilidade de ganhos, ou bússola, para substituir a contabilidade de custos. O que ela usa são as três medidas da TOC conforme visto acima.

A meta de uma empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro. Para fazer a ponte entre o Lucro Líquido e o Retorno Sobre o Investimento a TOC tem três medidas. Para julgar se a empresa está indo em direção à sua meta são necessárias “três perguntas simples: quanto dinheiro é gerado pela nossa empresa? Quanto dinheiro é capturado pela nossa empresa? E quanto dinheiro devemos gastar para operá-la?”<sup>26</sup> As medidas são intuitivamente óbvias. O necessário é transformar essas perguntas em definições formais...”<sup>27</sup>

“Com essas três medidas (G, I e DO) conseguimos saber o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa. O ideal é uma decisão que aumente o G e diminua I e DO. Porém, qualquer decisão que impacte positivamente o RSI é uma decisão que nos leva na direção da meta do sistema.”<sup>28</sup> O RSI é o juiz final a respeito da qualidade das decisões.

A bússola ajuda a empresa a responder às três perguntas acima, mostrando o impacto de uma decisão na lucratividade da empresa. Como não aloca custos aos produtos, ela é muito mais fácil de compreender e de usar. Mas o mais importante é que, além de ser fácil de usar, ela fornece informações muito melhores.

---

<sup>25</sup> CORBETT, T. Contabilidade... p. 117.

<sup>26</sup> Para se ter uma idéia de como essas três perguntas mostram se uma decisão leva a empresa na direção da sua meta, leia o capítulo 4 do livro A Meta.

<sup>27</sup> GOLDRATT, E. A Síndrome... p. 17.

<sup>28</sup> CORBETT, T. Contabilidade... p. 46.

## V. A METODOLOGIA TAMBOR-PULMÃO-CORDA

O Tambor-Pulmão-Corda (TPC) é o aplicativo da TOC para a programação e o controle da produção. Ele foi criado seguindo as cinco etapas do processo de otimização contínua para restrições físicas.

### 1. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

A primeira etapa é Identificar a restrição do sistema. Antes de continuar é importante lembrar a definição de restrição: qualquer coisa que impeça o sistema de ir em direção à sua meta<sup>29</sup>. Logo, a restrição pode ser a capacidade de uma máquina, como também pode ser uma política de marketing da empresa.

Qualquer que seja o processo produtivo, sempre haverá um recurso que limita a capacidade do processo, como numa corrente há sempre um elo mais fraco. Na TOC esse recurso é chamado de Recurso com Restrição de Capacidade (RRC).

Seja a situação em que o mercado está querendo comprar mais do que o RRC da empresa pode produzir. Neste caso O RRC coincide com a restrição.

O segundo passo é: Explorar a Restrição do sistema. Como a restrição do sistema é uma máquina, o RRC, o que se quer é tirar o máximo possível desta máquina. Não deve ser desperdiçado um único minuto dela, já que qualquer desperdício significa menos capacidade, que significa menos vendas. Não só isso, como a demanda é maior que a capacidade, não haverá mais possibilidade para recuperar esta perda. Em outras palavras, qualquer minuto perdido na restrição é um minuto perdido no sistema para sempre.

---

<sup>29</sup> Vide III. 1. O processo de otimização contínua.

Não basta apenas manter a restrição funcionando 100% do seu tempo, é necessário que ela funcione 100% do seu tempo processando produtos para os quais existe demanda e também processando os produtos mais lucrativos para a empresa<sup>30</sup>.

Para que isso ocorra, a programação da restrição, chamada de Tambor, deve ser feita com muito cuidado. O Tambor é uma programação detalhada, com os itens a serem produzidos, suas quantidades, as datas e os horários de começo e fim.

Para programar o Tambor, o ponto de partida é a demanda do mercado. Deve-se tentar entregar o que o mercado quer, na quantidade e data desejada. Como não há capacidade suficiente para vender tudo o que o mercado quer, a primeira coisa que precisa ser feita é definir o que se vai produzir e vender. Depois, é preciso programar as entregas dos pedidos.

Seja um determinado cliente que quer receber o produto WE351, 515 unidades, no dia 23 de novembro. Para que essa entrega possa ser prometida, é necessário processá-la na restrição algum tempo antes, para que possa passar por todos os recursos depois da restrição em tempo hábil. Se esse tempo necessário for de um dia, nesse caso, basta uma antecedência de um dia para processar os produtos na restrição para que a entrega seja feita sem atraso. Isso quer dizer que o produto WE351 deve ser processado na restrição no dia 22 de novembro. Abaixo segue um exemplo de Tambor:

---

<sup>30</sup> A TOC não usa o custo dos produtos para determinar a lucratividade dos produtos. Ela criou suas próprias medidas de lucratividade. Vide IV. 1. As medidas de desempenho da Teoria das Restrições.

### Tambor do RRC

Produto	Quantidade	Início		Fim	
		Data	Hora	Data	Hora
WE351	515	22/11	15:32	22/11	21:11
TR542	123	22/11	21:11	23/11	2:46
FG555	672	23/11	2:46	23/11	10:54
...					

Pensando na proteção da restrição, não basta desenvolver o Tambor que trata da sua programação. É necessário proteger a restrição contra os problemas que acontecem normalmente.

Um exemplo desses problemas ocorre quando uma máquina que alimenta a restrição quebra. Se isto acontecer a restrição pode parar por falta de material para processar. O necessário aqui é criar um estoque de peças bem antes da restrição para que, mesmo se algo acontecer com os recursos que a alimentam ela estará protegida por algum tempo.

Essa proteção é criada liberando o material no processo algum tempo antes do seu uso na restrição. Esse algum tempo antes é o que a TOC chama de Pulmão. Para exemplificar, seja o Tambor acima. A peça WE351, 515 unidades, deve começar a ser processada na restrição no dia 22/11 às 15:32. Supondo que antes de chegar na restrição, essas peças devem passar por outros 4 recursos. É claro que devemos libera-las antes das 15:32 do dia 22/11. A questão é: quanto tempo antes? No jargão da TOC a questão fica sendo: qual deve ser o tamanho do pulmão?

O tamanho do pulmão deve ser tal que, na frente da restrição, esperando para serem processadas, deve haver um número suficiente de peças para garantir a produção da restrição 99% do tempo. Em outras palavras, o pulmão deve proteger a restrição

contra quase todas as flutuações estatísticas do processo. Isto porque para proteger a restrição contra todas as flutuações estatísticas o pulmão precisaria ser infinito.

Na verdade, quanto maiores forem as flutuações estatísticas do processo maior deverá ser o pulmão.

O tamanho do pulmão também é influenciado pela capacidade dos outros recursos da empresa, os recursos não restritivos. Quanto maior for a capacidade dos recursos não restritivos em relação à restrição, menor pode ser o pulmão.

Para entender melhor esse ponto, considere um processo com dois recursos, A e B, ambos com capacidade média de 10 peças/hora.



Supondo que o objetivo é gerar um pulmão protetor em frente do recurso B, qual a probabilidade de isso acontecer? Na verdade é nula, pois o recurso A não tem capacidade suficiente para regenerar o pulmão. Isto é, o estoque protetor na frente do recurso B vai chegar a zero constantemente<sup>31</sup>.

Essa é a razão pela qual não se deve tentar balancear a capacidade dos recursos, pois será impossível determinar a localização da restrição do sistema, já que, com a flutuação estatística desses recursos, a restrição irá constantemente mudar de lugar<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> Vide XI. 2. Jogo de dados.

<sup>32</sup> Para entender melhor o problema de balanceamento de capacidades, leia o apêndice do livro Contabilidade de Ganhos.

Voltando ao exemplo acima, para que se possa proteger o recurso B é preciso ter certeza de que o recurso A tenha um pouco mais de capacidade que ele. Em outras palavras, todos os recursos não restritivos precisam ter mais capacidade que a restrição, para garantir que a restrição não pare e também para garantir a venda de toda a produção da restrição.

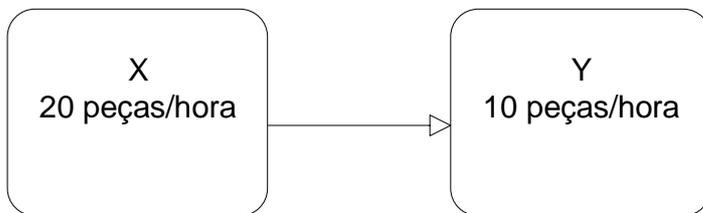
Aqui entra outro conceito da TOC. Ela classifica a capacidade dos recursos em três tipos. O primeiro é a capacidade produtiva, aquela parte da capacidade do recurso que será utilizada para processar material. O segundo é a capacidade protetiva, aquela parte da capacidade necessária para regenerar os pulmões. O terceiro é a capacidade ociosa, aquela parte da capacidade que pode ser vendida ou eliminada.

Quando o RRC é restrição, ele só terá capacidade produtiva, já que se quer tirar o máximo dele. Todos os outros recursos, que são não restritivos, devem ter capacidade produtiva e capacidade protetiva.

Então, o tamanho do pulmão depende da flutuação estatística do processo e da capacidade protetiva dos recursos não restritivos. Quanto maior for a flutuação estatística maior deverá ser o pulmão, e quanto maior for a capacidade protetiva dos recursos não restritivos menor poderá ser o pulmão.

Uma vez explorada a restrição, vem o terceiro passo: Subordinar tudo o mais à decisão acima. Qual foi a decisão acima? Foi a programação da restrição, o Tambor. Decidido como utilizar o tempo da restrição, torna-se necessário definir o que será feito dos outros recursos da empresa.

Seja um outro exemplo para visualizar como fazer com os demais recursos.



Considerando o recurso Y como sendo a restrição desse sistema, suponha que ele só pode produzir 10 peças/hora, o que quer dizer que o sistema como um todo só pode produzir 10 peças/hora e considerando já feito o Tambor do recurso Y (sua programação), vem o próximo passo que é definir o que fazer com o recurso X.

Considere o recurso X como tendo capacidade para fazer 20 peças/hora. Quantas peças por hora ele deve fazer? Parece que ele só deve fazer aquilo que poderá ser vendido, ou seja 10 peças/hora. Se ele fizer mais que isso o resultado será apenas um aumento no estoque em processo. Se seguir essa lógica, a eficiência do recurso X será de 50%, o que não constitui nenhum problema para a TOC, mas bastante combatido pelo mundo do custo.

Na verdade a TOC advoga o completo aniquilamento destas medidas que são resultados locais. Ela diz que a busca por altas eficiências locais prejudica o desempenho da empresa e analisando o exemplo acima, pode-se constatar que a TOC defende o ponto de vista correto. Para aumentar a eficiência do recurso X de 50% para 100%, será necessário alimentá-lo com 20 peças/hora. Desde que o sistema como um todo tem capacidade para fazer 10 peças/hora, isso só vai aumentar o estoque em processo. Se as vendas não aumentam mas o estoque em processo sim, com certeza a lucratividade vai piorar.

Os recursos não restritivos devem acompanhar exatamente o ritmo da restrição. É por isso que a programação da restrição foi denominada de Tambor, pois ela é quem define o ritmo de toda a tropa. Os recursos não restritivos não podem deixar faltar

material para a restrição trabalhar, pois assim ela pararia e o desempenho do sistema seria afetado negativamente. Por outro lado, os recursos não restritivos não devem trabalhar mais rápido que a restrição pois não estariam aumentando o nível de produção da linha, estariam sim, apenas aumentando o nível do estoque em processo.

A conclusão da TOC é que a grande maioria dos recursos da empresa (que são não restritivos), deve ficar ociosa parte do tempo. Esse é um dos pontos mais polêmicos e difíceis de implementar do TPC. Essa é uma típica manifestação do mundo do custo<sup>33</sup>, quando se acha que boas eficiências locais levam a um bom desempenho do sistema como um todo. Porém, como visto, isso não é verdade. No entanto é muito difícil superar essa maneira de pensar.

Como os recursos não restritivos têm maior capacidade que a restrição, não é necessário programá-los. O que o TPC faz é liberar o material necessário para atender ao Tambor e prescreve para os outros recursos que trabalhem o mais rápido possível quando houver material disponível, caso contrário a máquina fica parada e o operador faz outra coisa (manutenção preventiva, 5s, ou alguma atividade afim.)

Essa liberação é feita tomando o Tambor como ponto de partida, e depois defasando os tempos do tambor pelo tamanho do pulmão. Vamos voltar ao exemplo do nosso Tambor. O produto WE351, 515 unidades, está programado para ser processado na restrição no dia 22/11 às 15:32. Supondo que o pulmão dessa restrição seja de 2 dias, isto quer dizer que deve-se liberar o material no dia 20/11 às 15:32. Essa programação de liberação de matéria-prima é chamada de Corda, pois ela está retardando os recursos não restritivos para que eles acompanhem o ritmo da restrição. Abaixo está repetido o Tambor e mostrada a sua Corda.

---

<sup>33</sup> Vide IV. 2. O mundo do custo.

**Tambor do RRC**

Produto	Quantidade	Início		Fim	
		Data	Hora	Data	Hora
WE351	515	22/11	15:32	22/11	21:11
TR542	123	22/11	21:11	23/11	2:46
FG555	672	23/11	2:46	23/11	10:54
...					

**Corda****Pulmão = 2 dias**

Produto	Quantidade	Liberação	
		Data	Hora
WE351	515	20/11	15:32
TR542	123	20/11	21:11
FG555	672	21/11	2:46
...			

Com a corda, libera-se apenas aquilo que a restrição consegue produzir, desta forma fica garantido que todos os outros recursos trabalhem no mesmo ritmo da restrição e assim não há aumento desnecessário do estoque em processo.

Para o TPC o estoque em processo deve estar concentrado na frente da restrição.

## 2. CONTROLE DA PRODUÇÃO

Na metodologia Tambor-Pulmão-Corda, o controle da produção é feito pelo gerenciamento de pulmões. Para compreender esse sistema de controle será visto em mais detalhes como operam os pulmões.

### 2.1. Pulmões

O pulmão é criado para proteger uma programação. Ele é uma antecipação no tempo de liberação do material para se certificar de que a programação será cumprida.

#### 2.1.a. Pulmão restrição

No caso exemplificado acima, o Tambor está sendo protegido pela liberação da matéria-prima 2 dias antes da sua necessidade na restrição. Esse pulmão é chamado de Pulmão Restrição.

#### 2.1.b. Pulmão expedição

A programação da restrição não é a única programação que deve ser protegida. A programação de entrega dos pedidos também deve ser protegida, para que a empresa seja confiável para com seus clientes.

No começo da seção V.1. Programação da produção, foi dito que para poder cumprir as datas de entrega, a restrição deve processar as peças com antecedência suficiente para dar tempo às máquinas posteriores a ela processarem essas peças. Aqui também está sendo usado o conceito de pulmão. Esse pulmão se chama Pulmão Expedição.

No caso dado acima o pulmão expedição é de 1 dia, isto é, os pedidos devem terminar de serem processados na restrição 1 dia antes da data de entrega.

### 2.1.c. Pulmão montagem

Quando as peças que passaram pela restrição devem ser montadas com peças que não passaram pela restrição, é necessário criar uma outra proteção. Neste caso, deve-se aproveitar cada peça que passou pela restrição para formar um conjunto final, não permitindo acontecer que falte algum componente não restritivo impedindo a venda. Para que isso não ocorra a TOC criou o Pulmão Montagem.

Esse pulmão faz com que sejam liberadas, com uma determinada antecedência de tempo, as peças que serão montadas com as demais que passaram pela restrição.

## 2.2. Estoque em processo

Esses três pulmões são o suficiente para que seja garantida uma boa programação da produção. Nem todas as empresas precisam dos três pulmões, depende do tipo do seu processo e de onde está a restrição.

Se a restrição estiver no mercado, o único pulmão necessário é o pulmão expedição, já que não há uma restrição física no processo. Neste caso todas as peças vão passar por apenas um pulmão, o pulmão expedição.

Se houver uma restrição física, haverá pelo menos dois pulmões, o pulmão restrição e o pulmão expedição. O pulmão montagem só será necessário se houver uma montagem que envolva peças que passaram pela restrição e outras que não passaram pela restrição.

Quando há uma restrição física, todas as peças passam por uma entre duas alternativas seguintes: 1. Aquelas que passam pela restrição terão em seu fluxo intercalados dois pulmões, de restrição e de expedição; e 2. As peças que são montadas com outras que passaram pela restrição, que terão intercalados no seu fluxo dois pulmões, de montagem e de expedição.

Com o TPC fica fácil saber qual o tamanho do estoque em processo, o que é ditado pelo tamanho dos pulmões. Por exemplo, se há um pulmão expedição de 1 dia e um pulmão restrição de 2 dias, o estoque em processo será de 3 dias. Isto porque a restrição será programada para processar um determinado pedido 1 dia antes da sua data de entrega, e a matéria-prima desse pedido será liberada 2 dias antes da sua programação na restrição. Assim, a matéria-prima será liberada 3 dias antes da data de entrega. Isso também mostra que para diminuir o estoque em processo é necessário diminuir os pulmões.

### **2.3. Tamanho do pulmão**

O pulmão é medido em tempo. No exemplo acima foi usado um pulmão restrição de 2 dias. Isso quer dizer que a matéria-prima é liberada dois dias antes da sua programação na restrição. Durante esses dois dias as peças devem chegar, com uma certa folga, à restrição. Na verdade, um pulmão está bem dimensionado quando ele gera um estoque médio na frente do ponto que está protegendo (neste caso a restrição) igual à metade do tamanho do pulmão.

No exemplo visto isso quer dizer que a matéria-prima está sendo liberada 2 dias antes da sua programação na restrição e se o pulmão estiver bem dimensionado, deve-se formar um estoque médio na frente da restrição de 1 dia. Se o estoque médio formado na frente da restrição for menor que um dia (menor que metade do pulmão) isso quer dizer que a restrição não está sendo muito bem protegida, portanto há um risco de haver interrupções na programação. Por outro lado, se o

estoque médio na frente da restrição for maior que 1 dia, isso quer dizer que há mais pulmão que o necessário, refletindo em maior estoque em processo. Esse pulmão a mais não aumenta a proteção, somente aumenta o inventário.

Por isso, no gerenciamento dos pulmões deve-se sempre tentar manter a média do estoque na frente da restrição igual à metade do pulmão.

## **2.4. Gerenciamento de pulmões**

Para realmente garantir as programações da restrição e da entrega dos pedidos é necessário controlar a produção. É preciso se certificar de que as peças realmente vão chegar aos seus destinos conforme o planejado. O TPC usa o Gerenciamento de Pulmões para fazer esse controle.

Como já foi dito, toda peça passa por um ou dois pulmões (dependendo se há uma restrição física ou não). Logo, para controlar a produção, basta controlar os pulmões, isto é, basta verificar se as peças estão chegando nos pulmões conforme o programado.

O que se deve fazer é manter um controle das entradas das peças na origem do pulmão (o estoque físico na frente do ponto que está sendo protegido). Basta verificar se as peças estão chegando conforme o planejado. Se houver alguma falta, será criado um buraco no pulmão.

Mantendo um controle sobre os buracos nos pulmões, pode-se prever quando algum problema irá interromper a programação. Assim, pode-se resolver o problema antes que ele prejudique a produção. O gerenciamento de pulmões é um sonar que mostra o que está por vir e assim permite evitar os problemas<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Vide VI. Diferenças entre o TPC e outras metodologias para programar e controlar a produção.

Desta forma, o gerenciamento de pulmões facilita em muito o trabalho dos supervisores de produção, já que para controlá-la basta vigiar os pulmões. Assim se consegue controlar toda a fábrica monitorando poucos pontos do fluxo.

### 3. PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA

O gerenciamento de pulmões não permite apenas o controle da produção. Ele também possibilita a implantação de um processo de otimização contínua.

Já vimos que o gerenciamento dos pulmões é feito para que se possa antecipar os problemas que poderão interromper a produção e possibilitando assim resolver esses problemas antes que eles prejudiquem o desempenho da empresa.

Os buracos nos pulmões são o aviso de que algum problema está surgindo. Esses buracos são causados por flutuações estatísticas nos processos. Então, toda vez que um buraco significativo ocorrer, deve-se registrar a ocorrência e identificar que recurso está causando esse buraco e por quê. Assim, será formado um registro dos buracos nos pulmões e das suas causas.

Desta forma, para melhorar o processo, diminuindo suas flutuações estatísticas, é necessário atacar as causas responsáveis pelo maior número de buracos no pulmão.

Os registros das causas dos buracos no pulmão irão mostrar quais recursos não restritivos são os maiores responsáveis pelo tamanho do pulmão. Assim, também estará indicando em quais recursos não restritivos a empresa deverá focar seus esforços de melhoria.

No TPC, ao invés de tentar melhorar o desempenho de todos os recursos, apenas a restrição e os recursos não restritivos que causam buracos no pulmão é que devem ser aprimorados.

Quando o desempenho de um recurso não restritivo que está causando buracos no pulmão é melhorado, sua flutuação estatística está sendo diminuída, atingindo a tão visada redução de variabilidade<sup>35</sup>. Conforme já visto: “Quanto maior for a flutuação estatística maior deverá ser o pulmão...” Logo, se a flutuação estatística diminuiu, o tamanho do pulmão pode ser diminuído sem perder proteção. Se o tamanho do pulmão é diminuído, o estoque no sistema também diminui, e a empresa fica mais competitiva.

Desta forma, o gerenciamento de pulmão, além de controlar a produção, também possibilita um processo de otimização contínua.

#### 4. CLASSIFICAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE MANUFATURA SEGUNDO A TOC

O diagrama de fluxo de um processo de produto contém uma série de interações entre recursos e produtos. Algumas destas interações irão dominar o comportamento de toda a operação. Aquelas fábricas que possuem o mesmo tipo de interações dominantes terão características similares assim como apresentarão os mesmos tipos de problemas. Este fato vai permitir o enquadramento dos diferentes tipos de empresas em algumas classes de manufatura. A interação dominante entre recursos e produtos caracteriza os ambientes diferentes de manufatura em três categorias<sup>36</sup>: Fabricações em V, em A e em T. Muitas manufaturas se enquadram numa das três categorias acima. Outras que exibem características de mais de uma das três categorias são chamadas de manufaturas combinadas.

---

<sup>35</sup> DEMING, W. Edwards. *Qualidade: A Revolução da Administração*. Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 1990. p. 186.

<sup>36</sup> UMBLE, Michael e SRIKANTH, M. L. *Synchronous Manufacturing. Principles for world class excellence*, Cincinnati, South-Western Publishing Co., 1990. p. 210.

#### **4.1. Fabricações em V**

As manufaturas que possuem poucas entradas e muitas saídas são as tratadas aqui. As fabricações em V são dominadas por interação entre recurso/produto onde um produto simples é transformado de um estágio para diferentes produtos no estágio seguinte. O ponto em que se dá tal transformação é chamado de ponto de divergência. Diferentes produtos utilizam mesmos recursos em muitos dos estágios. Exemplos deste tipo de fabricação são: uma refinaria de petróleo, uma siderúrgica, uma fábrica de vidro entre outros.

A característica dominante das fabricações em V é a presença de pontos de divergência. Independentemente do ramo industrial, os pontos de divergência trazem como consequência algumas características específicas a saber: o número de itens finais é muito maior que o de matérias-primas, o que é facilmente compreensível; todos os itens finais vendidos são produzidos essencialmente da mesma maneira, isto é, passando pela mesma seqüência de operações; e finalmente o equipamento é de capital intensivo e bastante especializado.

Os problemas encontrados nas fabricações em V decorrem de produção maior que a necessária dos itens errados, causados por lotes grandes demais. A consequência disso é:

- Estoques de produtos acabados muito grandes
- Serviço ao cliente pobre
- Gerentes de produção preocupados com a mudança aparentemente freqüente da demanda.
- Gerentes de marketing se queixando da falta de resposta rápida da operação de manufatura.

- Conflitos interdepartamentais nos departamentos de produção.
- A medida de desempenho mais utilizada é: ton/hora, kg/hora.

## **4.2. Fabricações em A**

São aquelas manufaturas que possuem operações de montagens de poucos produtos diferentes e compostos de componentes predominantemente diferentes. Assim fábricas que produzem equipamentos especializados como geradores, aviões, navios, caixas de câmbio para a indústria automobilística ou aparelhos de TV.

A característica dominante das interações de recursos/produtos em que dois ou mais componentes são montados para resultar num único produto, se constitui nos chamados pontos de montagem ou de convergência.

As características gerais de uma fabricação em A são: montagem de um grande número de componentes manufaturados num número relativamente pequeno de itens; os componentes são específicos para cada item final; o seqüenciamento de produção para os componentes são muito diferentes; e as máquinas e ferramentas usadas no processo de manufatura tendem a ser universais, em contraste com as das fabricações em V que são muito especializadas.

Os problemas que geralmente ocorrem nesse tipo de fabricação decorrem de lotes excessivamente grandes resultando em:

- O pessoal de montagem reclamando continuamente de falta de material
- Horas extras não planejadas em demasia.
- Utilização de recursos ( não ativação) insatisfatória.

- Gargalos de produção parecem vaguear pela fábrica.
- A operação no seu conjunto parece estar fora de controle.

### **4.3. Fabricações em T**

A característica mais importante deste tipo de fabricação é que os produtos finais são montados utilizando um certo número de componentes, muitos dos quais comuns para vários produtos finais. Esta situação ocorre usualmente em companhias que produzem famílias de produtos que possuem várias opções ou oferecem um número de diferentes variedades de embalagens. Como exemplo, podem ser citadas fabricações de alguns eletrodomésticos e algumas marcas de carros.

A característica dominante do fluxo de produto nas fabricações em T, é que os componentes podem ser combinados para formar um grande número de diferentes montagens. Como resultado, o número de itens finais pode exceder de muito o número de peças componentes. Assim, o diagrama de fluxo expande o topo, parecendo com uma letra T. Como exemplos, podem ser citados os casos de montagem contra pedido onde os tempos de entrega requeridos são relativamente curtos, a compra de componentes e tempos de processamento são relativamente longos e a demanda para os produtos individuais é difícil de ser prevista. Como resultado, os componentes necessários para produzir os vários produtos deveriam ser programados e estocados aguardando montagem final. A interação resultante entre os componentes disponíveis, produtos requeridos e recursos limitados dominam o ambiente de fabricação em T.

A região de montagem final de uma fabricação em T corresponde ao topo da estrutura, enquanto que a região contendo todos os processos anteriores à montagem final corresponde à base da estrutura. O topo do diagrama de fabricação em T sempre possui a mesma estrutura básica; um conjunto de componentes comuns

explodindo num número muito maior de itens finais. Um exemplo simples corresponde a uma fábrica de travas de portas. Os componentes são comprados como produtos finais. Nenhum processo em componentes envolve pontos de divergência ou submontagens. Os diferentes componentes podem apresentar uma quantidade de variedades. Esta variedade de cada componente é comum a muitas travas similares. Assim, o mesmo corpo de trava pode ser usado com o mesmo acionador, mas com diferentes acabamentos e diferentes estilos de acionadores para cada acabamento e assim por diante. Em contrapartida, todos os acionadores que podem ser usados com dado corpo de trava podem ser montados com diferentes corpos de trava também. O resultado deste alto grau de intercambiabilidade é que com um número dado de componentes pode ser obtida uma enorme quantidade de conjuntos. Isto cria uma explosão repentina no fluxo de produtos.

As características gerais das fabricações em T iniciam com pontos de divergência concentrados na montagem considerando o fluxo de produtos. A isso deve ser acrescido o fato de que componentes utilizados na montagem final são comuns a vários itens finais, obrigando a existência de um sistema de gerenciamento e de controle. Os pontos mais importantes podem ser resumidos a seguir: Muitos componentes manufaturados e ou comprados são montados para produzir o produto final; os componentes são comuns a muitos itens finais; o seqüenciamento (*routing*) da produção para os componentes não incluem processos de divergência ou de montagem; e o seqüenciamento da produção para componentes que requerem processamento são usualmente bastante diferentes.

Os problemas que decorrem deste tipo de fabricação tem a ver com a alocação errada de recursos na montagem final. Em resumo, os problemas podem ser caracterizados como segue:

- grandes estoques de produtos acabados e de componentes.
- desempenho fraco de cumprimento de datas de entrega.

- *leadtime* muito longo na perspectiva do cliente.
- utilização insatisfatória dos recursos de fabricação.
- fabricação e montagem são tratados separadamente.

## **VI. DIFERENÇAS ENTRE O TPC E OUTRAS METODOLOGIAS PARA PROGRAMAR E CONTROLAR A PRODUÇÃO**

Já em 1921, Henry Ford escreveu sobre linha de montagem e concentrou seus esforços em eliminar o desperdício em todos os aspectos da operação<sup>37</sup>. Procedimentos de planejamento e controle foram instituídos. Tentou minimizar a perda de movimentos e de tempos de produção, porém intuitivamente.

Uma comparação feliz<sup>38</sup> é o do conceito de fluxo de material num ambiente de manufatura com um rio. Imaginando o leito do rio um tanto irregular em termos de topografia e ainda com rochas de tamanhos diferentes no fundo, haverá como consequência uma velocidade variável no fluxo do rio, dependendo da sua largura e profundidade assim como de mudança na topografia do fundo. Considerando o rio como associado a um ambiente de manufatura típico, o fluxo da água representa o fluxo de materiais através da fábrica. A profundidade da água simboliza a quantidade de estoques ao longo da fábrica. As profundidades maiores representam um estoque parado. As pedras e árvores e outros obstáculos representam os muitos problemas num ambiente de manufatura que rompem o processo de produção e impedem o fluxo constante de materiais através do sistema.

---

<sup>37</sup> FORD, Henry. *Today and Tomorrow*. Garden City: The Garden City Publishing Company, 1926. Em UMBLE, M. e SRIKANTH, M. *Synchronous...* p. 103.

<sup>38</sup> UMBLE, M. e SRIKANTH, M. *Synchronous...* p. 109.

O processo ideal de produção possui muitas características que podem ser simbolizadas na analogia do rio. Primeiramente, o fluxo de materiais através do sistema de manufaturas deve ser constante e em concerto com a demanda de mercado. Períodos alternados de enchentes e tempestades são tão devastadores numa fábrica como na bacia de um rio. Em segundo lugar o nível de estoques numa fábrica deve ser reduzido, e as pilhas de estoques parados devem ser eliminados. Isto equivale a baixar o nível de água do rio (mantendo o fluxo total constante), eliminando as profundidades irregulares. Em terceiro lugar, as rupturas no ambiente fabril devem ser eliminadas de modo a conseguir um fluxo de produção constante. No rio, as pedras, árvores e outros obstáculos como curvas devem ser removidos.

Continuando com a analogia, considerando um barco navegando no rio, é mais fácil conduzi-lo com sucesso ao seu destino quando forem removidos os obstáculos. Da mesma maneira, a fábrica desempenha mais eficientemente quando os problemas são removidos. Naturalmente eles devem ser identificados antes, assim como os obstáculos no rio. Os obstáculos encontrados no ambiente fabril são por exemplo: falta de treinamento, programações não realistas, quebras de máquinas, estoques parados, tempo variável de processamento, gargalos, informações inadequadas, materiais com defeito, e finalmente restrições comportamentais, logísticas e gerenciais.

A abordagem tradicional Just-in-Case, alivia os efeitos de ruptura mantendo um estoque adicional. Tais estoques porém destroem por outro lado a capacidade competitiva da empresa. Na analogia do rio, significa aumentar sua profundidade de modo a evitar qualquer abalroamento com a embarcação. Esta abordagem confere uma impressão de segurança, que na realidade mascara os reais obstáculos que tenderão a reduzir a produtividade e competitividade da fábrica.

A metodologia Kanban, foi desenvolvida por Ohno baseada no que ele viu durante uma visita em 1956 à GM, à Ford e a outras empresas<sup>39</sup>, assim como a supermercados americanos onde um cliente pode obter o que é necessário no momento que quiser e na quantidade necessária. Em essência, consiste em comandar uma parada para todo o operador que alimenta um posto seguinte que possui um estoque que está no máximo. Desta maneira, há uma parada se estendendo sucessivamente para os operadores anteriores enquanto não houver consumo dos estoques. Por isso tal sistema foi chamado de “puxar” em contraposição ao que existia tradicionalmente no Just-in-Case em que o sistema é de “empurrar”. Para evitar as paradas que começaram a aparecer, preocuparam-se em reduzir quebras de equipamentos, perda de tempo devido a preparação de equipamentos e perdas devido a peças com problemas de qualidade, evoluindo assim essa metodologia para o que se chamou de Just-in-Time. Nessa abordagem, o estoque foi reduzido, tornando descoberto os problemas que puderam ser resolvidos definitivamente, permitindo assim baixar mais e mais o nível de água do rio. Deve porém ser mencionado que isto ocorre pagando um certo custo devido a paradas de produção, pois somente quando o barco abalroa um obstáculo, determinado problema é descoberto, identificada a sua causa e eventualmente contornado. Os problemas são resolvidos na ordem que aparecem e não necessariamente segundo uma priorização de acordo com o impacto nos objetivos, como no Tambor-Pulmão-Corda.

Continuando com a analogia do rio, o gerenciamento de pulmões funciona como um 'sonar' que detecta os obstáculos antes do abalroamento do barco, isto é, identifica os problemas de manufatura que podem causar rupturas no fluxo e remove-os preventivamente<sup>40</sup>.

---

<sup>39</sup> OHNO, Taichi. *Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Bookman, 1997. p. 45.

<sup>40</sup> Vide V. 2.4. Gerenciamento de pulmões.

## 1. JUST-IN-CASE

Tradicionalmente, usava-se o sistema espontâneo em que se calculava um lote econômico para cada etapa da fabricação, e mantinha-se um estoque de dimensões adequadas para evitar paradas de produção. Hoje é consenso de que o que era aparentemente bom, causava um terrível problema de estoques grandes e desbalanceados, além de bloqueios comportamentais e uma ineficiência muito grande no processo de produção.

O lote econômico<sup>41</sup> se traduzia numa solução de compromisso entre o custo de preparo e o de guardar estoques. O lote assim obtido tinha como última consequência a perda do mercado, perda de datas de entrega, qualidade inferior, investimento excessivo em estoques e equipamentos, margem reduzida de lucro e redução do desempenho da fábrica como um todo. A causa principal destas consequências, reside na procura do ótimo local quando se calcula o lote econômico e portanto na subotimização global.

Na prática, a válvula de entrada de estoques no processo está na primeira operação da linha. Na medida em que ela absorve mais componentes, maior será o estoque em processo acumulado, pois a saída de produtos prontos depende apenas da operação mais lenta da seqüência que permanece constante.

Se o estoque aumenta, haverá um período maior de tempo para as peças passarem pela operação mais lenta. Nesse caso, haverá uma demora maior para as peças ficarem prontas além de ocuparem mais o equipamento. Se parte desse estoque não tem venda garantida com data de entrega definida, esta parte estará ocupando um recurso escasso indevidamente. É o caso típico de aproveitar um preparo demorado de equipamento para aumentar o tamanho do lote que será 'vendido' mais cedo ou mais tarde. Se nesse ínterim o mercado sinalizar uma demanda de outro produto, sua

---

<sup>41</sup> Fórmula do Lote Econômico.  $LEC = \sqrt{(2C_p \cdot D / C_m)}$   $C_p$  = custo de preparo,  $D$  = demanda anual,  $C_m$  = custo de manter. MOREIRA, Daniel. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo, Pioneira, 1993. p. 478.

programação será prejudicada devido à fila já formada em frente aos equipamentos. Isso explica a perda de oportunidades de mercado e de datas de entrega por causa de estoques maiores que o necessário. Como consequência adicional, haverá a impressão de que faltam equipamentos, pois como todos estão ocupados e produtos não são expedidos em tempo, vem a impressão de que a demanda é maior que a capacidade. Isto estimulará a ‘necessidade’ de adquirir mais máquinas, causando investimentos excessivos em estoques e em equipamentos, prejudicando o desempenho da fábrica. Por outro lado, o excesso de estoques parados devido a lotes grandes acumula muitas peças antes da inspeção de qualidade, que aliado à pressão de tempo devido aos atrasos impedirá a detecção de defeitos no momento do seu aparecimento, causando qualidade inferior.

A consequência desse aumento exagerado de estoques, é a garantia da entrega do que já está planejado ficando como problema a falta de flexibilidade de adaptação frente a alterações na demanda, pondo em risco as entregas futuras e a série de consequências decorrentes apontadas no parágrafo anterior.

Hoje fica claro que alguns pressupostos errôneos embasaram o cálculo de lotes econômicos. O primeiro considera que o custo de carregar estoques é apenas o do valor monetário envolvido, isto é, custo do capital, custos de armazenagem e de manuseio, de seguros, de impostos, de obsolescência e deterioração; não considerando os demais efeitos decorrentes destes estoque já mencionados como o *leadtime*, qualidade do produto, desempenho de entregas e custos do produto, efeitos estes que possuem um impacto muito mais catastrófico que os monetários considerados no desempenho da empresa.

O segundo pressuposto considera o custo de uma preparação para um recurso, sem considerar se este possui ou não restrição de capacidade; assim, em linguagem simples, não se considera a diferença de um preparo num gargalo e num recurso ocioso. Na verdade, a diferença existe e é enorme, pois uma hora perdida num gargalo com restrição de capacidade equivale a uma hora perdida em todo o sistema,

que pode ser quantificada como o valor líquido do ganho por hora da fábrica toda<sup>42</sup>. Por outro lado, uma hora perdida num recurso não restritivo e ocioso é desprezível. Frente a estas conclusões, pode ser dito que o lote econômico de fabricação perde sua validade.

O terceiro e último pressuposto que embasa o lote econômico, é que existe apenas um único tipo de lote, conceito que na realidade também pode ser questionado, pois podem ser conceituados dois tipos de lotes: o lote de processamento, que corresponde a certa quantidade de um produto processado por determinado recurso produtivo antes que ele seja mudado para produzir um produto diferente; em oposição ao lote de processamento, existe o lote de transferência, que corresponde à determinada quantidade de unidades que pode ser movimentada ao mesmo tempo de um recurso para o seguinte.

Quando se fala em Just-in-Case (JIC), as prioridades concentram-se em redução de despesas operacionais, pois estas são tangíveis e se encontram sob completo domínio da empresa. Ao primeiro sintoma de retração de mercado, a medida inicial dos gerentes é cortar despesas. Esse é o paradigma do “mundo do custo” em oposição ao do “mundo do ganho”<sup>43</sup> em que se contempla primeiramente o aumento do ganho, que corresponde à capacidade da empresa em gerar dinheiro por meio de vendas.

O controle da eficiência local é também um sintoma do mundo dos custos, típica do sistema JIC pois se procura garantir a eficiência em todos os locais. Sob esse enfoque, acredita-se que o ótimo global pode ser atingido, trabalhando-se em ótimos locais, isto é, que o ótimo global corresponde à soma dos ótimos locais.

---

<sup>42</sup> Vide ELIYAHU, E. A Meta. Capítulo 18.

<sup>43</sup> CSILLAG, J. M. O Significado...

## 2. KANBAN

O sistema Kanban é um sistema de informação para controlar harmoniosamente as quantidades de produção em todos os processos e constitui-se originalmente de cartões colocados em envelopes.

São usados dois tipos de cartões: Kanban de Requisição que detalha a quantidade que o processo subsequente deve retirar, enquanto que o Kanban de Ordem de Produção determina a quantidade que o processo precedente deve produzir. Estes cartões circulam dentro da fábrica, entre fabricas do grupo e dentro de fornecedores. Assim os kanbans podem oferecer informações na retirada e na produção de quantidades adequadas.

Por ocasião do desenvolvimento do sistema Toyota de Produção, o começo se deu com o sistema kanban. Mas logo perceberam que se qualquer parada ocorre, em pouco tempo a linha de fabricação vai parar. As operações posteriores ao posto em questão pararão por falta de alimentação e as anteriores por bloqueio. Assim no intuito de reduzir ao máximo todas as paradas, desenvolveram um Sistema de Trocas Rápida de Ferramentas de Preparos Rápidos, um outro para fazer a Manutenção Produtiva Total e finalmente um cuidado especial para movimentar apenas as peças boas evitando fabricar peças com defeitos<sup>44</sup>.

O idealizador do sistema kanban que resultou no famoso Just-in-Time escreveu que a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício.

Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: Just-in-Time e a Autonomia, ou automação com um toque humano<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> MONDEN, Yasuhiro. *Produção Sem Estoques*. São Paulo, IMAM, 1984. Capítulo 2.

<sup>45</sup> OHNO, T. O Sistema... p. 25.

O sistema Just-in-Time que evoluiu do Kanban, elimina todos os problemas mencionados de excesso de estoques, garantindo boa flexibilidade de entregas, melhora da qualidade e redução de custos em estoques.

Mesmo com os vários sistemas que compõem o JIT, podem ocorrer paralisações, trazendo como consequência uma perda de capacidade. Se isto ocorrer em consonância com a demanda maior que a capacidade, haverá também perda de faturamento. Pode ser dito que o sistema JIT não protege os equipamentos de paradas desde que seu estoque convencionado entre postos é pequeno. Este fato é contemplado pelo sistema TPC quando se protege o equipamento com restrição de capacidade com um pulmão pré-definido e se reduz a zero os estoques entre máquinas. Pode ser dito que o estoque total no caso TPC é o dos pulmões<sup>46</sup> enquanto que no sistema Kanban-JIT é proporcional ao número de postos. Portanto o estoque total é menor no sistema TPC ao mesmo tempo que com uma proteção maior contra paradas.

### 3. COMPLEMENTARIDADES

Excelentes desenvolvimentos feitos na evolução de Kanban para o sistema JIT como MTP, TR, Células, movimentar apenas peças boas, como também outros desenvolvimentos e ferramentas como o CEP (Controle Estatístico de Processo), a Análise do Valor, ferramentas estatísticas, grupos de trabalho, etc., podem ser usados em todas as três formas de trabalho ou seja, JIC, JIT e TPC.

No caso do JIC, abordagem não sistêmica, o seu uso é pontual sem trazer consequências planejadas para o sistema.

---

<sup>46</sup> Vide V. 2.2. Estoque em processo.

No caso do JIT, há uma tendência de convergir sistematicamente por interações quando se aplicam sucessivamente as ferramentas da qualidade. Convém frisar que todas estas metodologias são utilizadas para todos os equipamentos. Assim, quando se fala em trocas rápidas ou manutenção total produtiva, a idéia é de aplicá-los em todos os equipamentos.

No TPC a aplicação de qualquer dessas ferramentas é feita enfocando na restrição e nos problemas críticos apontados pelo gerenciamento de pulmões, reduzindo assim o consumo de recursos e acelerando o aparecimento de resultados.

Quanto mais sistêmica for a abordagem utilizada, maior alcance terão os resultados obtidos.

Finalmente deve ser mencionado que softwares adequados também podem ser igualmente utilizados por cada uma das três metodologias. Trata-se aqui de sistemas de programação da produção com capacidade finita. Existem 14 sistemas disponíveis, classificados segundo suas principais características e de acordo com seu país de origem e o fabricante<sup>47</sup>.

## VII. RESULTADOS DA PESQUISA

Foram pesquisadas sete empresas denominadas A, B, C<sup>48</sup>, D, E, F e G.

Para preservar a privacidade e o sigilo das empresas pesquisadas, de agora em diante não iremos usar seus verdadeiros nomes.

---

<sup>47</sup> CORRÊA, Henrique. L. e PEDROSO, M.C., *Sistemas de Programação da Produção com capacidade finita: uma decisão estratégica?* São Paulo, RAE, out/nov/dez, 1996.

<sup>48</sup> A implementação de TPC da empresa C que foi pesquisada foi uma linha de uma de suas unidades.

## 1. CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS PESQUISADAS

Todas elas são da indústria de autopeças. O motivo da escolha ter recaído nestas empresas reside no fato de que elas haviam implementado o TPC, eram as de mais fácil acesso, levando em consideração o tempo disponível para esta pesquisa, e representam mais da metade das implementações do TPC no Brasil do conhecimento dos pesquisadores. Isso mostra que no Brasil o TPC está mais difundido nesse mercado e algumas possíveis razões para isso seguem mais adiante.

Apesar de todas as empresas serem de autopeças, seus processos, seus produtos e suas características são bem diferentes. A começar pelo tamanho; a menor das 7 empresas pesquisadas tem 140 funcionários, enquanto a maior tem 12.000.

Classificando as 7 empresas usando a terminologia da TOC, V A T<sup>49</sup>:

Empresa	V	A	T
A	X		
B	X		
C		X	
D	X		
E		X	
F	X		
G		X	

## 2. HISTÓRICO

Das 7 empresas pesquisadas, 6 usavam o JIC-MRP antes de implementarem o TPC, e uma usava o Kanban (empresa G).

---

<sup>49</sup> Conforme V. 4. Classificação das operações de manufatura segundo a TOC.

O processo de tomada de decisão para a implementação do TPC foi bem parecido em todas as empresas. Em 5 delas a diretoria se interessou pela TOC através de palestras. Foram feitas algumas investigações a mais (palestras/seminários internos), e então o gerente geral/diretoria decidiu implementar o TPC (algumas vezes o TPC não foi a única metodologia TOC a ser implementada).

Em dois casos (empresas A e E) o gerente geral da empresa era Jonah<sup>50</sup>. Nesses casos, a decisão de usar o TPC foi tomada quando eles assumiram o cargo, pois já tinham conhecimento prévio da TOC.

As implementações pesquisadas são razoavelmente recentes. A mais antiga delas é a da empresa B, que foi iniciada em 93, enquanto as outras foram feitas a partir de 95.

### 3. IMPLEMENTAÇÃO

Duas empresas implementaram o TPC sozinhas (empresas B e E). Quem liderou essas implementações foram Jonahs, um dos quais já tinha experiência em implementar TOC/TPC em outra empresa (gerente geral da empresa E). As outras empresas implementaram-no com a ajuda de consultores externos.

A média de tempo das implementações foi de 3,6 meses. A implementação mais rápida foi em 1 mês e a mais demorada em 7 meses. A diferença entre esses tempos se deve a vários fatores. Os principais são: envolvimento da alta administração e complexidade do processo.

Na implementação do TPC muitas pessoas foram envolvidas. Na empresa E, todos na empresa foram envolvidos, da mão-de-obra direta (MOD) até o gerente geral. Na empresa C foi criado um grupo TOC (com 1 representante de cada sessão de

---

<sup>50</sup> Vide III. 2.1. Uso das ferramentas dos processos de raciocínio da TOC.

produção e de cada área de apoio), e a MOD foi treinada. O comum foi envolver todas as áreas que seriam impactadas com o TPC.

Em algumas empresas a continuidade do TPC estava sendo feita por equipes designadas para isso, em outras os supervisores e o gerente de manufatura eram os responsáveis. Em 3 empresas, a continuidade do TPC era vista como uma tarefa de todos. A empresa F havia recentemente decidido não usar mais o TPC.

### **3.1. Metodologia de implementação**

#### **3.1.a. Empresas A, C, D, F e G**

Essas cinco empresas tiveram a ajuda dos mesmos consultores para implementarem o TPC, conseqüentemente os principais passos da implementação foram iguais. Esses passos são:

1. Treinamento de 2 dias para pessoas das áreas envolvidas (de 15 a 40 pessoas). Neste treinamento são mostrados os princípios básicos do TPC.
2. Treinamento de 5 dias para o grupo (de 5 a 12 pessoas) responsável pela implementação do TPC. Neste treinamento eles adaptam o TPC genérico às especificidades da empresa.
3. Treinamento de multiplicadores utilizando um jogo de dados<sup>51</sup> para simular os princípios do TPC. Esse jogo é usado para disseminar o TPC para a MOD. Toda a MOD direta é treinada com ele.

---

<sup>51</sup> Veja exemplo no anexo XI. 2. Jogo de dados.

#### 4. Reuniões de acompanhamento do progresso.

#### 3.1.b. Empresa E

Nesta empresa, o gerente geral era Jonah-Jonah, isto é, ele já havia tido no mínimo 5 semanas de cursos sobre TOC. Ele também já havia participado de uma das primeiras implementações de TOC no Brasil na década de 80. Os principais passos aqui foram:

1. Entender a realidade da empresa junto com os seus gerentes (construindo uma ARA).
2. Curso dos princípios básicos da TOC para os gerentes.
3. Cursos de TPC para todos os gerentes e para o pessoal da produção.
4. Construção de uma APR<sup>52</sup> com todos os gerentes e supervisores de manufatura, com o objetivo de implementar o TPC.
5. Treinamento da MOD.

#### 3.1.c. Empresa B

Esta empresa implementou o TPC sozinha. Seus principais passos foram:

1. Enviar um funcionário para fazer o Curso Jonah, e esse funcionário (na época era o gerente de materiais) disseminou o TPC na empresa.

---

<sup>52</sup> Vide III. 2. O processo de otimização contínua para restrições não físicas.

2. Treinamento de 1 dia, com simulação (criada pelo Jonah interno), para o pessoal técnico.
3. Seminário interno para o pessoal da ferramentaria (que foi o projeto piloto), com simulação.
4. O gerente técnico leu “A Corrida” e criou seu próprio método de PCP.
5. Depois de implementada na ferramentaria com sucesso, o TPC foi expandido para toda a fábrica.

### **3.2. Problemas na implementação**

Os problemas decorrentes da implementação apontados pelos entrevistados seguiram um certo padrão e foram agrupados conforme segue.

#### **3.2.a. Resistência à mudança**

Das 7 empresas, 6 citaram a resistência às mudanças como o maior obstáculo à implementação. A cultura do mundo do custo, que faz as pessoas procurarem por 100% de eficiência em todos os lugares, foi detectada como o maior obstáculo na implementação do TPC. Os funcionários, gerentes, supervisores e MOD, ficam receosos de aceitarem o novo modelo, já que é uma mudança muito radical. Eles ficam inseguros de não se preocuparem mais com 100% de eficiência. Eles têm medo de que se forem pegos ociosos, serão despedidos ou pelo menos mal avaliados.

Muitas das empresas pesquisadas ainda sofrem as conseqüências dessa mentalidade. Em uma empresa houve pessoas que se demitiram durante a implementação por não concordarem com a nova metodologia.

Na empresa E, onde a alta administração está totalmente envolvida na TOC, os conflitos entre as áreas foram quase que eliminados, a comunicação melhorou muito, as pessoas trabalham muito mais em equipe, mesmo pessoas de departamentos diferentes. Isso se deve ao fato de toda a empresa ter tido treinamento em TOC, e de o gerente geral cobrar uma visão sistêmica da empresa de todas as áreas. Isto é, os funcionários são levados a encararem a empresa como um sistema, a mentalidade do mundo do custo é combatida em toda a empresa.

Um exemplo desse trabalho é como a empresa reage à variação de demanda. Quando a demanda é maior que a capacidade resolve-se o problema em equipes interdepartamentais e quando a demanda é menor que a capacidade trabalha-se para aumentar a demanda nessas mesmas equipes, sempre usando a TOC. Isso também acontece, parcialmente, na empresa A.

A falta disto está bem caracterizada na empresa C, empresa de grande porte, departamentalizada. Nesta empresa acontece o mesmo que na maior parte das empresas que usam a administração tradicional, Taylorista. Não há boa comunicação entre os departamentos, cada um é incentivado a ver apenas o seu lado, não há incentivos para considerar a empresa como um sistema. Isso gera atritos entre departamentos, o que prejudica a harmonia entre a produção e as outras áreas.

Para lidar com o problema da cultura da eficiência, as empresas usaram muito o treinamento e a cobrança de outras medidas. As medidas alternativas mais usadas foram: 1. O atendimento ao plano, isto é, as pessoas são medidas de acordo com o cumprimento do programa; 2. O abastecimento dos pulmões. Aqui, os recursos não

restritivos são mal avaliados quando causam buracos no pulmão<sup>53</sup>; e 3. Pontualidade, enquanto não houver atrasos na produção/expedição dos pedidos, a produção como um todo é bem avaliada.

Como na empresa C ainda se medem as eficiências locais, eles praticam o treinamento multifuncional para tentar poder utilizar a mão-de-obra direta em vários lugares diferentes. Assim, poderiam aumentar a eficiência da mão-de-obra direta mesmo quando deixassem alguns processos parados. Mas esse treinamento não surtiu o efeito esperado.

Em todas as empresas o problema da cultura das eficiências locais foi combatido com mais treinamento e com um corpo-a-corpo dos gerentes. O importante foi convencer as pessoas de que a diretoria realmente queria essa mudança, e que não haveria mais cobrança de eficiências locais. Por isso que em algumas empresas foi mais difícil a implementação, já que a diretoria não participou ativamente do processo e continuou medindo as eficiências locais.

Um fenômeno foi constatado, quanto maior a empresa, maior a falta de envolvimento da alta administração, o que gerou certos problemas, sendo o maior deles a continuidade de medição das eficiências locais. Quando isso aconteceu, o que os gerentes responsáveis pelo TPC fizeram foi não repassar essa cobrança para o pessoal da produção, eles acabaram sendo o escudo entre a corporação e seus subordinados.

Em quase todas as empresas foi dito que deveria haver uma maior conscientização da alta administração sobre os conceitos TOC, para evitar o desgaste dos responsáveis pela interface entre a produção e as outras áreas da empresa. Em um ambiente que não é regido pela TOC há conflitos entre o TPC e outras medidas/áreas da empresa. Esse problema ainda é enfrentado por algumas dessas empresas.

---

<sup>53</sup> Vide V. 2.4. Gerenciamento de pulmões.

### 3.2.b. Software

Era voz comum nas empresas que deveria haver um software para auxiliá-las no TPC (um software de planejamento e controle da produção), sendo que a não existência deste software foi considerada um problema. Algumas fábricas desenvolveram seu próprio software (com planilhas eletrônicas) mas estes não passam de uma adaptação. Essa também foi uma das causas de algumas empresas terem levado mais tempo para implementar o TPC que outras.

A empresa G tomou a decisão de implementar um software para ajudá-la com o TPC. O software sendo implementado é o MOOPI<sup>54</sup>. Essa implementação está prevista para durar um ano, com um custo de US\$400.000. Como o software ainda não foi implementado, não há como saber se este se adapta bem ao TPC.

### 3.2.c. Restrições interativas

O balanceamento de capacidade também foi um problema, isto é, alguns processos tinham capacidades muito próximas uma da outra, o que criava problemas de restrições interativas e falta de capacidade protetiva<sup>55</sup>. A empresa A teve esse problema durante a implementação pois processos diferentes tinham capacidades muito próximas e isso estava gerando restrições interativas. Foi necessário aumentar a capacidade de um dos processos, mas eram máquinas caras. Para resolver esse problema a empresa recuperou uma máquina obsoleta e com isto desbalanceou a capacidade, isto é, com um investimento insignificante ela resolveu o problema das restrições interativas<sup>56</sup>.

---

<sup>54</sup> CORRÊA, H. e PEDROSO, M. Sistemas de...

<sup>55</sup> Vide V. 1. Programação da Produção.

<sup>56</sup> Vide ELIYAHU, E. A Meta. Capítulo 22.

### 3.2.d. Queda de demanda

Algumas empresas já estiveram mais satisfeitas com o TPC. Essas empresas implementaram o TPC quando a demanda estava muito acima da sua capacidade e assim elas conseguiram muito proveito do TPC na época. Mas, como agora a demanda está abaixo da capacidade, muitas das qualidades do TPC não são aproveitadas, o que esvazia um pouco a satisfação. Apesar de gerar insatisfação, o problema é de demanda e não de programação e controle da produção. Porém, a queda de demanda é um fator que pode ameaçar a continuidade do TPC.

Goldratt previu isso e desenvolveu maneiras de segmentar o mercado justamente para trazer a restrição para dentro de casa, artifício não utilizado por todas as empresas pesquisadas.

### 3.2.e. Treinamento de pessoal

Algumas empresas tiveram problemas quando pessoas-chave na implantação do TPC mudaram de empresa. Isso fez com que tivessem que educar outras pessoas para assumir as mesmas funções. Além desse problema com rotatividade de pessoal, essas empresas também devem treinar em TOC/TPC as pessoas recém contratadas.

## 3.3. Ferramentas de operacionalização

As empresas criaram mecanismos para ajudar na implementação e na continuidade do TPC. Alguns desses mecanismos serão apresentadas a seguir.

### 3.3.a. Reuniões de envolvimento

A empresa E criou as Reuniões Diárias de Produção (RDP). São reuniões rápidas nas quais se discute a programação do dia e mais dois dias para a frente. Desta reunião participam pessoas das diversas áreas da produção e pessoas das áreas de apoio e de vendas.

A empresa D também criou uma reunião diária chamada de TOCA, nas quais se discutem os problemas com a programação e as soluções para esses problemas. Essa reunião tem a participação fixa de pessoas das áreas de produção, manutenção, planejamento, logística, almoxarifado e expedição. Também participam pessoas de outras áreas quando sua presença é requisitada.

A empresa C criou um grupo TOC, com 1 representante de cada sessão da produção e de cada área de apoio, que se reúne e discute os problemas e as soluções para a programação e o controle da produção.

### 3.3.b. Reestruturação de departamentos

Na empresa E também houve uma maior integração entre as áreas. Antes de implementarem a TOC, as áreas (vendas, compras, PCP, etc.) eram bem separadas e havia muitos atritos entre elas. O ambiente era pesado e não havia cooperação. Para resolver esse problema a empresa reestruturou algumas áreas, eliminando as barreiras entre elas. Hoje, muitas dessas áreas estão em um mesmo departamento. Por exemplo, logística é responsável por: suprimentos, PCP, recebimentos, expedição, faturamento, exportação e importação. Além disso, a cultura foi mudada de tal modo que atualmente há uma grande harmonia entre as diversas áreas e os atritos foram reduzidos drasticamente, tornando o ambiente de trabalho mais agradável.

### 3.3.c. Pulmões entre áreas

A empresa G criou pulmões protetores adicionais entre as áreas. Como há muitas linhas de produção diferentes, que algumas vezes são abastecidas pelos mesmos processos, a empresa fez com que esses processos, tenham pulmões de expedição para melhor abastecer as linhas seguintes.

### 3.4. Custo de implementação

Os custos diretos com a implementação do TPC variaram de zero a US\$80.000. A implementação da empresa E teve custos indiretos, seu gerente geral já havia pago cerca de US\$35.000 em seu próprio treinamento. As empresas A e B tiveram um custo de US\$10.000. As empresas C, D e G tiveram um custo de US\$80.000, e a empresa F teve um custo de R\$50.000.

## 4. RESULTADOS

	A	B	C	D	E	F	G
<b>No. de funcionários:</b>	550	140	12.000	700	270	250	2.500
<b>Faturamento:</b>	40 milhões	6 milhões	1 bilhão	63 milhões	20 milhões	16 milhões	240 milhões
<b>Quando implementou:</b>	97	93	abril/95	agosto/97	95	out./96	out./95
<b>Tempo p/ implementar:</b>	2 meses	6 meses	2 meses	1 mês	4 meses	3 meses	7 meses
<b>Custo:</b>	US\$ 10.000	US\$ 10.000	US\$ 80.000	US\$ 80.000	zero	R\$50.000	US\$ 80.000
<b>Está satisfeito?</b>	sim	Sim	sim	sim	sim	não	sim
<b>Queda no leadtime:</b>	50%	44%	31%		67%	50%	17%
<b>Desempenho das datas de entrega (antes e depois):</b>	87% - 99%	60% - 90%	70% - 95%	85% - 98%	65% - 99%	melhorou mas não tem dados	faltas frequentes - 100%
<b>Aumento do valor das entregas:</b>	20%	não aumentou	20%	9%	114%	não aumentou	25%
<b>Aumento da capacidade produtiva:</b>	20%	+ 40%	20%	13% e 17% <sup>57</sup>	50%	não aumentou	não sabem <sup>58</sup>
<b>Queda no estoque de MP:</b>		35%					
<b>Queda no estoque em processo:</b>	58%	77%	40%	MP e Proc - 25%	não sabem quanto		53%
<b>Queda do estoque de produto acabado:</b>	25%	não tem	não sabem	não tem	50%	50%	
<b>Faturamento em \$/pessoa/ano:</b>	64m - 76m	30mil - 50 mil	não sabem	83m - 90m	31m - 67m	56 mil - 64 mil	82m - 92m

<sup>57</sup> A empresa implementou o TPC em duas linhas independentes, por isso há dois aumentos de capacidade.

<sup>58</sup> Como a demanda estava abaixo da capacidade quando começaram a implementar e continua abaixo da capacidade, eles não quantificaram o aumento, mas sabem que aumentou.

Todas as empresas começaram a colher resultados durante a implementação do TPC. Já nos primeiros meses havia algum impacto positivo em algumas medidas de desempenho.

Esses resultados iniciais foram quase que sempre um aumento da capacidade da empresa (na verdade uma melhora na utilização da capacidade existente) e uma melhora no desempenho de entrega.

Como pudemos ver na tabela, todas as empresas tiveram bons resultados com a implementação do TPC. Os resultados alcançados estão de acordo com a teoria, isto é, os benefícios que a teoria diz que consegue obter realmente foram alcançados pelas empresas pesquisadas.

O *leadtime* de todas as empresas caiu. A menor queda foi de 15% e a maior de 67%, com uma média de 43%. Isso quer dizer que, em média, as empresas pesquisadas depois da implementação do TPC, estavam tendo um tempo de resposta ao mercado 43% menor.

O desempenho das datas de entrega, isto é, qual a porcentagem dos pedidos que são entregues na data e na quantidade prometidas, foi melhorado em média em 33,40%, sendo que a empresa E melhorou em 52% essa medida.

Essas duas primeiras medidas mostram qual o impacto do TPC para os clientes. São também usadas como ferramentas de marketing para aumentar as vendas da empresa, especialmente quando a demanda está baixa fazendo parte da metodologia criada para permitir à empresa segmentar o mercado. As próximas medidas mostram o impacto do TPC dentro da empresa.

O aumento do valor das entregas foi em média de 31,33%. Neste caso temos dois extremos, as empresas B e F que não tiveram aumento (a demanda caiu durante o período) e a empresa E que aumentou em 144% o valor das suas entregas. Este

aumento foi em parte devido a uma melhor escolha do mix de produtos vendidos (usaram a bússola<sup>59</sup> para definir quais os produtos mais lucrativos) e a um aumento de capacidade. É importante ressaltar qual o impacto disso no lucro da empresa. Se a empresa aumentar suas vendas em 31,33%, sem aumento considerável de investimento nem de despesa operacional, a diferença entre as vendas e o custo da matéria-prima vai toda para o lucro, isto é, há um aumento considerável do lucro da empresa.

Das 7 empresas 6 tiveram um aumento de capacidade sem investimento. Na verdade o que aconteceu foi que elas passaram a utilizar melhor a capacidade que tinham, já que agora identificaram e exploraram a restrição. A média desse aumento de capacidade foi de 26,67%.

A bibliografia sobre TOC diz que ao implementar o TPC os estoques devem cair. Isso foi constatado nas empresas pesquisadas. Todos os entrevistados confirmaram isso mas alguns não sabiam informar os números. A média da queda no estoque em processo foi de 50,6%. A queda do estoque, como já vimos, vem do fato do TPC subordinar todos os recursos não restritivos à restrição.

Uma medida muito usada para avaliar a evolução da empresa é faturamento/funcionário/ano. Neste caso, todas as empresas tiveram uma melhora depois de implementado o TPC. A média do aumento foi de 40%, sendo que o menor aumento foi de 8% e o maior de 116%.

As empresas pesquisadas melhoraram significativamente seu desempenho implementando o TPC. Mas, essas medidas de desempenho não foram as únicas vantagens trazidas pelo TPC.

---

<sup>59</sup> Vide IV. 3.1. Bússola.

## 5. OUTRAS VANTAGENS DO TPC

Além da melhora nas medidas aqui vistas, o TPC também trouxe outras vantagens para as empresas, de acordo com os entrevistados.

### 5.1. Liberação do tempo do pessoal de produção

Como com o uso do TPC a produção fica muito mais sob controle, não há tantas correrias e não é necessário tanto *follow-up*, ficando o trabalho dos supervisores e gerentes da produção mais tranquilo. Com isso, esse pessoal se dedica a outras tarefas muito mais importantes, mas que com a correria do dia-a-dia são normalmente negligenciadas, como por exemplo: assegurar a qualidade do processo, manutenção, treinamento e outros procedimentos de melhoria contínua. Aqui fica evidenciado o pensamento da seção IV. 3. O mundo do ganho, segundo o qual, se alguém dedica mais que 50% do seu tempo em apagar incêndios, ele não está prevenindo os próximos, e está imersa no mundo do custo.

### 5.2. Diminuição do atrito entre as áreas

Com a implementação do TPC, houve, na maior parte das empresas, uma ampliação da visão dos funcionários, isto é, eles começaram a ver a empresa como um todo. Isso ajudou na integração entre os departamentos, o que diminuiu os atritos internos.

### 5.3. Balanceamento do fluxo

O material flui muito mais facilmente e continuamente pela fábrica, sem soluços e sem necessidade de muitos atropelos.

#### **5.4. Envolvimento do funcionário que trabalha na restrição**

Como as atenções estão voltadas para a restrição, os funcionários que trabalham com ela se envolvem e ajudam em muito a melhorar seu desempenho.

#### **5.5. Ajuda no enfoque do seu processo de melhoramento contínuo**

Ao invés de tentar melhorar em todo o lugar, como faziam antes, o gerenciamento de pulmões indica as prioridades de melhoria.

#### **5.6. Diminuição das horas extras**

Naquelas empresas pesquisadas que havia horas extras antes da implementação do TPC, estas foram quase eliminadas. Isso mostra que os picos de fim de mês foram resolvidos.

### **6. DESVANTAGENS DO TPC**

O TPC também tem suas desvantagens.

#### **6.1. Não possui um software**

Foi mencionada pela maioria das empresas pesquisadas. Isso é um problema, especialmente para as empresas cujas restrições são difíceis de programar e que tem muitos pontos de divergência ou pontos de convergência.

## **6.2. Os defensores da TOC viram contestadores**

Como a TOC contesta a maior parte dos conceitos tradicionais da administração, quando uma pessoa, ou um pequeno grupo de pessoas restrito a uma área da empresa, é o único que divulga e conhece a TOC, essas pessoas podem ficar marcadas como contestadoras.

## **6.3. Relaxamento no controle da despesa operacional**

No início pode haver um relaxamento no controle da Despesa Operacional porque a teoria sugere focar no ganho. Mas é bom deixar claro que ela não sugere desprezar a Despesa Operacional. Algumas pessoas podem ficar com essa impressão e em um dos casos analisados (empresa A), num primeiro momento, a Despesa Operacional da empresa aumentou por descuido. Mas isso foi rapidamente sanado.

## **6.4. Difícil programar com restrições interativas**

Quando há restrições interativas, isto é, quando há equipamentos com capacidade muito próxima uma da outra, fica difícil programar e controlar a produção; mas isso também é verdade para qualquer outra metodologia. A TOC reconhece isto e recomenda aumentar a capacidade dos recursos para que haja apenas uma restrição.

## **6.5. Aumento do refugo**

Com a implantação do TPC, a empresa, muitas vezes, reduz o lote de processamento. Isso, em certos casos pode causar um aumento no refugo, quando este é consequência do preparo das máquinas, isto é, para cada preparo há uma quantidade determinada de refugo.

## 7. SITUAÇÃO ATUAL

Todas as empresas estavam satisfeitas com o TPC, exceto a F. O TPC havia atingido o que elas esperavam quando decidiram implementá-lo, e algumas achavam que podiam conseguir tirar ainda mais proveito da metodologia.

### 7.1. Teoria x realidade

#### 7.1.a. Restrição e RRC

Em algumas empresas houve um pouco de confusão entre os conceitos de RRC e restrição. Quando perguntadas quais eram os RRCs da fábrica, algumas disseram que não havia RRC naquele momento pois a demanda estava baixa. Em quase todas elas a programação não era feita exatamente como rege a teoria, mas isso pode ser consequência da falta de um software (pois, em alguns casos, não é fácil seguir a teoria manualmente). Mesmo não seguindo à risca a teoria, elas estão dentro do conceito do TPC e tiram bom proveito do mesmo.

#### 7.1.b. Subordinação

Em algumas empresas a subordinação também difere um pouco da teoria. Na empresa E não há liberação de material propriamente dita, isto é, o material já está liberado na hora em que chega na empresa, pois fica disponível para a produção desde o recebimento. Esse procedimento permite às diversas áreas da produção de utilizar o material quando bem entenderem. Isso não causa nenhum problema nesta empresa, aliás, facilita a programação, mas só é possível em um ambiente no qual a síndrome da eficiência foi eliminada.

### 7.1.c. Pulmões

Algumas empresas não têm todos os pulmões que a teoria dita (expedição e montagem), o que pode prejudicar o desempenho das datas de entrega, mas como a demanda agora está abaixo da capacidade, isto não as afeta.

### 7.1.d. Gerenciamento de pulmões

O ponto no qual houve maior diferença entre teoria e realidade foi no gerenciamento de pulmões. Os próprios entrevistados admitiram que não fazem um bom trabalho de gerenciamento de pulmões, mesmo sabendo que poderiam tirar muito mais proveito se o fizessem. A falta de um bom gerenciamento de pulmão dificulta a redução contínua dos estoques e bloqueia a implementação de um processo de otimização contínua mais eficaz (as empresas não conseguem implementar por completo as 5 etapas da TOC.)

### 7.1.e. Processo de melhoramento contínuo

Todas as empresas disseram que têm um processo de melhoramento contínuo. Em algumas esses processos são anteriores ao TPC, mas mesmo assim, depois de implementado o TPC o usam para enfocar esses processos. As atividades mencionadas como parte do processo de melhoramento contínuo são: MPT, redução de tempo de preparo de máquinas, redução de *scrap*, controle estatístico do processo e redução de pulmões.

### 7.1.f. Outros conceitos

*Lote de Transferência* - Seis empresas seguiram a recomendação do TPC de reduzir significativamente o lote de transferência, só a empresa B que não o fez.

*Processos de Raciocínio* - Cinco empresas já usaram os processos de raciocínio da TOC, algumas com muita frequência outras nem tanto. A APR é o processo mais usado. As empresas D e F ainda não fizeram uso dos mesmos.

*Contabilidade Gerencial* - Apesar dos princípios da TOC estarem em contraposição com os princípios da contabilidade de custos, na verdade a TOC é contrária ao uso da contabilidade de custos para a tomada de decisão, a maioria das empresas ainda a utiliza para isso. Isso acontece especialmente nas grandes empresas, onde a diretoria não participou ativamente do processo da implementação do TPC. A diretoria dessas empresas encara a TOC como algo só para a produção. As empresas A, E e F são as únicas empresas na pesquisa que não usam mais a contabilidade de custos para tomar decisões, elas usam a bússola.

## 8. AMBIENTE EXTERNO

Como quase todas as empresas estão satisfeitas com o TPC e viram que ele traz muitos benefícios tanto para elas mesmas como para seus clientes e fornecedores, os pesquisadores quiseram verificar se elas tentaram e se conseguiram influenciar alguma outra empresa a usá-lo.

A empresa E conseguiu influenciar alguns fornecedores, que passaram a usar os conceitos do TPC, mesmo que embrionariamente. Esses fornecedores sabem o que é uma restrição e já não atrasam tanto. Existe um Kanban entre a empresa e alguns fornecedores (para produtos mais caros).

Algumas empresas pesquisadas tentaram influenciar alguns fornecedores mas ainda não obtiveram sucesso, outras nem tentaram por achar que têm pouca influência nos seus fornecedores devido à disparidade de tamanhos.

Quase todas as empresas pesquisadas já foram visitadas por outras, mas elas não têm conhecimento de alguma implementação de TPC por essas empresas que as visitaram.

### **8.1. Vendas**

A empresa E mudou algumas das suas políticas de vendas por causa da TOC, a começar pelo uso da bússola para dar preferência aos produtos mais lucrativos de acordo com a TOC. As empresas A e F também usam a bússola. A empresa B criou uma tabela de preços mais flexível.

Apesar de todas as empresas terem melhorado significativamente seu desempenho em datas de entrega e *leadtime* e de terem diminuído os tamanhos dos lotes, elas não usaram isso para mudar algumas políticas de vendas.

## **9. EMPRESA F**

Apesar dos excelentes resultados atingidos após três meses da implantação da TOC (queda no *leadtime* de 50%, queda no estoque de produto acabado de 50%, melhora significativa no desempenho das datas de entrega), essa empresa é a única das sete empresas pesquisadas que não está satisfeita com o TPC e afirma que não o usa mais. Porém, a empresa continua utilizando a bússola.

O TPC implicou em trabalhar com lotes de processo menores, o que acarretou um aumento de 12% para 19% no refugo. Este refugo está diretamente relacionado com

o preparo das máquinas, isto é, para cada preparo há uma quantidade determinada de refugo. Esse aumento do refugo não foi controlado e impactou negativamente a lucratividade da empresa.

O representante da empresa afirmou que interromperam o uso do TPC no início de 1998. Os pesquisadores constataram que o estoque de produtos ainda não acabados aumentou e como nenhuma outra ação foi tomada, isto leva a crer que a empresa está de alguma forma utilizando a metodologia. Parece que esta empresa está lentamente adaptando o TPC para a sua situação.

## VIII. CONCLUSÕES DA PESQUISA

Foi verificado que melhoramentos alcançados pelas empresas seguiram um padrão previsto pela teoria, em maior ou menor grau. Essa diferença nos resultados foi função do rigor com que seguiram as idéias de Goldratt. Quanto maior este rigor com que seguiram a metodologia, melhores foram os resultados.

Houve redução no *leadtime* dos produtos, melhora no desempenho das datas de entrega, aumento na capacidade produtiva, diminuição dos estoques, diminuição dos incêndios do dia-a-dia e melhora no faturamento por pessoa ao ano.

Os pesquisadores constataram que sem exceção, as empresas possuem um alto potencial de melhorias com o uso do TPC. Os pontos correspondentes a essas melhorias são o gerenciamento de pulmões com vistas a uma melhoria contínua<sup>60</sup> e um melhor aproveitamento das vantagens trazidas pelo TPC para aprimorar suas estratégias para o marketing e vendas.

---

<sup>60</sup> Vide V. 3. Processo de otimização contínua.

Dentre os problemas enfrentados predomina a resistência à mudança do mundo do custo para o mundo do ganho<sup>61</sup>. Este comportamento é muito mais presente que se possa esperar por ocasião de uma implementação, mesmo após o treinamento que ressalta este fato.

Embora as empresas todas atingiram um novo patamar de desempenho da produção, bastante superior ao anterior, apenas a empresa E utilizou uma metodologia especialmente desenvolvida para os casos em que a restrição passa de dentro da empresa para o mercado. As outras empresas assistiram a uma crescente ociosidade dos equipamentos sem recorrer às estratégias de marketing que o TPC possibilita. Essa ociosidade conseqüente do uso do TPC, deve ser utilizada para alavancar o ganho e não para reduzir despesa operacional.

A empresa E aumentou suas vendas em 114% enquanto o maior aumento entre as outras empresas foi de 25%<sup>62</sup>. Não só isso, esta empresa está continuamente aumentando suas vendas, apesar de fornecer para os mesmos mercados que as outras empresas desta pesquisa.

Desde o lançamento do livro A Meta, a teoria das restrições tem sido reconhecida como uma metodologia para gargalos de produção. Posteriormente com o lançamento do seu quinto livro Mais Que Sorte, Goldratt conseguiu estender suas idéias para toda a empresa, porém ainda restrito à indústrias. Conceitualmente, nada impede que o TPC seja utilizado nas empresas de serviços, pois basta haver uma seqüência de operações repetitivas que consomem tempo, para que sejam satisfeitas as condições de aplicabilidade das idéias desse trabalho. O que ocorre, é que historicamente, a teoria das restrições começou a ser aplicada no Brasil em empresas do ramo de autopeças e a experiência acumulada ficou restrita a este segmento da indústria.

---

<sup>61</sup> Vide IV. Mundo do custo x mundo do ganho.

<sup>62</sup> Vide VII. 4. Resultados.

Não pode deixar de ser citado que o período de tempo para as empresas conseguirem resultados palpáveis após o início da implementação foi em média de 3 meses, tempo que os pesquisadores consideraram bem menor do que para as outras metodologias citadas neste trabalho.

A causa disto reside na simplicidade da metodologia e da facilidade de implementação pelo próprio pessoal da empresa. É também causa disto a potência da TOC, por concentrar todo o esforço aplicado nos poucos pontos críticos, nas restrições, eliminando todo o desperdício de esforço presente nas demais metodologias.

Finalmente, também foi constatada a utilização reduzida dessa metodologia que pela sua potência deveria estar muito mais difundida em outros países como Estados Unidos e países europeus. Além dos obstáculos já apontados no início desse capítulo, soma-se o fato da reduzida quantidade de literatura disponível, que permite a um leigo se inteirar do assunto e fazer experimentos para implementá-la em sua empresa. Assim para finalizar, segue no capítulo seguinte, um **modelo proposto para implementação**, que juntamente com o restante do presente trabalho, trará subsídios para a difusão da metodologia.

## **IX. MODELO PROPOSTO PARA IMPLEMENTAÇÃO**

Com vistas em evitar os problemas que essa pesquisa constatou, segue um modelo que pode ser usado pelas empresas para implementar o TPC.

1. Seminário Mundo do Custo x Mundo do Ganho para a alta administração. Neste seminário devem ficar claras as diferenças entre a mentalidade tradicional e a da TOC assim como a importância da alta direção deve ficar ciente dos atritos que ocorrem quando se implementa a TOC apenas na produção (por exemplo:

continuar medindo eficiências locais e eliminar as pessoas que ficaram excedentes como resultado da descoberta de mais capacidade pelo TPC.)

2. Treinamento em TPC para todas as áreas envolvidas com a implementação (produção, compras, manutenção, qualidade, vendas, PCP, etc.) Este treinamento visa passar os conceitos básicos do TPC para as pessoas e fazê-las entender as mudanças que devem acontecer em cada área.
3. Adaptação do TPC às especificidades da empresa. Aqui, o grupo de implementação (de 5 a 10 pessoas) deve discutir e decidir como pôr em prática o TPC e criar um plano de implementação. Se a empresa só vai implementar a TOC na produção, nesta fase eles devem decidir como vão lidar com a interface entre o TPC e as outras áreas da empresa, para reduzir o atrito entre o mundo do custo e o mundo do ganho<sup>63</sup> (neste ponto deve haver uma proposta de como lidar com as medidas de eficiência local, entre outras.)
4. Criar um mecanismo que permita calcular e resolver, conforme o padrão da empresa, todos os relatórios pedidos pela matriz e que não interfira na tomada de decisão da produção.
5. Apresentação do plano de implementação para a direção, mostrando as soluções propostas com vistas a diminuir o atrito entre as áreas.
6. Tendo luz verde da direção, apresentar o plano de implementação para todas as áreas da empresa.
7. Treinamento dos operadores nos princípios básicos do TPC, usando o jogo de dados.

---

<sup>63</sup> Vide IV. Mundo do custo x mundo do ganho.

8. Estabelecimento de reuniões diárias/semanais para discussão das programações e dos problemas do dia-a-dia. Essa reunião deve ter a participação do PCP, do gerente de manufatura e do gerente de vendas, além de outras pessoas. É muito importante que haja uma relação mais estreita entre vendas e produção.
9. Criar um mecanismo para monitorar o aprendizado e aprimoramento contínuo. Por exemplo, redução contínua dos pulmões e conseqüentemente do *leadtime*.

## X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CORBETT, Thomas, N. *Contabilidade de Ganhos. A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições*. São Paulo, Nobel, 1997.
2. CORRÊA, Henrique L. e GIANESI, Irineu G. *Just In Time, MRP II e OP*. São Paulo, Atlas, 1992.
3. CORRÊA, Henrique L. e PEDROSO, M.C. *Sistemas de Programação da Produção com capacidade finita: uma decisão estratégica?* São Paulo, RAE, Out-Nov-Dez, 1996.
4. CSILLAG, João M. *O Significado do Mundo do Ganho*. São Paulo, RAE, Abril/Junho, 1991.
5. CSILLAG, João M. *Análise do Valor*. São Paulo, Atlas, 1995, 4ª edição.
6. CSILLAG, João M. *As Melhores Soluções são Simples e Baratas*. O Estado de São Paulo, Caderno de Empresas, 17/3/92.
7. CSILLAG, João M. *É imperioso descobrir as restrições*. O Estado de São Paulo, Caderno de Empresas, 19/7/91.
8. DEMING, W. Edwards. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 1990.

9. DEMING, W. Edwards. *The New Economics*, MIT Center of Advanced Engineering Study, 1993.
10. GOLDRATT, Eliyahu M. e FOX, Robert E. *A Corrida pela Vantagem Competitiva*. São Paulo, IMAM, 1989.
11. GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. *A Meta*. São Paulo, IMAM, 1990.
12. GOLDRATT, Eliyahu M. *A Síndrome do Palheiro, garimpendo informações num oceano de dados*. São Paulo, IMAM, 1991.
13. GOLDRATT, Eliyahu M. *What is this thing called Theory of Constraints, and how should it be implemented?* Croton-on-Hudson, North River Press, 1990.
14. GOLDRATT, Eliyahu. *Mais Que Sorte...um processo de raciocínio*. São Paulo, Educator, 1994.
15. MILANI, Ângelo. *Gestão Sinérgica das Atividades de Exploração, Perfuração e Produção de Petróleo em uma Unidade Operacional*. São Paulo, Fundação Getulio Vargas, 1992.
16. MONDEN, Yasuhiro. *Produção Sem Estoques*. São Paulo, IMAM, 1984.
17. MOREIRA, Daniel. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo, Pioneira, 1993.
18. NOREEN, Eric e SMITH, Debra e MACKEY, James T. *A Teoria das Restrições e suas implicações na Contabilidade Gerencial*. São Paulo, Educator, 1996.
19. OHNO, Taichi. *Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Bookman, 1997.
20. UMBLE, Michael e SRIKANTH, M.L. *Synchronous Manufacturing. Principles for world class excellence*. Cincinnati, South-Western Publishing Co., 1990.
21. WOMACK, James, P. e JONES, Daniel, T. *A mentalidade Enxuta nas Empresas. Elimine o desperdício e crie riquezas*. Rio de Janeiro, Campus, 1998.

## **XI. ANEXOS**

### **1. QUESTIONÁRIO**

Data: \_\_\_\_\_/98

Nome da empresa:

Entrevistado:

Cargo:

N.º de funcionários:

Faturamento:

Ramo:

Produtos:

Principais clientes:

Principais concorrentes:

#### **Histórico**

1. Antes de vocês começarem a usar o Tambor-Pulmão-Corda (TPC), que metodologia usavam? Como programavam a fábrica?
2. Como decidiram usar o TPC? Quem trouxe a idéia, quem participou da decisão?
3. Quando começaram a usar?
4. Implementaram sozinhos ou com ajuda? (Se sozinhos vá à seção de Implementação).
5. Se foi com ajuda, quem ajudou e como entraram em contato com eles?

## **Implementação**

1. Quais os principais passos da implementação?
2. Quanto tempo levou cada passo?
3. Quais os principais problemas de cada passo?
4. Como os problemas foram resolvidos e em quanto tempo?
5. Quem foi envolvido na implementação?
6. Quanto tempo para começar a ter resultados?
7. Que resultados?
8. Qual foi o custo da implementação?

## **Realidade atual**

1. A empresa está satisfeita com o TPC? Ela atingiu o que se esperava quando se tomou a decisão de implementá-lo?
2. Quem está envolvido na continuidade do TPC?
3. O que falta no TPC? Sugestões para melhorar a implementação da teoria.
4. Fez algumas adaptações ao TPC? Quais?
5. Usa software na programação? (Se não usa, vá à seção de Resultados)

6. Qual software?
7. Como foi integrado ao TPC?
8. Quanto tempo levou para implementá-lo?
9. Qual o custo do software da sua implementação ?
10. Você acha que ele melhorou o desempenho do TPC?
11. Ele está linkado com algum outro sistema?

## **Resultados**

1. Qual era o *leadtime* dos produtos antes da implementação do TPC? E hoje?
2. Qual era o desempenho das datas de entrega antes da implementação do TPC? E hoje?
3. De quanto aumentou o valor das entregas? Quanto era? E hoje?
4. Qual era a capacidade produtiva da empresa antes da implementação do TPC? E hoje?
5. Qual era o nível do estoque de matéria-prima, produtos em processo e produtos acabados antes da implementação do TPC? E hoje?
6. Quanto era o faturamento em US\$/pessoa/ano? E hoje?

7. A lucratividade da empresa aumentou depois da implementação do TPC? (Se sim vá à pergunta 8, se não vá à pergunta 9)
8. Você acha que esse aumento foi exclusivamente devido ao TPC? (vá à seção Teoria x Realidade)
9. Você acha que o TPC foi responsável por isso?

### **Teoria x realidade**

1. O TPC ainda é usado? (Se ainda for usado vá a pergunta 4)
2. Por que deixou de ser usado?
3. Quando deixou de ser usado? (Vá à pergunta 9)
4. Qual o RRC da sua fábrica?
5. Como faz a sua programação?
6. Quantos pulmões há na fábrica?
7. Como faz o gerenciamento de pulmões?
8. Como faz a subordinação, como libera a matéria-prima?
9. Mudou alguma coisa no fluxo interno (lote de transferência )?
10. Teve de trocar alguma medida de desempenho das máquinas/operadores?

11. Como fez para resolver o problema das eficiências locais?
12. A empresa ainda usa contabilidade de custos para tomar decisões? (precificação, decisões de investimentos, etc.)
13. Que outras vantagens há no TPC e que ainda não falamos?
14. Que outras desvantagens há no TPC e que não falamos?
15. Já usou os Processos de Raciocínio da TOC?
16. Existe ainda algum processo de melhoramento contínuo? (Redução de pulmões, redução de tempo de passagem, redução de *setup*, manutenção total produtiva, etc.)

### **Ambiente externo**

1. Conseguiram influenciar alguns fornecedores? Se sim, como?
2. Conseguiram influenciar outras empresas? Se sim, como?
3. Houve alguma mudança nas políticas de vendas/marketing por causa do TPC?

### **Existem outros comentários que gostaria de fazer?**

## 2. JOGO DE DADOS

O jogo de dados é usado pelas empresas para passar os conceitos básicos do TPC para seus funcionários. Toda a mão-de-obra direta é treinada com esse jogo. O treinamento leva 2 horas por turma e cada turma é composta de 20 pessoas.

Para ministrar esse treinamento a empresa treina multiplicadores, que então irão treinar os demais funcionários da empresa.

O jogo de dados é uma simulação de uma linha de produção muito simples. Essa linha produz apenas um produto e tem no máximo 7 recursos e no mínimo 5. Cada pessoa que participa do treinamento é um recurso. A demanda pelo produto é de 70 unidades por mês (cada mês tem 20 dias.)

O produto é geralmente representando por cliques de papel. A capacidade dos recursos é dada por dados. Cada pessoa recebe um certo número de dados com capacidades e flutuações estatísticas definidas. Cada jogada do dado é um dia de produção. Eles jogam os dados para definirem a sua capacidade para o dia. Todos devem jogar os dados ao mesmo tempo.

O jogo tem duas fases. Na primeira fase é simulada uma linha de produção com capacidade balanceada. Como a empresa tem de vender 70 unidades em 20 dias, ela deve ter uma capacidade de 3,5 peças por dia. Então, todos os recursos (pessoas) começam com um dado cada, que resulta em uma capacidade média por recurso de 3,5 peças por dia<sup>64</sup>.

Para começar a simulação, as pessoas devem estar sentadas uma do lado da outra, com uma mesa à sua frente para que o estoque em processo possa fluir entre elas.

---

<sup>64</sup>  $(6+5+4+3+2+1) / 6 = 3,5$ .

Para começar, é necessário determinar o estoque em processo inicial. Entre todas as operações deve haver um estoque em processo de 4 cliques. Assim, se houver 5 recursos, teremos um estoque de 16. Para a primeira operação deve haver um número muito grande de peças disponíveis, para nunca haver falta de matéria-prima.

Cada participante deve receber uma folha para anotar seus resultados. A folha deve ter as seguintes colunas:

Dia	Estoque em Processo	Capacidade (resultado do dado)	Produção
1	4		
..			
Total		A	B

A primeira coluna informa o dia que está sendo simulado. A segunda coluna informa o estoque em processo (que, conforme já foi visto, no primeiro dia é de 4 peças). A terceira coluna deve ser preenchida com o resultado do dado para aquele dia. Na última coluna deve ser registrada a quantidade efetivamente transferida para o próximo recurso nesse dia. Para preencher esta coluna deve se ter cuidado, pois só se pode transferir para o próximo recurso o estoque que está disponível, o que quer dizer que se a pessoa tem 4 peças disponíveis e tira 5 no dado, só poderá mover 4. O inverso também acontece, a pessoa tem 4 peças disponíveis mas tira 2 no dado, então só poderá mover 2 peças.

O multiplicador deverá coordenar a simulação, verificando que todos estão anotando corretamente os resultados e ditando o ritmo. Isto é, ele deve dizer quando todos devem jogar os dados, simultaneamente.

Antes de começar a primeira simulação, o multiplicador deve pedir para as pessoas fazerem uma projeção dos resultados. Eles devem projetar a quantidade de estoque em processo e a quantidade de peças vendidas depois de 20 dias. A projeção que

eles farão será em torno de 16 unidades para o estoque em processo (sem mudanças) e uma venda de 70 peças.

O jogo tem início quando cada jogador estiver de posse de um dado, da sua folha de anotações e do seu estoque em processo. O primeiro jogador deverá ter também a matéria-prima disponível.

O que vai acontecer nessa primeira simulação é que o estoque em processo aumentará muito e eles não conseguirão vender 70 unidades (vão vender por volta de 60). O que o multiplicador precisa fazê-los concluir é que isso aconteceu porque as capacidades estavam balanceadas, o que fazia com que quando qualquer um tirasse um resultado baixo no dado, todos os outros estariam limitados a esse resultado. Em outras palavras, “...a acumulação das flutuações estatísticas limita a produção da fábrica como um todo ao menor resultado individual dos recursos.”<sup>65</sup>

Isso faz com que, quando há um balanceamento de capacidade dos recursos, a capacidade da linha como um todo é menor que a capacidade média dos recursos. Isso também faz com que entrem mais peças do que saem, o que aumenta o estoque em processo.

O que os participantes do jogo precisam perceber com essa simulação é a necessidade de haver uma restrição e que os demais recursos devem ter capacidade maior que a restrição.

Depois que a afirmativa acima estiver clara para todos, porém não totalmente aceita, é iniciada a segunda fase da simulação utilizando um recurso com menor capacidade que os outros. O artifício usado neste jogo é aumentar a capacidade de todos os recursos da linha menos de um. Todos os outros recursos (pessoas) terão 2 dados, o que dá uma capacidade média de 7 peças por dia.

---

<sup>65</sup> CORBETT, T.N. Contabilidade.... p. 183.

A restrição deve ser a pessoa sentada no meio da linha. Ela irá continuar com apenas um dado. Assim, a restrição estará identificada por todos. Também deve-se mudar o estoque em processo inicial. Ao invés de ter estoque em processo em todo lugar, deve-se concentrá-lo apenas antes da restrição (10 peças) e antes do último recurso (8 peças)<sup>66</sup>.

O primeiro recurso também deve trabalhar de forma diferente. Ao invés de ter um estoque ilimitado de matéria-prima, ele terá acesso a uma média de 3,5 peças por dia (em um dia serão liberadas 4 peças, no seguinte 3 peças e assim por diante).

Eles usarão a mesma folha de resultados e a dinâmica do jogo será a mesma. Antes de começar a segunda simulação, eles devem fazer previsões para o estoque em processo e para as vendas. Essas previsões deverão ser de 70 peças de vendas e de manter o estoque em processo constante.

A simulação comprovará que essa nova metodologia dá resultado e o multiplicador deve explorar isso para mostrar os conceitos básicos do TPC. Na segunda simulação haverá mais vendas e o estoque em processo não deverá crescer, mas também é muito importante mostrar que houve controle. É importante que percebam que na segunda simulação conseguiram realizar o programado e que na primeira não.

Na conclusão é muito importante explorar a medida de eficiência local. Quando se calcula a eficiência dos recursos na primeira simulação<sup>67</sup> e se compara com a eficiência dos recursos na segunda simulação, percebe-se que, apesar de a segunda simulação ter dado um resultado melhor, suas eficiências locais foram bem menores. O que mostra que essa medida não deve ser usada, pois ela prejudica o desempenho da fábrica.

---

<sup>66</sup> Os números do estoque em processo dependem do número de pessoas em cada linha. Os números dados aqui são para uma linha de 5 pessoas.

<sup>67</sup> Para fazer isso basta somar a última coluna da folha de resultados e dividir essa soma pela capacidade nominal do dado (que na primeira situação é de 70 peças para os 20 dias).