

# TEORIA DAS RESTRIÇÕES: UMA ANÁLISE DAS AÇÕES DE MELHORIAS NECESSÁRIAS PARA LEVANTAR A CAPACIDADE DAS RESTRIÇÕES

**José Antônio Valle Antunes Junior**

Professor do Programa do PPGEP/UFRGS e Sócio-Gerente da PRODUTTARE Consultores Associados.  
Endereço: Rua 24 de outubro, 111/cj.1103, CEP: 90510-002 E-mail: junico@produttare.com.br

**Luís Henrique Rodrigues**

Pesquisador do CEPA/UFRGS e Sócio-Gerente da PRODUTTARE Consultores Associados. Endereço: Rua 24 de outubro, 111/cj.1103, CEP: 90510-002 E-mail: lhr@produttare.com.br

## **Abstract:**

*This paper discusses the Theory of Constraints as a process of ongoing improvement. It takes a particular interest in how to improve capacity in the bottleneck resource. Finally, this improvements are analysis in terms of their practical applications.*

**Área:** Gerência da Produção/Modelo de Gestão

**Keys Words:** Theory of Constraints (TOC), Industrial Engineering, Continuous Improvement.

## **1) INTRODUÇÃO**

O presente artigo insere-se no contexto da discussão chamada Teoria das Restrições (TOC) desenvolvida originalmente por Goldratt. O trabalho procura sistematizar um conjunto prático de ações necessárias para a implantação do passo 4 da Teoria das Restrições – levantar a capacidade das restrições – que é central dentro do processo de aprimoramento contínuo proposto pela TOC. O desenvolvimento do artigo parte de uma descrição sucinta dos 5 passos da Teoria das Restrições. Posteriormente, foca suas preocupações nas questões relativas as técnicas necessárias para levantar a capacidade das restrições nos sistemas produtivos.

## **2) OS 5 PASSOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES: UMA APRESENTAÇÃO SUCINTA**

Goldratt propõe para a construção da TOC um pequeno número de Princípios (hipóteses) gerais, a partir dos quais tornar-se-ia possível derivar uma série de conseqüências práticas a partir de diferentes situações da realidade empírica em estudo, ou seja, a partir de diferentes condições de contorno do problema a ser equacionado. Partir da necessidade de formulação e explicitação de uma meta global para o sistema Empresa - objeto principal em análise - é o caminho proposto pela TOC. Goldratt (1996) parte de uma lógica de sistemas o que pode ser explicitado pela famosa frase 'A soma dos ótimos locais é diferente do ótimo global do sistema'. A partir de uma ótica baseada na visão de sistemas, Goldratt utiliza a lógica da indução socrática como forma de aprendizado para chegar ao estabelecimento da meta global da Empresa, meta esta à qual o Subsistema de Produção deve subordinar-se e apoiar estrategicamente. Segundo Goldratt & Cox (1986) a meta da Empresa consiste em ganhar dinheiro hoje e no futuro. Porém, esta meta é inviável

de ser mensurada diretamente. Torna-se necessário interrelacionar a meta da Empresa com os indicadores. Os indicadores, como a própria palavra diz, devem ‘indicar’ se determinada ação gerencial tomada no âmbito da Empresa está/ou não levando a organização no sentido do atingimento da meta. Desta forma, torna-se necessário a criação e definição de indicadores que possam auxiliar, tanto qualitativa como quantitativamente, na esfera da tomada de decisões da Empresa. Goldratt propõe então o desdobramento da meta em dois níveis de indicadores: os Indicadores Globais e os Indicadores Operacionais de alcance da meta. Os chamados Indicadores Globais são: o Lucro Líquido - LL, o Retorno Sobre o Investimento - RSI e o Caixa - C. Por que este conjunto de três indicadores? O Lucro Líquido se constitui em um medidor absoluto. Portanto, ele é insuficiente na medida em que duas Empresas que tenham o mesmo Lucro Líquido mas diferentes investimentos envolvidos terão desempenhos econômico-financeiros distintos. Sendo assim, Goldratt propõe o uso conjunto do Retorno Sobre o Investimento, que é um medidor relativo, genericamente obtido pela divisão do Lucro Líquido pelo Investimento. Os dois indicadores acima explicitados não são suficientes por si só na medida em que torna-se necessário garantir que as condições financeiras da Empresa também estejam convenientemente solucionadas. Desta forma aparece a lógica do Caixa. Um trocadilho explicita bem a idéia da importância do medidor global Caixa: ‘Se o Caixa está bem o Caixa não é importante, se o Caixa está comprometido então o Caixa é o mais importante (indicador)’. Uma Empresa com problemas contínuos de Caixa, embora possa estar bem posicionada no curto-prazo do ponto-de-vista econômico, no médio e longo prazo poderá ter seus resultados comprometidos pelas condições financeiras inevitavelmente equacionadas no curto-prazo. Em países onde as taxas de juros são altas quando comparadas com os padrões internacionais a problemática do Caixa apresentará uma importância relativamente maior.

Porém, uma questão ainda é importante. Na medida em que os Indicadores Globais são medidos nos níveis hierárquicos elevados da Empresa, por exemplo o nível da corporação nas grandes Empresas japonesas e americanas, como ligar as decisões gerenciais do dia-a-dia da organização com os Indicadores Globais? Visando responder de forma objetiva esta questão Goldratt & Cox (1986) propõe três Indicadores Operacionais que são: o Ganho, os Inventários e as Despesas Operacionais. Neste momento Goldratt explicita teoricamente uma clara divisão conceitual entre o ‘Mundo do Ganho’, a partir do Indicador Operacional Ganho, e o ‘Mundo dos Custos’, a partir dos Indicadores Operacionais Inventários e Despesas Operacionais. Goldratt (1996) propõe que a Empresa deve privilegiar o ‘Mundo dos Ganhos’ em relação ao ‘Mundo dos Custos’. A justificativa é que não há “qualquer limitação intrínseca” para aumentar o Ganho nas Empresas (Goldratt, 1996, p.55). Desta forma o indicador local Ganho é considerado “o primeiro lugar na escala de importância” da Teoria das Restrições (Goldratt, 1996, p. 55). Entre os dois indicadores do ‘Mundo dos Custos’, Goldratt propõe que a redução dos Inventários é mais importante do que a redução das Despesas Operacionais. Por que? Goldratt (1996) diz que os japoneses mostraram ao mundo a importância que a redução do inventário, em particular a redução dos inventários de produtos acabados e em processo, tem para incrementar os Ganhos futuros nas Empresas. Isto ocorre em função de uma série de impactos que a redução de Inventários tem nos Sistemas Produtivos como um todo, tais como: melhoria da qualidade intrínseca dos produtos, entrega dos produtos no prazo negociado com os clientes (atendimento), diminuição do tempo de atravessamento na Fábrica (*lead-time*) com a conseqüente redução dos prazos de entrega, aumento da flexibilidade em relação à alteração no *mix* de produção e da entrada de novos produtos, aumento da rotatividade dos Inventários com as óbvias conseqüências financeiras daí advindas. Goldratt diz que “o inventário quase determina a futura habilidade de uma Empresa em competir em seus mercados” (Goldratt, 1996, p. 56). Já Despesas

Operacionais seria um indicador do 'Mundo dos Custos', menos importante do ponto-de-vista relativo. Goldratt (1996) demonstra que a redução dos Inventários são mais importantes que a redução das Despesas Operacionais na medida em que, embora o primeiro indicador só **melhore diretamente** o RSI e o C e o segundo melhore o LL, o RSI e o C, a redução de Inventário implica, por um lado em um incremento dos Ganhos futuros, e por outro na redução futura das Despesas Operacionais. Sendo assim, a consequência indireta da redução dos Inventários consiste em aumentar no futuro o LL, RSI e C. Como se verá na seqüência a proposição de Goldratt relativamente aos Indicadores Globais e Operacionais e da interligação entre estes indicadores respalda objetivamente as proposições teóricas e práticas do STP de forma particular e os SPEZ de forma geral.

Visando atingir a meta nas Empresas industriais a TOC propõe a utilização de cinco passos globais descritos sucintamente a seguir:

- Passo 1 - Identificar a(s) restrição(ões) do sistema. As restrições podem ser internas ou externas. Quando a demanda total de um dado *mix* de produtos é maior do que a Capacidade da Fábrica diz-se que tem-se um gargalo de produção. Trata-se de uma questão estrutural do sistema produtivo. Cabe ressaltar que, neste caso, a Capacidade da Fábrica é igual à capacidade do(s) gargalo(s). Quando a capacidade de produção é superior à demanda de produção a restrição é externa ao Sistema Produtivo, ou seja, a restrição está relacionada com o mercado.
- Passo 2 - Utilizar da melhor forma possível a(s) restrição(ões) do sistema. Se a restrição é interna à Fábrica, ou seja se existe(m) gargalo(s), a melhor decisão consiste em maximizar o Ganho no(s) gargalo(s). No caso da restrição ser externa ao sistema em um dado tempo não existem gargalos na Fábrica e, portanto, o Ganho estará limitado pelas restrições do mercado. Observe que neste passo trabalha-se conjuntamente e de forma associada com as restrições físicas do sistema e a lógica dos Indicadores de Desempenho. Os passos 1 e 2 estão diretamente relacionados com o chamado 'Mundo dos Ganhos'.
- Passo 3 - Subordinar todos os demais recursos à decisão tomada no passo 2. A lógica deste passo, independentemente da restrição ser externa ou interna, consiste no interesse de reduzir ao máximo os Inventários e as Despesas Operacionais e ao mesmo tempo garantir o Ganho teórico máximo do Sistema de Produção, definido a partir da utilização do passo 2. A redução ao máximo dos Inventários e Despesas Operacionais depende de uma gestão eficaz da lógica dos estoques visando a redução sistemática dos mesmos. Garantir o máximo Ganho depende da redução da variabilidade do sistema o que pode ser também conseguido pela correta gestão dos estoques. As preocupações do passo 3 estão baseadas no chamado 'Mundo dos Custos', embora uma parte das preocupações, mais especificamente a redução da variabilidade do gargalo e dos CCRs, também seja importante para suportar melhorias no 'Mundo dos Ganhos'.
- Passo 4 - Elevar a capacidade da(s) restrição(ões). Se a restrição for interna (gargalo) a idéia consiste em aumentar a capacidade de produção dos gargalos. Este passo pode ser levado adiante via uma série de ações físicas sobre o sistema, por exemplo, compra de máquinas (recursos), redução dos tempos de preparação no gargalo, etc... Se as restrições forem externas são necessárias ações diretamente vinculadas ao aumento da demanda no mercado e/ou a política de preços. Isto pode implicar, por exemplo, em ações de marketing via a segmentação de mercados, alteração no preço dos produtos baseados na lógica de elasticidade de demanda, criação de novos produtos, etc... Novamente é um passo diretamente relacionado ao chamado 'Mundo dos Ganhos'.
- Passo 5 - Voltar ao passo 1, não deixando que a inércia tome conta do sistema. Ao levantar-se a(s) capacidade(s) da(s) restrição(ões), um dado Sistema Produtivo So tornar-se-á um Sistema Produtivo genérico Sk. Isto implica na necessidade de analisar

novamente o sistema como um todo. Os passos 4 e 5 são muito importantes porque deixam claro o caráter de melhorias contínuas buscadas na TOC. Na lógica da TOC as melhorias não devem ter fim, ou seja, a TOC visa um processo de mudanças contínuas visando o atingimento permanente e sistemático da meta global do sistema.

### 3) A TOC: RESTRIÇÕES INTERNAS E EXTERNAS AO SISTEMA PRODUTIVO

De forma geral, pode-se dizer que as Empresas podem ter suas restrições ligadas ao mercado - restrições externas ao sistema produtivo, ou podem ter suas restrições ligadas internamente à produção - restrições internas ao sistema produtivo.

Nas Empresas onde as restrições estão ligadas ao mercado, as ações de vendas e Marketing devem ser privilegiadas. O objetivo central da estratégia a ser desenvolvida consiste em “aumentar a demanda pelos produtos da Empresa” (Umble & Srikanth, 1990, p. 179). No entanto, o fato de a demanda do mercado ser menor do que a capacidade produtiva **não implica que uma atuação no sistema produtivo não seja importante.**

Na verdade deve-se procurar adotar ações concretas na Fábrica visando:

- Reduzir os custos globais de produção, ou seja, reduzir o somatório das Despesas Operacionais e dos Inventários da Fábrica;
- Entregar todos os produtos dentro do prazo negociado com os clientes;
- Reduzir os tempos de atravessamento globais da Fábrica via, por exemplo, Técnicas de programação adequadas e a redução dos tempos de preparação;
- Melhorar a capacidade de responder rapidamente às flutuações da demanda do mercado, ou seja, aprimorar a flexibilidade do *mix*;
- Preparar a Fábrica para introduzir rapidamente os novos produtos desenvolvidos, ou seja, flexibilizar a Empresa no que tange a alteração e introdução de novos produtos.

Se medidas efetivas forem tomadas, de acordo com as postulações descritas acima, os sistemas de produção oferecerão importantes contribuições para o estabelecimento de uma estratégia apropriada para a Empresa.

Segundo Umble & Srikanth (1990) as Empresas com restrições internas podem não atender as demandas reais de produção por três razões básicas:

- a) Não ter capacidade de fabricar uma quantidade de produtos suficientes para atender a demanda total do mercado;
- b) Pode ocorrer de existirem longos tempos de atravessamento (*lead-time*) devido à existência de *backlogs* de produção;
- c) Muitas vezes não pode, de forma consistente, cumprir os prazos de entrega previamente estipulados.

Do ponto-de-vista do autor deste trabalho as duas últimas razões apontadas por Umble & Srikanth (1990) relacionam-se com a gestão dos chamados Recursos com Capacidade Limitada (CCRs), mais especificamente com as questões relacionadas a programação da produção. Para fins do Subsistema de Melhorias, o mais importante consiste em atacar a questão da capacidade de acordo com a utilização da regra 4 da TOC.

### 4) AÇÕES PRÁTICAS VISANDO LEVANTAR A CAPACIDADE DAS RESTRIÇÕES: UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO

As seguintes ações genéricas podem ser levadas adiante para aumentar de forma efetiva a capacidade das restrições:

- **Eliminar todos os períodos de tempo morto no gargalo** (Umble & Srikanth, 1990, p. 180). É preciso compreender que uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo o sistema. Sendo assim, não devem acontecer parada(s) nos gargalo(s) por razões

tais como: folgas para o almoço, troca de turnos, *coffe breaks*, ginástica laboral, folgas ligadas a questões ergonômicas, etc... É evidente que as folgas ligadas à ergonomia (fadiga, higiênicas, etc..) devem ser consideradas. O que deve ser proposto é uma forma de não parar o gargalo quando os operadores tiverem que parar a produção por razões relacionadas com ergonomia.

- **Redução dos tempos de preparação de máquinas.** Os esforços no sentido de reduzir os tempos de preparação, por exemplo via a utilização da Técnica SMED (ou variantes da mesma) devem privilegiar o(s) gargalo(s) de produção (Antunes & Rodrigues, 1993; Umble & Srikanth, 1990).

- **Tempo total gasto em Set up.** Essa questão deve ser entendida a partir dos dois principais componentes desse tempo:

$$\text{TTSU} = \text{Tempo Unitário de Set up} \times \text{Número de set ups}$$

Considerando uma situação onde o tempo unitário de set up seja 10 horas e apenas um set up seja realizado por dia, e outra situação onde o tempo unitário de set up seja de 1 hora e 10 set ups sejam realizados por dia, pode-se dizer que nos dois casos o TTSU será de 10 horas/dia. Porém, a relação de efeito-causa-efeito são totalmente distintos. Na primeira situação, o incremento de capacidade do gargalo se dará através de mudanças de Engenharia Industrial (Troca Rápida de Ferramentas). Na segunda o ganho poderá ser obtido através de um melhor Planejamento e Controle da Produção (PCP), através da agregação de lotes de mesmo produto. Em termos de consequência, a segunda situação possibilita um maior flexibilidade de produção em virtude do maior número de set ups.

- **Estudo da confiabilidade do Gargalo.** Um dos objetivos de um estudo de confiabilidade é buscar uma relação entre o nível de atividade de um certo recurso e a sua confiabilidade, buscando conhecer os fenômenos associados a essa correlação a fim de melhorá-los. Assim sendo, um estudo detalhado da confiabilidade das máquinas gargalo deveria em um primeiro momento definir um nível de atividade ótimo desses recursos. Esse nível deve considerar o *trade off* entre a ociosidade da máquina gargalo em relação ao percentual de refugo considerando um determinado nível de utilização. Em um segundo momento, essa relação deveria ser detalhada visando a melhoria da confiabilidade dos recursos em maiores níveis de utilização.
- **Melhoria dos tempos de processamento por unidade.** Deve-se encetar esforços para melhorar os tempos de processamento unitários no gargalo via a melhoria contínua nos métodos de trabalho e na melhor utilização possível do potencial dos equipamentos.
- **Melhorias no sistema de alimentação de máquinas.** Em alguns casos a velocidade de alimentação das máquinas é inferior à velocidade de processamento das máquinas. Ou seja, existe uma dessincronia entre a velocidade de alimentação e do processamento em si da máquina. Neste caso, melhorar a alimentação dos equipamentos implica em aumentar a produtividade horária do sistema alimentação/processamento.
- **Melhorar o controle de qualidade do sistema** (Umbel & Srikanth, 1990). Teoricamente nenhuma peça deve ser refugada ou retrabalhada no circuito que vai do(s) gargalo(s) até o mercado. Para isto a estratégia utilizada para garantir a qualidade do produto deve ser concebida de tal forma que: i) não seja processada nenhuma peça defeituosa no gargalo o que, de forma geral, justifica adotar uma inspeção 100% imediatamente antes do gargalo; ii) Assegurar que todas as peças que passam pelo gargalo gerem Ganho para a Empresa, ou seja, que a produção de defeitos e retrabalhos pós-gargalo sejam igual a zero.
- **Subcontratação/Terceirização de trabalho no gargalo.** Implica em subcontratar/terceirizar uma parte da produção anteriormente feita pelo gargalo.
- **Comprar capacidade adicional** (Umbel & Srikanth, 1990). A compra de capacidade adicional pode se dar das seguintes maneiras básicas: comprando nova(s) máquina(s),

contratando novos trabalhadores para o gargalo, utilizando horas extras dos trabalhadores no gargalo ou adicionando turnos.

- **Realocação de parte das operações anteriormente feitas no gargalo para outras máquinas não gargalo que estejam operando com supercapacidade.** Em muitos casos, uma operação gargalo é constituída de um conjunto de operações menores (suboperações). Algumas destas suboperações podem ser realizadas em outras máquinas que não são gargalo, reduzindo assim o tempo de processamento unitário por peça da máquina gargalo.
- **Uso de equipamentos alternativos para produzir peças processadas no gargalo** (Bercht, 1996). Esta lógica pode ser utilizada sempre que houver a disponibilidade de máquinas que possam realizar todas as operações da máquina gargalo.
- **Melhoria na manutenção da(s) máquina(s) gargalos.** O objetivo de atuar para melhorar a manutenção da(s) máquina(s) gargalo(s) consiste em aumentar o coeficiente médio de utilização do(s) recurso(s) críticos da Fábrica. É preciso considerar a necessidade de reduzir as paradas não planejadas do(s) gargalo(s) e reduzir, o máximo possível, o tempo global das paradas planejadas cujo tempo possa influenciar no Ganho total do Sistema de Produção.
- **Melhoria no processo de fabricação das máquina(s) gargalo(s).** Em muitos casos aumentar a produtividade horária do(s) gargalo(s) implica em alterar o próprio processo de fabricação atualmente adotado.

É preciso considerar dois aspectos importantes relacionados com as ações acima: o tempo de execução da melhoria e os recursos envolvidos nas melhorias.

Em alguns casos o tempo para a execução da melhoria é pequeno como, por exemplo, eliminar o período de tempos mortos no gargalo e comprar capacidade adicional via horas extras. Em outros casos o tempo de execução das melhorias é grande como, por exemplo, algumas ações no campo da manutenção e a melhoria no processo de fabricação.

Os recursos envolvidos nas melhorias podem ser muito reduzidos como, por exemplo, algumas ações para reduzir os tempos de preparação, para melhorar a alimentação das máquinas e para evitar os tempos mortos no gargalo. Nestes casos, torna-se desnecessário realizar qualquer tipo de avaliação de investimentos. Em outros casos, os recursos envolvidos podem ser consideráveis como, por exemplo, aquisição de novos equipamentos, alterações de processos, certas ações para reduzir os tempos de preparação. Nestes casos, em geral, torna-se necessário a realização de uma avaliação de investimentos para verificar a viabilidade econômica da proposição técnica envolvida. Em grandes linhas, quando da existência real de restrições internas, essa análise de investimento deverá observar o ganho incremental/marginal decorrente do investimento específico.

De uma forma genérica, pode-se dizer que deve-se priorizar as ações que demandem menos tempo de execução e recursos financeiros. Após uma análise dos resultados obtidos via as ações que demandam pouco tempo e recursos, pode-se partir para as soluções mais complexas em termos técnicos, de tempo de execução e econômicos.

Finalmente, cabe ressaltar que pode-se pensar em outras alternativas para aumentar o Ganho das Empresas. Por exemplo, desenvolver novos produtos e/ou componentes que não passem pelo(s) gargalo(s) da Fábrica, visando aproveitar as eventuais supercapacidades da máquina(s) não gargalo.

## 5) CONCLUSÕES

O presente artigo centrou suas preocupações nos aspectos relativos ao aprimoramento contínuo dos sistemas produtivos a partir das concepções expostas na chamada Teoria das Restrições – TOC desenvolvidas originalmente por Goldratt. O

trabalho apresentou um conjunto sistemático de ações objetivas visando colocar em prática o passo 4 da TOC. Tal tipo de sistematização parece importante no sentido de entabular ações práticas de aprimoramento contínuo nas empresas, tendo como base um foco permanente nas restrições (internas e externas) nos sistemas produtivos.

## 6) REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANTUNES, J.A.V. & RODRIGUES, L.H. *A Teoria das Restrições como Balizadora das Ações Visando a Troca Rápida de Ferramentas*. Revista Produção, volume 3, número 1, pp.73-86, 1993.

BERCHT, M. *Plano Agregado Estratégico de Produção*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1996.

GOLDRATT, E.M. & COX, J.F. *A Meta*. Editora do IMAM, São Paulo, 1986.

GOLDRATT, E.M. & FOX, R.E. *A Corrida pela Vantagem Competitiva*. Editora Educator, São Paulo, 1989.

GOLDRATT, E.M. *What Is This Thing Called Theory of Constraints and How It Should Be Implemented?*. New York, North River Press, 1990.

GOLDRATT, E.M. *A Síndrome do Palheiro - Garimpendo Informações num Oceano de Dados*. Editora Educator, São Paulo, 1996.

NUCTEC/PPGEP/UFRGS. *Relatório do Trabalho de Aplicação de Técnicas de Engenharia de Produção em 34 Pequenas e Micro Empresas do Estado do RS*. Relatório Não Publicado, Porto Alegre, 1994.

SEBRAE/RS, *O Caminho das Pedras - Exemplos de Parcerias*. Série Empreendedor, Edição do SEBRAE/RS, Porto Alegre, 1995.

SRIKANTH, M.L. & UMBLE, M.M. *Synchronous Management: Profit-Based Manufacturing for the 21<sup>st</sup> Century*. The Spectrum Publishing Company, volumes I e II, Guilford, Connecticut, 1997.

UMBLE, M.M. & SRIKANTH, M.L. *Synchronous Manufacturing*. South-Western Publishing CO. , Cincinnati, 1990.