

# **Aplicação da Teoria das Restrições na criação e implementação de um modelo de medição de desempenho atrelado à remuneração**

Cesar Augusto Campos de Araujo (EESC-USP) [cesar@hominiss.com.br](mailto:cesar@hominiss.com.br)  
Antonio Freitas Rentes (EESC-USP) [rentes@sc.usp.br](mailto:rentes@sc.usp.br)

## **Resumo**

*Este trabalho apresenta uma aplicação do processo decisório da Teoria das Restrições para a identificação, e elevação do ritmo de produção de um recurso restritivo. Esta aplicação foi feita em uma indústria moveleira com grande variedade de modelos, criando-se um sistema de avaliação de desempenho baseado no nível de produtividade do recurso gargalo atrelado ao sistema de remuneração.*

*Palavras chave: Restrição, Produção, Avaliação.*

## **1. Introdução**

Nos últimos anos vem se destacando casos de sucesso relacionados com a busca constante, por parte das organizações, por uma maior excelência em sua gestão. A avaliação de desempenho e o gerenciamento dos recursos restritivos ocupam um papel fundamental no processo de gestão, com o objetivo de aumento de produtividade e obtenção de vantagem competitiva.

Este artigo apresenta a aplicação do processo decisório da Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*) em uma indústria do setor moveleiro. A TOC, criada pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, pode ser entendida como uma filosofia de gerenciamento global, uma vez que consiste em uma série de princípios para a otimização da organização como um todo.

O objetivo desta aplicação é o de fornecer uma ferramenta que permita indicar uma visão efetiva do desempenho da unidade organizacional, permitindo assim uma tomada de decisão para melhores resultados globais.

A seguir é feita uma breve apresentação deste Processo decisório, e suas fases, que servem de base para a formulação e desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho atrelado à remuneração, o qual é apresentado na seqüência do artigo.

Por fim, são apresentadas as considerações finais e a bibliografia utilizada no trabalho.

## **2. A Teoria das Restrições**

De acordo com os pressupostos presentes na Teoria das Restrições, restrição é qualquer coisa que limita um sistema em atingir maior desempenho em relação a sua meta (GOLDRATT, 1991). Estas restrições podem ser físicas, como uma máquina com baixa capacidade produtiva, número de empregados abaixo do ideal, demanda de mercado insuficiente; ou não físicas como, por exemplo, restrições derivadas de políticas adotadas pela organização, posturas comportamentais e posturas culturais.

CORBETT NETO (1997) sugere a TOC como sendo uma das grandes revoluções na administração, abandonando o paradigma mecanicista da administração científica, passando a encarar empresas e organizações como sistemas dinâmicos.

O processo decisório da Teoria das Restrições foi descrito por GODRATT & COX (1995), fornecendo um procedimento simples para lidar com elementos restritivos em um sistema. São eles:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema: objetiva identificar o que limita o desempenho organizacional;
2. Explorar a(s) restrição(ões) do sistema: o passo seguinte prega a exploração, da melhor maneira possível, da restrição anteriormente identificada. Sem que, neste momento, busque-se grandes investimentos no sentido da eliminação total desta restrição;
3. Subordinar tudo à decisão anterior: os demais recursos devem fornecer o necessário, nem mais nem menos, daquilo que a restrição precisa consumir. Evitando-se, dessa forma, o desperdício de recursos e eventuais perdas de ganhos;
4. Elevar a restrição do sistema: é o mesmo que aumentar a capacidade de processamento do recurso restritivo;
5. Se, nos passos anteriores, uma restrição for quebrada, voltar ao passo 1: caso o recurso em questão deixe de ser a restrição, faz-se necessário reiniciar o processo identificando qual o recurso que está, neste momento, restringindo o sistema;

Este procedimento é um processo de raciocínio que permite a avaliação dos impactos de decisões e ações locais no desempenho total do sistema produtivo (DETTMER, 1996). Este procedimento capacita gerentes e administradores a planejarem todo o processo de produção tendo como foco o gerenciamento das restrições, que causam maior impacto (COX & SPENCER, 1998).

Assumindo-se que todo processo produtivo possui elementos restritivos que limitam o fluxo do sistema como um todo, os demais elementos deste sistema possuem capacidade em excesso em relação à restrição.

A segunda etapa do processo decisório da TOC (explorar a restrição do sistema), implica em extrair o máximo desse tipo de recurso, impedindo a ocorrência de qualquer tipo de desperdício no recurso gargalo devido à falta de material, quebras ou paradas, etc.

Explorar a restrição também significa impedir que a mesma pare por falta de material para processar, devendo-se criar um pulmão (buffer) antes do recurso restritivo com a finalidade de protegê-lo contra as flutuações de variação de desempenho dos recursos derivada da confiabilidade dos equipamentos, índice de refugos e não-conformidades, etc. (GOLDRATT, 1991).

### **3. Descrição do Sistema Produtivo**

A empresa foco deste estudo de caso comercializa e fabrica móveis de madeira de alto padrão, possui cerca de cem funcionários, com tem uma produção média de quatrocentas e cinquenta peças por mês.

A política de atendimento predominantemente apresentada pela empresa é a MTO (Make-To-Order), na qual são mantidos estoques de matéria-prima a ser transformada, sendo que o produto final é feito somente contra um pedido firme do consumidor. Uma característica da empresa em questão é a grande variedade de peças, em número de modelos de móveis e de medidas compreendidas por cada um destes modelos.

Foi feito o mapeamento do processo produtivo, e a tabela 1, a seguir, apresenta os processos produtivos necessários à fabricação do um produto final, bem como o tempo de obtenção médio (*lead-time*), de cada um destes processos.

<b>Processo Produtivo</b>	<b>Lead-Time</b>	<b>Capacidade média de Produção</b>
Extração de Madeira	1 dia	35 peças/dia
Usinagem de componentes	2 dias	30 peças/dia
Montagem das peças	3 dias	23 peças/dia
Acabamento e Lustração	2 dias	30 peças/dia
Embalagem	1 dia	35 peças/dia
Expedição	1 dia	35 peças/dia

Tabela 1 – Processos produtivos e seu respectivo *lead-time*

#### 4. Aplicação

A seguir, apresentamos a descrição dos passos envolvidos na aplicação do processo decisório da TOC, bem como as ferramentas utilizadas em cada um destes passos.

1. Identificação da restrição do sistema: A partir do mapeamento do fluxo de valor, pode-se perceber que o processo de montagem figurava como sendo o recurso restritivo interno do sistema produtivo;

Na tabela 1, podemos perceber que a capacidade média de produção, expressa em número de peças por dia, do setor de montagem é inferior ao dos demais setores. O seu ritmo médio de produção é de 23 peças por dia, sendo que a extração, a embalagem e a expedição são capazes de processar 35 peças neste mesmo período.

Um patamar superior de taxa de produção também foi apontado nos processos de usinagem de componentes e de acabamento e lustração, com uma capacidade de processamento de 30 peças por dia.

O tempo de obtenção (*lead-time*) do processo de extração é de 1 dia, sendo que o *lead-time* dos demais processos (usinagem, acabamento e expedição e embalagem) é de 2 dias. No processo de montagem, o tempo programado para a entrega das peças é de 3 dias.

O principal ponto para que este processo apresente-se como gargalo deve-se ao fato de ser um trabalho relativamente especializado. Além disso, os rendimentos dos operadores deste setor apresentavam-se de forma superior aos daqueles dos demais setores fabris.

O sistema atual de avaliação de desempenho do processo de montagem baseava-se no apontamento do número de peças produzidas em cada semana, negligenciando a grande variedade de modelos e peças, bem como a grande variação de consumo de recurso em função do modelo montado. Este fato gerava extremo desconforto por parte dos operadores do chão-de-fábrica, que eram cobrados, de forma não diferenciada, por um determinado número de peças montadas por semana, sem que se levasse em consideração a complexidade envolvida na montagem destas peças.

2. Explorar a restrição do sistema: após a percepção de que o processo de montagem era o gargalo interno do sistema produtivo, fez-se uma identificação de oportunidades de melhoria, no sentido de explorar da melhor maneira possível a restrição apontada. Para isso, não havia o interesse de se realizar grandes investimentos como a compra de máquinas dedicadas ao processo ou a contratação efetiva de pessoal especializado.

Foi realizada a identificação da necessidade de implantação do SMD, bem como da relevância dos fatores positivos possivelmente resultantes da aplicação do mesmo, visando superar algumas das barreiras apontadas por Rentel (2000), para a condução de um processo de mudança.

Dentre os principais resultados positivos alcançados por esta etapa do processo, destacam-se: maior facilidade para criação de lideranças para o processo de mudança, formação de uma visão clara do processo de mudança a ser implementado e melhor alinhamento de objetivos.

O passo seguinte foi criar um parâmetro comum de avaliação de desempenho do setor de montagem. Foi criado um sistema de pontuação, no qual cada hora despendida na atividade de montagem da peça passou a ser equivalente a um ponto. Desta forma, peças com maior tempo médio de montagem passaram a ser pontuadas de forma diferenciada daquelas com menor uso do recurso restritivo da empresa.

Uma vez estabelecido o parâmetro de avaliação (pontos/hora), foi feito o levantamento do tempo de montagem das diversas peças presentes na programação de produção feita pela empresa. Este processo foi feito com o envolvimento de um número maior de pessoas, de diversos setores produtivos. Assim, o processo de criação do SMD passou a ser um processo de criação de confiança mútua entre estas pessoas (RENTEL, 2000).

Percebeu-se que o tempo de montagem das peças variava entre 1,5 hora e 18 horas, dependendo da complexidade do item. A partir desta constatação, foram criadas seis categorias de peças (A, B, C, D, E, e F), com tempo de montagem de 1,5, 3, 4,5, 7,5, 11 e 18 horas, respectivamente. Todas as peças produzidas nas últimas cinco semanas foram analisadas, procurando alocá-las em cada uma das categorias, de acordo com o tempo de processamento no setor de montagem. As percentagens relativas resultantes em cada uma das categorias (A, B, C, D, E e F) foram de 13%, 20%, 30%, 20%, 13% e 4%, respectivamente, conforme apresentado na tabela 2, a seguir:

<b>Categoria</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Pontuação</b>	1,5	3,0	4,5	7,5	11,0	18,0
<b>Quantidade de peças</b>	13%	20%	30%	20%	13%	4%

Tabela 2 – Pontuação e quantidade de peças presentes nas categorias criadas

O setor de montagem é formado por oito conjuntos de montadores e ajudantes, cada um deles com diferente grau de capacitação, de acordo com a qualificação para montagem de peças com maior ou menor complexidade. Dessa forma, o sistema de avaliação de desempenho deveria levar em consideração a variação de categoria quanto à produtividade esperada de cada um dos conjuntos.

Os montadores e ajudantes estavam divididos em três categorias funcionais (A, B, e C), baseadas no nível de experiência de cada um. O posicionamento destes em cada uma das categorias é relacionado ao ganho salarial correspondente. No quadro 1 temos a representação de como estavam distribuídos os conjuntos de montadores e ajudantes, e quais as famílias e categorias de peças que eram por eles operadas.

CONJUNTOS DE MONTAGEM			CATEGORIAS DE PEÇAS						FAMÍLIAS DE PEÇAS
Conjunto	Montador	Ajudante	A	B	C	D	E	F	
1	A	C				OP	OP	OP	Criados e Móveis
2	A	B				OP	OP	OP	Criados e Móveis
3	C	A	OP	OP	OP				Criados e Móveis
4	B	C			OP	OP			Criados e Móveis
5	C	A	OP	OP	OP				Criados
6	C	B	OP	OP	OP				Móveis
7	A	A	OP	OP	OP	OP	OP	OP	Camas
8	C	A	OP	OP	OP				Camas

OP = Normalmente Opera

Quadro 1 – Relação das peças montadas e a respectiva classificação dos conjuntos de montadores e ajudantes

Estabeleceu-se que um montador com classificação B deveria ser capaz de processar o equivalente à 1 ponto a cada hora, e os montadores classe A e C, deveriam montar 25% a mais e a menos, com relação à um montador classe B. A variação de pontos é a mesma relativa à variação salarial destas categorias.

Neste sentido, ficou estabelecido que um ajudante classe C não acrescentaria uma produtividade representativa ao trabalho do montador, uma vez que este ainda se encontra em fase de aprendizagem sobre o processo produtivo.

Feita esta análise para cada um dos oito conjuntos de montadores e ajudantes presentes, encontramos a seguinte configuração para o setor, apresentada na tabela 2, seguir:

Conjunto	Classif. do Montador	Ponto/Hora Ref. Montador	Classif. do Ajudante	Percentual de aumento ref. Ajudante	Quota (pontos/hora)	Meta (pontos/hora)
Conjunto 1	A	1,25	C	0,0%	1,250	1,750
Conjunto 2	A	1,25	B	12,5%	1,406	1,969
Conjunto 3	C	0,80	A	22,5%	0,908	1,372
Conjunto 4	B	1,00	C	0,0%	1,000	1,400
Conjunto 5	C	0,80	A	22,5%	0,980	1,372
Conjunto 6	C	0,80	B	12,5%	0,900	1,260
Conjunto 7	A	1,25	A	22,5%	1,531	2,144
Conjunto 8	C	0,80	A	22,5%	0,980	1,372

Tabela 2– Relação das quotas e metas por hora dos conjuntos de montagem

Percebeu-se que, uma vez que a diferenciação salarial estaria relacionada à capacidade produtiva do conjunto, o sistema de premiação deveria também estar atrelado ao sistema de remuneração vigente.

Na tabela 2, a coluna “Quota” representa a produtividade, expressa em pontos por hora, que o conjunto montador e ajudante deveria entregar de forma a “justificar” seu ganho salarial.

A coluna “Meta” representa um acréscimo de 40% em relação à quota, valor este fixado de forma arbitrária. O objetivo deste índice é sinalizar com horizontes maiores de ganho mesmo que já se tenha atingido a quota em um determinado período.

O sistema de remuneração passou a ser atrelado a estes índices baseando-se nas seguintes hipóteses possíveis com relação à produtividade do conjunto:

- 1o Caso: o conjunto fique com a produtividade abaixo da quota estipulada para o período: o saldo negativo acumula-se para o período seguinte. Dessa forma, o conjunto deveria fazer cumprir a produtividade estabelecida de acordo com o seu nível salarial;

- 2o Caso: o conjunto ultrapasse a produtividade estipulada como quota, mas não atinja a meta: o ganho percentual proporcionado em relação à quota será integralmente repassado ao conjunto, sendo dividido de forma igual entre montador e ajudante;
- 3o Caso: o conjunto consiga atingir e ultrapassar a meta estabelecida: o ganho proporcional à quota também será integralmente dividido entre montador e ajudante, e ainda o conjunto receberá uma bonificação de 10% sobre o total a ser remunerado.

3. Subordinar tudo à decisão anterior: Os demais setores devem garantir que não falem peças para serem montadas, assim como devem responder à taxa de produtividade empregada por este.

Neste sentido, criou-se um pulmão de peças, imediatamente anterior ao recurso gargalo. Este pulmão passou a proteger o processo de montagem contra flutuações grandes de desempenho dos setores anteriores.

A demanda de mercado também pode apresentar variações tanto quanto à quantidade solicitada, como quanto ao mix solicitado pelo mercado. Nesta última variação, pode haver distorção quanto à proporção de peças de cada uma das categorias (A, B, C, D, E e F), podendo afetar a distribuição de peças por período a cada um dos conjuntos de montadores.

Foi criado um pulmão de pedidos a serem produzidos, equivalente a uma semana de vendas. Isto foi possível devido ao fato de que o lead-time de entrega aceito pelo mercado (cerca de 50 dias), é superior ao tempo total dispendido à produção (cerca de 15 dias).

Além do amortecimento das variações de demanda e do fluxo de produção, os pulmões permitiram a liberação da produção de acordo com a taxa de consumo do recurso restritivo, garantindo-se que os estoques em todo o processo produtivo não ultrapassem os níveis de impostos pelo Pulmão de pontos estabelecido.

Os demais setores da fábrica também tiveram o seu sistema de avaliação e premiação vinculado ao resultado médio produzido pelo setor restritivo. Desta forma, estes setores seriam penalizados pelo não fornecimento adequado de recursos ao setor de montagem, seja pela ocorrência de defeitos ou insuficiência de peças.

Dessa forma, toda a programação do sistema passou a ser atrelada ao desempenho efetivo do recurso gargalo.

4. Elevar a restrição do sistema: o passo seguinte determinado pelo processo de raciocínio da Teoria das Restrições, é o de aumentar capacidade de processamento do recurso restritivo;

Neste sentido, foram formuladas e implementadas algumas iniciativas, dentre as quais podemos destacar:

- Liberação de atividades de lixamento: percebeu-se que a atividade de lixamento era responsável por cerca de 12,5% do tempo gasto pelo conjunto montador e ajudante.

Recursos foram alocados para que a atividade gargalo, por definição aquela de menor capacidade de processamento, passasse a não mais efetuar a operação de lixamento, que não necessita de uma mão-de-obra especializada.

- Plano de desenvolvimento de montadores: desenvolveu-se um plano com o objetivo de que todos os montadores estejam aptos a montar peças de qualquer família (cama, criado ou móveis) e de todas as categorias (A à F).

Este plano foi implementado em três etapas, cuja execução e monitoramento dos resultados serão objeto de um artigo futuro. No entanto, percebe-se o potencial de aumento de

produtividade do setor por meio da elevação de categoria dos montadores.

- Inclusão de pontuação negativa por não-conformidades: A ocorrência de não conformidades passou a interferir negativamente na pontuação do conjunto montador e ajudante.

A pontuação negativa variava em função do comprometimento total ou parcial da peça, gerando pontuação em dobro ao equivalente da peça com defeito. Os defeitos apontados tiveram suas causas analisadas e combatidas, e trouxeram um melhor aproveitamento do recurso restritivo.

5. Se, nos passos anteriores, uma restrição for quebrada, voltar ao passo 1: Caso o recurso restritivo mude, o gerenciamento do sistema fica obrigado a mudar o foco de sua atenção para a nova restrição, repetindo os passos de 1 a 4.

O recurso restritivo em questão é flexível, permitindo diminuição ou aumento de seu ritmo de produção por medidas tais como: adoção do sistema de carga horária flexível por meio de banco de horas, contratações, demissões, etc.

Por ter esta característica de mudança de seu nível de produção, sem a necessidade de grandes investimentos como seria o caso de compra de máquinas ou equipamentos, mostrou-se desinteressante fazer com que este recurso deixe de ser gargalo, mas sim passar a regular o restante dos setores da organização (como extração, usinagem, acabamento, etc.), para que respondam de tal forma a ser ter um gerenciamento do sistema por meio da resposta obtida no setor de montagem.

## **5. Considerações Finais**

O fato de qualquer ambiente produtivo possuir pelo menos uma restrição, que regula o resultado global do sistema, faz com que seja imperativo a adoção de um sistema adequado de medição de desempenho para este recurso restritivo.

Como resultado da aplicação em questão, conseguiu-se obter um mecanismo de regulação do nível de ocupação de recurso restritivo, que deve estar operando entre a quota e a meta total do setor de montagem. Além disso, percebeu-se que os demais setores produtivos deveriam responder ao ritmo de produção empregado pelo recurso restritivo, os mesmos devendo ser avaliados no modo como suprem o recurso gargalo, comprometendo-se em não fornecer produtos defeituosos ou deixar faltar trabalho (pontos) a serem processados pelo setor de montagem.

Esta iniciativa foi implantada em novembro do ano de 2003, sendo que o acompanhamento de seu resultado mostrou uma elevação média da produtividade em cerca de 35%, e que vem se mantendo nos meses seguintes.

A adoção do sistema em questão resultou em um maior comprometimento dos operadores de todos os setores da fábrica, especialmente com relação à atenção que passou a ser dispensada quanto ao nível de produção do recurso restritivo.

A sinalização e o empenho na busca por um nível de produtividade superior, por meio da adoção de políticas de treinamento e nivelamento de capacitação técnica (já mencionados), propiciaram um encorajamento na relação de confiança, de modo que os operadores passaram a se identificar com a política adotada pelos líderes do sistema produtivo.

Iniciativas complementares, como a adoção de um sistema de produção enxuta, com mudança de layout funcional para layout celular passaram a obter maior índice de aceitação e com resultados especialmente interessantes, que serão objeto de um artigo futuro.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Instituto Fábrica do Milênio (IFM).

## **Referências**

- CORBETT NETO, T. (1997). *Contabilidade de Ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições*. São Paulo: Nobel.
- COX, J. F.; SPENCER, M. S. (1998). *The constraint management handbook: St. Lucie Press/APICS*.
- DETTMER, H. W. (1996). *Goldratt's Theory of Constraints*. Milwaukee, WI: Quality Press.
- GOLDRATT, E. M (1991). *A síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados*. São Paulo: Educator.
- GOLDRATT, E. M; COX, J. (1995). *A Meta: um processo de aprimoramento contínuo*. São Paulo: Educator.
- RENTES, A. F. (2000). *TransMeth - proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas*. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos - USP.