

# Teoria das Restrições e Decisões de Longo Prazo: Caminho para a Convergência

## **Autores**

**PABLO ROGERS**

Universidade Federal de Uberlândia

**ERNANDO ANTONIO REIS**

Universidade Federal de Uberlândia

## **Resumo**

Advogam os críticos da Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*) que ela é orientada para o curto prazo, sendo sua lógica factível em condições fixas de recursos, ou seja, quando as despesas e custos para o próximo período já foram estipulados e os preços definidos. Nessa disposição, esse artigo tem por objetivo investigar se o modelo de decisão da TOC pode ser usado como orientador das decisões a longo prazo. Para identificar as restrições e decidir como explorá-las, comumente os artigos científicos e manuais sobre a TOC baseiam-se em quantidades fixas de demanda. Entretanto, como será apresentado no presente trabalho, caso a demanda usada para identificar as restrições não se efetive, um recurso que não foi considerado restrição pode torna a sê-lo, e vice-versa. A conclusão dessa consideração diz que os gestores devem conhecer a probabilidade de um recurso torna-se restrição no futuro e assim, alocar recursos para aumentar a sua capacidade. Em termos metodológicos usou-se uma pesquisa descritiva do tipo quantitativa, procedendo assim, uma revisão da literatura sobre a TOC e aplicação da Simulação de Monte Carlo em um exemplo prático desenvolvido com fins demonstrar os argumentos levantados. Devido à existência de diferentes probabilidades de recursos não-restrição tornar a sê-los e de recursos com restrição de capacidade tornar a ser recursos não-restrição, conclui-se que o modelo de decisão da TOC sob condições de variabilidade da demanda torna-se um eficiente orientador para as decisões de longo prazo.

**Palavras-Chave:** *Teoria das Restrições, Decisões a Longo Prazo, Simulação de Monte Carlo.*

## **1. Introdução**

A Teoria das Restrições (TOC) foi introduzida por Eliyahu M. Goldratt e Jeff Cox em 1984 no livro *A Meta*. A ênfase essencial das idéias dos autores é que o alvo das empresas deve ser ganhar dinheiro, agora e no futuro. Entretanto, torna-se fundamental saber que todo sistema, no processo de atingir sua meta, apresenta sempre uma ou mais restrições. Se o sistema não tivesse pelo menos uma restrição seu desempenho seria infinito. Segundo Goldratt (1992, p.48), restrição é qualquer coisa que limita um melhor desempenho de um sistema, como o elo mais fraco de uma corrente, ou ainda, alguma coisa que não se tem suficiente. Peleias (2002, p.33) salienta que as restrições podem ser políticas e físicas ou de recursos. A primeira é relativa a normas, procedimentos e práticas usuais do passado. A segunda diz respeito a mercados fornecedores, equipamentos, materiais, pedidos e pessoas.

Com base na formulação de como alcançar a meta, “ganhar mais dinheiro hoje e sempre”, e do conceito fundamental de restrição, Goldratt propõe na TOC:

algumas medidas globais de medição de desempenho, estabelece uma série de princípios para a otimização da produção, define conceitos e procedimentos para a sincronização da produção no contexto das restrições, e formula um modelo de tomada de decisão, no sentido de minimizar o impacto das restrições existentes e otimizar o desempenho da produção, para que a empresa atinja sua meta. (GUERREIRO, 1999, p.15)

Porém, os princípios gerenciais da TOC são criticados principalmente no que diz respeito a questão temporal. Segundo Kaplan e Cooper (1998):

a teoria das restrições (...) é persuasiva e logicamente correta dado o problema que ela foi criada para resolver. Esse problema é como maximizar o ganho quando a organização tem uma quantia fixa de recursos, quando suas despesas e gastos para o próximo período (excluindo materiais) já foram determinados, quando seus produtos já foram criados, quando seus preços já foram definidos, e quando os pedidos dos clientes já foram recebidos.

Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo investigar se os princípios da TOC, especificamente o modelo de decisão desenvolvido por Goldratt (1992), está orientada para o curto prazo como argumentam Kaplan e Cooper (1998). Para isso, será desenvolvida uma pesquisa descritiva com revisão da literatura dos principais autores sobre o tema como também, desenvolver-se-á uma pesquisa do tipo quantitativa ao ser exemplificado um estudo prático auxiliado pelo método de Simulação de Monte Carlo (SMC).

Na próxima seção serão apresentados os principais conceitos da TOC conforme estruturado por Guerreiro (1996 e 1999), especificamente relacionado com as medidas de desempenho e o modelo de tomada de decisão da TOC. Os temas da TOC sobre otimização da produção, essencialmente embasado no método Tambor-Pulmão-Corda, e o Processo de Raciocínio desenvolvido por Goldratt (1994) não serão tratados no presente artigo por não se fazer necessário para alcance do objetivo pretendido. Na seção três investigar-se a relação da TOC com as decisões de curto e longo prazo para na seção quatro tecer algumas considerações a título de conclusão.

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1. Medidas de Desempenho da Teoria das Restrições**

Goldratt (1992, p.50) argumenta que:

Tente medir por três ou mais medidas não financeiras e você basicamente terá perdido todo o controle. As medidas não financeiras são equivalentes à anarquia. Você simplesmente não pode comparar maçãs, laranjas e bananas e definitivamente não relacioná-las com o resultado final! A meta é fazer dinheiro. Cada medida deve, por definição, conter o significado de dinheiro.

Essas assertivas reforçam que a TOC desqualifica o uso de medidas físicas para a avaliação de desempenho, insistindo na utilização de medidas financeiras. Segundo Goldratt (1992), “enquanto a meta da empresa for ganhar mais dinheiro agora, e no futuro, as medidas financeiras são essenciais”. Desta forma, a TOC critica a filosofia do Just-in-Time (JIT), por ignorar esse assunto, e à Total Quality Management (TQM), pois encoraja as medidas não financeiras.

Nessa disposição, a TOC define que apenas o lucro líquido (LL), o retorno sobre o investimento (RSI) e o fluxo de caixa são parâmetros norteadores do grau de alcance da meta. O LL é uma medida absoluta representando quanto dinheiro a empresa está gerando, diferentemente como definido pela contabilidade. O RSI mensura relativamente o LL pela

quantidade de investimento absorvido pela empresa. O fluxo de caixa é um parâmetro de sobrevivência. Segundo Goldratt e Fox (1989, p.20), “o fluxo de caixa é uma medida de ligadesliga. Quando temos caixa suficiente, ela não é importante. Quando não temos caixa suficiente, nada mais importa”.

Entretanto, Goldratt e Cox (1993) salientam que as medidas acima descritas estão voltadas para a mensuração do desempenho global da empresa, necessitando, entretanto, o estabelecimento de parâmetros que guiem as ações operacionais no sentido do cumprimento da meta. Assim, os autores definem os seguintes parâmetros operacionais:

- Ganho (G): é definido como índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas.
- Inventário (I): é todo dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que ele pretende vender.
- Despesa Operacional (DO): é definida como todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar o inventário em ganho.

Goldratt (1992, p.28) faz a relação com as medidas globais (LL e RSI) e operacionais (G, I, DO) e além do mais, extrai o índice de produtividade (P) e giro (Gi) como apresentado nas equações 1 a 4.

$$LL = G - DO \quad [1] \quad RSI = \frac{(G - DO)}{I} \quad [2] \quad P = \frac{G}{DO} \quad [3] \quad Gi = \frac{G}{I} \quad [4]$$

Cabe ressaltar que os parâmetros operacionais relacionam-se e convergem com as unidades de medidas de alcance da meta estabelecida e além do mais, não se deve usar as quatro medidas evidenciadas nas equações 1 a 4 juntas, pois não sendo P e Gi medidas financeiras, não faz sentido analisar o alcance da meta, por sistemas não financeiros.

## 2.2. Modelo de Decisão da Teoria das Restrições

A TOC possui dois aspectos fundamentais para seu entendimento: 1) a empresa é um sistema, um conjunto de elementos entre os quais existe uma relação de interdependência, onde “cada elemento depende do outro de alguma forma e assim, o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos” (CORBETT NETO, 2003, p.2); 2) a existência de pelo menos uma restrição. A partir do reconhecimento de que é uma restrição que limita os lucros, os gerentes destas empresas podem perceber e desenvolver mecanismos para gerenciar da melhor maneira possível esta restrição e assim melhorar o desempenho global do sistema. Noreen, Smith e Mackey (1996, p.XXVII) afirmam que “não há realmente escolhas nesse 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”.

A partir da premissa de que a empresa opera com algum tipo de restrição, Goldratt (1992, p.53-57), formula um processo geral de tomada de decisão empresarial. O processo é conceituado pelo autor como, cinco passos de focalização e apresenta-se da seguinte maneira:

- 1) Identificar a(s) restrição(ões) do sistema
- 2) Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema
- 3) Subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior
- 4) Elevar a(s) restrição(ões) do sistema

5) Se nos passos anteriores uma restrição for quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema.

## 2.2.1. Exemplificação do Modelo de Decisão

### 1) Identificando a Restrição do Sistema

Considere a linha de produção da Cia Exemplo. A fabricação de dos produtos é dividida nos departamentos de 1 a 5. Supõe-se que o departamento 2 seja a restrição. A Tabela 1 mostra os cálculos necessários para encontrar o gargalo da linha de produção da Cia Exemplo.

**Tabela 1 - Tempo Necessário Para Produção de Cada Produto**

Produto	Demanda	Depto 1 (minutos)	Depto 2 (minutos)	Depto 3 (minutos)	Depto 4 (minutos)	Depto 5 (minutos)
A	320	5	2	5	11	6
B	650	6	3	6	17	3
C	340	8	2	5	9	9
D	350	4	1	11	10	16
E	570	4	3	9	9	8
F	420	8	3	5	4	2
G	400	12	10	7	9	10
H	510	17	6	2	7	10
I	600	12	2	2	20	14
<b>Total</b>		35.930	14.850	23.300	47.110	35.430
<b>Disponível</b>		38.000	13.000	25.000	51.000	37.000
<b>% Ocupação</b>		94,55	114,23	93,20	92,37	95,76

### 2) Decidir como Explorar a Restrição do Sistema

Caso não houvesse nenhuma restrição interna, o mercado em última instância seria a restrição do sistema e o mix de produtos ótimo seria a fabricação de toda demanda. Nesta situação não se justifica classificar os produtos para saber quais contribuem mais para o lucro da empresa. Considerando uma despesa operacional de R\$ 2.000, o lucro líquido seria de R\$ 4.410,00 caso não exista nenhuma restrição interna e apenas a restrição do mercado.

Porém como identificado na etapa anterior o departamento 2 mostra-se uma restrição do sistema e dessa forma, as decisões devem ser tomadas priorizando produtos prováveis, segundo a quantidade de ganho que produzem por unidade do recurso com restrição de capacidade (NOREEN, SMITH e MACKAY, 1996, p.47-48). No exemplo, deve-se calcular o ganho/tempo no departamento 2, para classificar os calçados e determinar quais contribuem mais para o lucro da empresa.

A Tabela 2 mostra a classificação estratégica de cada produto por ganho/minuto na restrição departamento 2. Na seqüência, como disposto na Tabela 3, o mix estratégico de produtos com restrição deve ser formado priorizando os que mais contribuem para o lucro da empresa. Note ainda que o lucro líquido com restrição será no máximo de R\$ 3.609,00, qualquer outro mix de produtos na presença da restrição montagem, diminuiria o lucro líquido.

### 3) Subordinar Qualquer Coisa a Decisão Anterior

Uma subordinação direta da decisão anterior seria atender a parcialmente a demanda do produto B. Essa decisão pauta-se unicamente pelo aspecto econômico-financeiro, ou seja, ela é a decisão que maximiza o lucro líquido dada às restrições existentes. Nestas condições não se analisa aspectos mercadológicos.

A subordinação define o papel das operações não-restrição. O intuito é proteger o conjunto de decisões concernentes ao aproveitamento da restrição durante as operações cotidianas (NOREEN, SMITH e MACKKEY, 1996, p.46). O exemplo mais claro de subordinação é fornecido pelo sistema de programação Tambor-Pulmão-Corda. No exemplo da Cia Exemplo, depois de calcular como se explora o máximo da restrição departamento 2 deve-se fazer com que o fluxo dos outros departamentos trabalhem balanceados com os fluxos de serviços exigidos no departamento 2.

**Tabela 2 - Como Decidir Explorar a Restrição Depto 2**

Produto	Preço (R\$)	Custo Totalmente Variável (R\$)	Ganho Produto (R\$)	Ganho/minuto da Depto 2 (R\$)	Classificação Estratégica Ganho/Tempo na Depto 2
A	3,7	1,4	736	0,2091	2
B	2,5	1,2	845	0,0765	9
C	3,2	1,5	578	0,1889	3
D	3,4	1,8	560	0,1600	6
E	2,9	1,5	798	0,1556	7
F	2,8	1,3	630	0,3750	1
G	3,4	1,8	640	0,1778	5
H	2,4	1,1	663	0,1857	4
I	3,4	1,8	960	0,0800	8

**Tabela 3 - Mix Estratégico de Produtos por Maior Ganho/Tempo na Depto 2**

Produtos	Demanda (unit)	Utilização Acum. da Depto 2 (%)	Ganho por Produto (R\$)
F	420	9,69	630
A	320	14,62	736
C	340	19,85	578
H	510	43,38	663
G	400	74,15	640
D	350	76,85	560
E	570	90,00	798
I	600	99,23	960
B	34	100,02	44
<b>Ganho Total</b>			5.609
<b>Despesa Operacional</b>			2.000

#### 4) Elevar as Restrições do Sistema

Elevar a restrição significa aumentá-las. No exemplo, parte do trabalho requerido para fabricar o restante da demanda do produto B pode ser terceirizada. Ou ainda, podem-se usar horas-extras ou até outro turno para aumentar a capacidade da produção. Novas máquinas podem ser adquiridas ou máquinas antigas paradas condenadas como ineficientes podem ser reativadas com o intuito de elevar a capacidade do departamento 2.

#### 5) Se uma Restrição for Elevada, Volte ao Passo 1. Não Deixe que a Inércia Seja a Maior Restrição do Sistema.

Supõem que a Cia Exemplo no passo 4, mediante a aquisição de uma nova máquina, eleve a capacidade do departamento 2 para 17.000 minutos. Se houvesse somente a elevação desta restrição interna, a fábrica poderia incrementar o mix de produtos, segundo a prioridade de maior ganho unitário por tempo na restrição, apenas incluindo o restante da demanda pelo produto B até o limite da nova capacidade do departamento 2.

Porém, supõem ainda que a demanda para todos os produtos aumentasse em 20%. Não deixar que a inércia torne uma restrição do sistema, significa que a luz destas novas alterações deve-se calcular novamente os produtos que mais contribuem com o lucro da empresa. Note, conforme a Tabela 4, que com as alterações todas os outros departamentos passaram a ter sub-capacidade. O cálculo agora deve levar em conta esta consideração. Como existem mais de um recurso com restrição de capacidade, por praticidade faz-se o cálculo do mix de produtos através de *softwares* de otimização. Usando o Solver (pacote de suplementos do Excel) a solução para o novo mix de produtos é dado conforme a Tabela 5. O lucro líquido máximo com essas alterações seria de R\$ 4.971,00.

Note que até aqui se analisou o modelo de tomada de decisão da TOC considerando a demanda fixa, ou seja, por hipótese o valor estimado da demanda é usado para encontrar as restrições do sistema a assim, o mix de produtos ótimo. Esse aspecto (demanda estimada fixa), é apresentado em grande parte das pesquisas científicas que aplicam o conceitual da TOC em suas metodologias, como pode se examinar em Alves, Dos Santos e Febrão (2004); Ayuso e Oliveira (2004); Cia (2000); Cogan (2004); Csillag e Sampaio (2000); Giuntini *et al.* (2002); Gusmão (2004); Hauptli e Ducati (2004); Lamounier, Hashimoto e Yamamoto (1999); Oliveira (1996); Rentes e Souza (1996); Rihani *et al.* (2004) e Sinisgalli e Soto-Urbina (2003 e 2004).

**Tabela 4 - Calculo da Capacidade de Produção com Alterações no Sistema**

Produto	Demanda (unit)	Depto 1 (minutos)	Depto 2 (minutos)	Depto 3 (minutos)	Depto 4 (minutos)	Depto 5 (minutos)
A	384	5	2	5	11	6
B	780	6	3	6	17	3
C	408	8	2	5	9	9
D	420	4	1	11	10	16
E	684	4	3	9	9	8
F	504	8	3	5	4	2
G	480	12	10	7	9	10

H	612	17	6	2	7	10
I	720	12	2	2	20	14
<b>Total</b>		43.116	17.820	27.960	56.532	42.516
<b>Disponível</b>		38.000	17.000	25.000	51.000	37.000
<b>% Ocupação</b>		113,46	104,82	111,84	110,85	114,91

### 3. Teoria das Restrições e Decisões de Longo Prazo

Conforme Gomes *et al.* (2003, p.1)

a contabilidade da teoria das restrições – TOC (*Theory of Constraints*), é considerada uma filosofia que permite as melhores decisões no curto prazo. Os defensores da TOC advogam que a mão-de-obra e o *overhead*, no curto prazo, são custos comprometidos (portanto não-descrionários), logo, são custos irrelevantes para a tomada de decisão.

**Tabela 5 - Mix Estratégico de Produtos com Alterações no Sistema**

Produto	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Total
<b>Demanda</b>	384	677	408	250	684	504	480	411	686	4.484
<b>Depto 1 (minutos)</b>	5	6	8	4	4	8	12	17	12	-
<b>Depto 2 (minutos)</b>	2	3	2	1	3	3	10	6	2	-
<b>Depto 3 (minutos)</b>	5	6	5	11	9	5	7	2	2	-
<b>Depto 4 (minutos)</b>	11	17	9	10	9	4	9	7	20	-
<b>Depto 5 (minutos)</b>	6	3	9	16	8	2	10	10	14	-
<b>Receita por Produto (R\$)</b>	3,70	2,50	3,20	3,40	2,90	2,80	3,40	2,40	3,40	-
<b>CTV por Produto (R\$)</b>	1,40	1,20	1,50	1,80	1,50	1,30	1,80	1,10	1,80	-
<b>Horas Totais Depto 1</b>	1.920	4.064	3.264	998	2.736	4.032	5.760	6.992	8.234	38.000
<b>Horas Totais Depto 2</b>	768	2.032	816	250	2.052	1.512	4.800	2.468	1.372	16.070
<b>Horas Totais Depto 3</b>	1.920	4.064	2.040	2.745	6.156	2.520	3.360	823	1.372	25.000
<b>Horas Totais Depto 4</b>	4.224	11.514	3.672	2.496	6.156	2.016	4.320	2.879	13.723	51.000
<b>Horas Totais Depto 5</b>	2.304	2.032	3.672	3.993	5.472	1.008	4.800	4.113	9.606	37.000
<b>Receita Total (R\$)</b>	1.421	1.693	1.306	849	1.984	1.411	1.632	987	2.333	13.615
<b>CTV Total (R\$)</b>	(538)	(813)	(612)	(449)	(1.026)	(655)	(864)	(452)	(1.235)	(6.644)
<b>Ganho Total (R\$)</b>	883	881	694	399	958	756	768	535	1.098	6.971
									<b>DO</b>	<b>(2.000)</b>
									<b>LL</b>	<b>4.971</b>

Além das proposições colocadas pelos autores, adiciona-se que o fato de considerar a demanda fixa na maioria dos desenvolvimentos teóricos da TOC, contribui para que os seus críticos afirmem a orientação de curto prazo dessa teoria. No entanto, caso a demanda seja pensada como uma variável aleatória e, portanto não fixa, tornar-se conciliável pensar o modelo de decisão da TOC para tomada de decisões a longo prazo.

Inicialmente considere a equação [5] onde se expressa o ganho unitário por tempo gasto em um recurso:

$$G_i = \frac{P_i - CTV_i}{T_n} \quad [5]$$

Onde:  $G_i$  = ganho unitário do produto  $i$ ;  $CTV_i$  = custo totalmente variável;  $P_i$  = preço do produto  $i$ ; e  $T_n$  = tempo gasto do produto  $i$  no recurso  $n$ .

Caso o recurso  $n$  seja a restrição os produtos priorizados no mix ótimo devem ser em:

$$F = \text{Máx} (G_i) \quad [6]$$

No entanto, para que um recurso seja uma provável restrição as formulações são as seguintes:

$$R_n = \frac{Q_i \times T_n}{C_n} \quad [7]$$

Onde:  $R_n$  = tempo total gasto no recurso  $n$ ;  $Q_i$  = quantidade demanda aleatória do produto  $i$ ; e  $C_n$  = capacidade do recurso  $n$ .

$$\text{Se } R_1 > R_2 > R_n \rightarrow G_i = \frac{P_i - CTV_i}{T_1} \quad (R_1 = \text{restrição})$$

$$\text{Se } R_2 > R_1 > R_n \rightarrow G_i = \frac{P_i - CTV_i}{T_2} \quad (R_2 = \text{restrição})$$

$$\text{Se } R_n > R_1 > R_2 \rightarrow G_i = \frac{P_i - CTV_i}{T_n} \quad (R_n = \text{restrição})$$

Considerando que cada produto  $i$  possui tempo diferentes em cada recurso, variando  $Q_i$  pode ocorrer diferentes combinações de  $R_1 > R_2 > R_n$ . Ou seja, a quantidade demandada de cada produto afeta a capacidade de cada recurso, tornando um ou outro restrição.

Caso a empresa use o modelo de decisão da TOC considerando uma demanda fixa para o próximo período, pode acontecer de no passo 1 a empresa identificar um recurso restritivo porém, podendo não ser no próximo período caso as estimativas de demanda não se efetivem. Se no passo 4 do modelo da TOC a empresa resolver elevar a restrição do sistema, pode acontecer de se investir capital em recursos que não seria restrição e assim, a capacidade do sistema como um todo não se elevar.

Essas considerações mostram que o modelo de decisão da TOC é perfeitamente factível nas decisões de longo prazo, entretanto ele deve ser analisado probabilisticamente. Os gestores conhecendo as probabilidades de um recurso tornar-se restrição podem planejar ou tomar decisões estratégicas a longo prazo com o intuito de elevar a capacidade do sistema e otimizar a produção.

### 3.1. Modelo de Decisão da TOC Aplicado a Cia Exemplo Revisitado

Considere que no modelo de decisão da TOC aplicado a Cia Exemplo (sem alterações no sistema) os gestores desejem identificar as prováveis restrições para os próximos anos e assim decidirem alocar capital nos recursos que tiverem maior probabilidade de tornar-se restrição.

Para formular probabilisticamente o modelo de decisão da TOC considerou-se o processo de Simulação de Monte Carlo (SMC). O método de SMC é um conhecido método de simulação que tem por princípio a geração de números aleatórios de acordo com parâmetros definidos para as variáveis que compõem o modelo a ser utilizado. Essencialmente, tal

método define variáveis de entrada que respeitam um certo padrão de distribuição, e a partir disso, gera-se com o auxílio de *softwares* específicos, números aleatórios para cada uma das variáveis, seguidos os diversos parâmetros de distribuição. A cada iteração o resultado é armazenado e ao final de todas as iterações, a seqüência de resultados gerados é transformada em uma distribuição de probabilidades possibilitando calcular estatísticas descritivas, como a média e o desvio-padrão.

A definição de uma distribuição de probabilidade para as variáveis de entrada do modelo (no exemplo a demanda) pode ser encontrada baseando-se nos valores históricos das variáveis. Em mãos dos dados históricos das variáveis de entrada do modelo, procedem-se testes, tais como: Kolmogorov-Smirnov (COSTA NETO, 2002, p.135), Anderson-Darling (MINITAB, 2000; SPSS, 2003), Ryan-Joiner (MINITAB, 2000) e Teste de Aderência por Qui-Quadrado (COSTA NETO, 2002; DOWNING e CLARK, 1999; SPSS, 2001 e 2003; TRIOLA, 1999), com intuito de saber qual distribuição de probabilidade teórica melhor se ajusta aos dados. Analisando a demanda passada da Cia Exemplo os gestores encontraram as distribuições conforme evidenciado na Tabela 6.

**Tabela 6 - Distribuições de Probabilidade para a Demanda da Cia Exemplo**

Produto	Distribuição Normal	
	Média	Desvio-Padrão
A	320	48
B	650	105
C	340	34
D	350	70
E	570	57
F	420	63
G	400	60
H	510	102
I	600	120

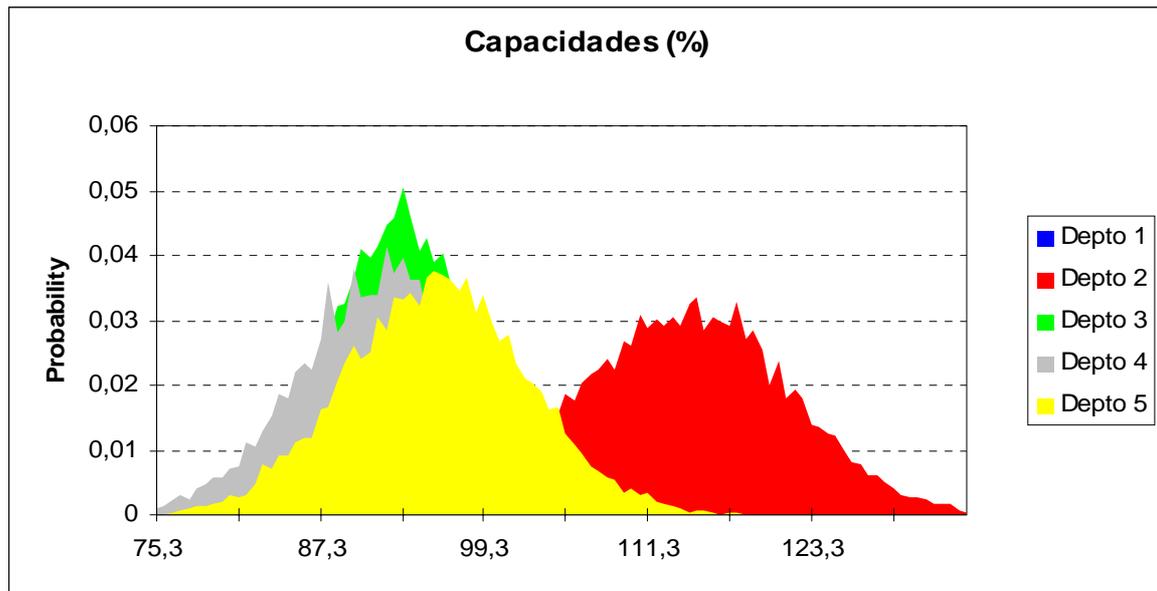
Nestes termos, fazendo uso do *software* Crystal Ball 2000.5 e simulando 10.000 valores para a variável demanda (variável de entrada), as capacidades de cada departamento (variável de saída) apresentam as estatísticas como dispostas na Tabela 7. A distribuição de probabilidade das capacidades simuladas de cada departamento são comparadas no Gráfico 1.

**Tabela 7 – Sumário Estatístico da Capacidade Simulada dos Deptos**

Variável de Saída	Depto 1	Depto 2	Depto 3	Depto 4	Depto 5
Simulações	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Média	94,55	114,23	93,23	92,39	95,81
Mediana	94,54	114,29	93,2	92,37	95,84
Desvio-padrão	6,75	7,54	5,27	6,54	6,64
Variância	45,55	56,88	27,8	42,73	44,15
Assimetria	0	0,01	0,01	0,02	0
Curtose	3,05	3,02	3,07	2,97	3,02
Coef. de Variação	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Valor Mínimo	65,37	84,61	73,02	66,23	70,23
Valor Máximo	122,79	143,89	112,76	113,79	120,51
Amplitude	57,43	59,28	39,74	47,56	50,28

Erro-padrão	0,07	0,08	0,05	0,07	0,07
-------------	------	------	------	------	------

Com esses valores o intuito tornar-se mostrar que dependendo da variabilidade da demanda um recurso que não era restrição pode tornar a vir a ser. Nesses termos, objetiva-se saber qual a probabilidade da capacidade de cada departamento superar 100%. A partir das médias e dos desvios-padrão das ocupações de cada departamento dadas na Tabela 7 para as referidas simulações e recorrendo a formula-padrão da curva normal fazem-se os seguintes cálculos:



**Gráfico 1 - Simulação das Capacidades Requeridas Para Cada Depto (%)**

$P(\text{Depto 1} > 100\%)$ ;  $P(\text{Depto 2} > 100\%)$ ;  $P(\text{Depto 3} > 100\%)$ ;  $P(\text{Depto 4} > 100\%)$ ; e  $P(\text{Depto 5} > 100\%)$ .

$$P(\text{Depto 1} > 100\%) = Z = \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{100-94,55}{6,75} = 0,81$$

$$P(\text{Depto 2} > 100\%) = Z = \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{100-114,23}{7,54} = -1,89$$

$$P(\text{Depto 3} > 100\%) = Z = \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{100-93,23}{5,27} = 1,28$$

$$P(\text{Depto 4} > 100\%) = Z = \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{100-92,39}{6,54} = 1,16$$

$$P(\text{Depto 5} > 100\%) = Z = \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{100-95,81}{6,64} = 0,63$$

A partir desses valores para escore Z e consultando uma tabela de distribuição normal de probabilidades, pode-se inferir que:

$$P(\text{Depto 1} > 100\%) \cong 20,97\% ;$$

$$P(\text{Depto 2} > 100\%) \cong 97,04\% ;$$

$P(\text{Depto } 3 > 100\%) \cong 11,21\%$ ;

$P(\text{Depto } 4 > 100\%) \cong 12,23\%$ ;

$P(\text{Depto } 5 > 100\%) \cong 26,40\%$ ;

Como se pode notar existem diferentes probabilidades de cada departamento tornar uma restrição. Como se observa no exemplo, o departamento 2 parece ser o mais provável de tornar uma restrição (97% de probabilidade) devendo a empresa priorizar investimentos nesse departamento para elevar a restrição (passo 4). Porém, pesando o modelo da TOC para as decisões de longo prazo, tornar-se nítido que existe uma probabilidade relativamente significativa dos departamentos 5 e 1 também tornar ser um recurso com restrição de capacidade, 26,40% e 20,97% respectivamente. Na verdade se elevar a capacidade do departamento 2 essas probabilidades vão aumentar drasticamente. A variabilidade da demanda pode alterar quais recursos sejam restrições a longo prazo e assim o mix de produtos que maximiza o lucro líquido no futuro. Dessa forma, conforme Corbett Neto (1997, p.132) a empresa para explorar as suas capacidades sem aumentar substancialmente seu I e DO apenas precisando “saber onde estão suas restrições, para saber onde tem flexibilidade para poder aumentar o volume e a variedade de produtos. O longo prazo da empresa deve estar baseado nesses conceitos”

Com as considerações expostas, também se torna claro que alterando os tempos de cada produto nos recursos as capacidades de cada recurso sofrerão alterações e assim, da mesma forma que na variabilidade da demanda, poderá ocorrer de um recurso que não era restrição tornar a ser e vice-versa. No exemplo, foi enfatizada apenas a variabilidade da demanda pois, considera-se essa variável a mais “incontrolável” por parte da empresa.

Outro aspecto a salientar é que dependendo da variabilidade dos preços de cada produto e dos custos totalmente variáveis (CTV), pode acontecer das posições estratégicas (prioridades) de cada produto mudar dentro do mix. Nesse sentido, o desenvolvimento do modelo de decisão da TOC sob condições de variabilidade dos preços e dos CTV, permitirá os gestores calcularem as probabilidades de cada produto  $i$  produzir um maior ganho na restrição do que os demais produtos e/ou de outro produto determinado. Essa análise disponibiliza aos gestores uma visão de quais produtos poderão tornar-se prioridades e assim, a longo prazo traçar estratégias para incentivar tais produtos, tais como: investir em esforços de vendas ou investir em publicidade e propaganda.

Dessa forma, convém argumentar que a TOC:

(...) não é uma estratégia apenas de curto prazo. Uma organização também deve monitorar onde sua restrição futura pode estar; ela pode inclusive escolher onde ela gostaria que suas restrições futuras ocorram. Fazendo isso, uma empresa com certeza irá controlar com mais confiabilidade sua rentabilidade. A lucratividade de longo prazo de uma empresa deveria estar baseada nesses conceitos (CORBETT NETO, 2003, p.5)

#### **4. Considerações Finais**

A Teoria das Restrições (TOC) foi introduzida no livro *A Meta* em 1984 por Eliyahu M. Goldratt e Jeff Cox. A ênfase fundamental para o entendimento da TOC é que: 1) a empresa é um sistema, ou seja, um conjunto de elementos entre os quais existe uma relação de interdependência, onde cada elemento depende do outro de alguma forma e assim, o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos; e 2) existe sempre pelo menos uma restrição no sistema (física ou política), caso não existisse nenhuma restrição o lucro seria infinito.

Entretanto, a base teórica da TOC é criticada entre outros motivos, principalmente por ser orientada para o curto prazo. Segundo os seus críticos sua lógica é factível em condições fixas de recursos, ou seja, quando as despesas e custos para o próximo período já foram estipulados e os preços definidos. Nessa disposição, os pressupostos por trás da TOC são uma boa aproximação da realidade para o problema que essa teoria foi criada para resolver: a programação de curto prazo de gargalos e a escolha de curto prazo do mix de produtos (KAPLAN e COOPER, 1998).

Esse artigo teve por objetivo investigar se a TOC, essencialmente o modelo de decisão desenvolvido por Goldratt (1992), pode ser usada como orientadora das decisões a longo prazo. Verificou-se ao longo da pesquisa que, no uso do modelo da TOC, comumente a maioria dos trabalhos científicos baseiam-se em quantidades fixas de demanda, preços e tempos gastos pelos produtos nos recursos. Entretanto, como apenas foi exemplificado, considerando a demanda usada para identificar as restrições variável (variável aleatória), um recurso que não foi considerado restrição pode torna a sê-lo, e vice-versa.

A conclusão dessa consideração diz que existem diferentes probabilidades de um recurso tornar-se com restrição de capacidade. Devido à existência de diferentes probabilidades de recursos não-restrição tornar a sê-los e de recursos com restrição de capacidade tornar a ser recursos não-restrição, conclui-se que o modelo de decisão da TOC sob condições de variabilidade da demanda torna-se um eficiente orientador para as decisões de longo prazo, especialmente para as empresas poderem saber estarão suas restrições no futuro e assim, através de investimentos (a longo prazo) elevar a capacidade do sistema.

## 5. Referências Bibliográficas

ALEIXO, A. C.; SEGRETI, J. B. Teoria das Restrições: aplicação de seus conceitos na gestão empresarial da industria de calçados. In: XI Congresso Brasileiro de Custos, 2004, *Anais...*, Porto Seguro (CD-ROM).

ALVES, J. M.; DOS SANTOS, R. F.; FEBRÃO, A. C. R. Contabilidade de custos e contabilidade de ganhos da TOC: um sistema híbrido na contabilidade gerencial. In: VII SIMPOI, 2004, *Anais...* São Paulo, 2004 (CD-ROM).

AYUSO, J. M. e OLIVEIRA, L. H. Análise de implementação de um sistema avançado de planejamento e programação da produção fundamentado na teoria das restrições. In: VII SIMPOI, 2004, *Anais ...* São Paulo, 2004 (CD-ROM).

CIA, J. N. S. Teoria das restrições: um estudo da restrição financeira em empresas com aplicação da metodologia Fleuriet. In: XXIV ENANPAD, 2000, *Anais...* Florianópolis, 2000 (CD-ROM).

COGAN, S. Analisando o modelo heurístico de otimização da Teoria das Restrições com o modelo matemático da programação linear. In: XI Congresso Brasileiro de Custos, 2004, *Anais...*, Porto Seguro (CD-ROM).

CORBETT NETO, T. *Contabilidade de Ganho: a nova abordagem gerencial de acordo com a teoria das restrições*. Editora Nobel: São Paulo, 1997.

\_\_\_\_\_. Contabilidade de Ganhos e Activity-Based Costing: curto prazo versus longo prazo? 2003. Disponível em: <<http://www.corbett.pro.br/cgxabc.pdf>> Acesso em: 24/09/2004.

COSTA NETO, P. L. O. *Estatística*. 2º Ed, São Paulo: Edgard Blücler, 2002.

CRYSTAL Ball 2000 Professional Edition 5.2.2. *Sistema de Ajuda do Software*. Denver, USA: Decisioneering Inc., 2002.

CSILLAG, J. M e SAMPAIO, M. Gerenciamento de projetos segundo a teoria das restrições. In: III SIMPOI, 2000, *Anais...* São Paulo, 2000 (CD-ROM).

DOWNING, D.; CLARK, J. *Estatística Aplicada*. 1º Ed, São Paulo: Saraiva, 1999.

GIUNTINI, N. *et. al.* Teoria das restrições: uma nova forma de “ver e pensar” o gerenciamento empresarial. In: 2º Seminário de Contabilidade, 2002, *Anais Eletrônico...* São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.eac.fea.usp.br/congressousp/seminario2/>> Acesso em: 12/11/2004.

GOLDRATT, E. M. e FOX, R. E. *A corrida pela vantagem competitiva*. São Paulo: Educador, 1989.

GOLDRATT, E. M. e COX, J. *A meta*. São Paulo: Educador, 1993.

GOLDRATT, E. M. *A síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados*. São Paulo, Educador, 1992.

\_\_\_\_\_. *Mais que Sorte... Um Processo de Raciocínio*. São Paulo: Educador, 1994.

GOMES, J. A. *et. al.* ABC versus TOC: uma questão temporal? In: XXVII ENANPAD, 2003, *Anais...* Atibaia, 2003 (CD-ROM).

GUERREIRO, R. Os princípios da teoria das restrições sob a ótica da mensuração econômica. *Caderno de Estudo*, nº 13, São Paulo: FIPECAFI, Janeiro a Junho/1996.

\_\_\_\_\_. *A meta da empresa: seu alcance sem mistérios*. São Paulo: Atlas, 1999.

GUSMÃO, S. L. L. Novos Esquemas Para Análise De Novas Formas Organizacionais: A Integração Da Teoria Das Restrições Com A Teoria Dos Custos De Transação No Estudo Das Cadeias De Suprimentos. In: VII SIMPOI, 2004, *Anais...* São Paulo (CD-ROM).

HAUPTLI, V. F. e DUCATI, E. Um estudo sobre a possibilidade de integração entre o ABC (Custeio Baseado em Atividades) e a TOC (Teoria das Restrições). In: 4º Congresso de Controladoria e Contabilidade, 2004, *Anais...* São Paulo (CD-ROM).

KAPLAN, R. S. e COOPER, R. *Custo e Desempenho: Administre seus Custos para ser mais Competitivo*. 2º Ed, São Paulo: Futura, 1998.

LAMOUNIER, A. E. R.; HASHIMOTO, F. M.; YAMAMOTO, N. A. Mensuração do resultado atendendo a teoria das restrições. In: VI Congresso Brasileiro de Custos, 1999, *Anais...* São Paulo (CD-ROM).

MINITAB Release 13.0. Sistema de Ajuda do Software. BCIS Lab St. Cloud State University: Minitab Inc.,2000.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. T. *A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial*. São Paulo: Educador, 1996.

OLIVEIRA, F. B. Aplicação da teoria das restrições para definição do mix de produtos – caso prático. In: XVI ENEGEP, 1996, *Anais...* Piracicaba (CD-ROM).

PALISADE CORPORATION. The @ Risk 4.5 for Excel Tutorial. Disponível em: <<http://www.palisade.com>>. Acesso em: 12/11/2004.

\_\_\_\_\_. The RiskOptimizer 1.0 Tutorial. Disponível em: <<http://www.palisade.com>>. Acesso em: 12/11/2004.

- PELEAIS, I. R. *Controladoria: gestão eficaz utilizando padrões*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- RENTES, A. F e SOUZA, F. B. O sistema logístico de produção da teoria das restrições: um paralelo com o just in time. In: XVI ENEGEP, 1996, *Anais...* Piracicaba (CD-ROM).
- RIHANI, C. A. F. *et al.* A Teoria das Restrições aplicada em uma empresa de lavagem de veículos. In: XI Congresso Brasileiro de Custos, 2004, *Anais...*, Porto Seguro (CD-ROM).
- RISK Analysis Add-in for Microsoft Excel Version 4.5.3 – Industrial Edition. Sistema de Ajuda do Software. USA: Palisade Corporation, 2004.
- RISK Optimizer Version 1.0 – Industrial Edition. Sistema de Ajuda do Software. USA: Palisade Corporation, 2004.
- SINISGALLI, E. S. L. e SOTO-URBINA, L. M. A contabilidade de ganhos da teoria das restrições e as decisões estratégicas na manufatura. In: XXIII ENEGEP, 2003, *Anais...* Ouro Preto (CD-ROM).
- \_\_\_\_\_. Comparação entre a contabilidade de custos e a contabilidade de ganhos da teoria das restrições. In: VII SIMPOI, 2004, *Anais...* São Paulo (CD-ROM).
- SPSS 11.5 for Windows. Sistema de Ajuda do Software. United States of América: SPSS Inc., 2003.
- SPSS Inc. Statistical Analysis Using SPSS. Version 11 – Chicago, Illinois: SPSS Training, 2001.
- TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. 7º Ed, Rio de Janeiro: Editora LTC, 1999.