

# **Gerenciamento das restrições, contabilidade de ganhos e a análise de investimentos para a tomada de decisão: um estudo de caso no segmento de autopeças**

**André Cardoso Dupont** (UNISINOS) - adupont8@yahoo.com.br

**José Antonio Valle Antunes** (unisinós) - junico@produttare.com.br

## **Resumo:**

*A necessidade de responder eficientemente às pressões do mercado para manter a competitividade das empresas faz com que os projetos de melhoria tornem-se uma necessidade permanente no ambiente empresarial. Esse contexto impõe aos gestores a necessidade de tomada de decisões com uma velocidade cada vez maior. Esse processo decisório pode tornar-se moroso e impreciso caso as decisões sejam tomadas sem uma metodologia clara de avaliação de resultados de projetos de melhoria. Assim, o objetivo deste artigo é, através da utilização dos conceitos do Gerenciamento de Restrições e da Contabilidade de Ganhos, propor um método geral para a realização de análise de investimento para melhorias no sistema de produção. Para ilustrar o método proposto neste trabalho foi realizado um estudo de caso, baseado em proposições de melhoria na eficiência dos equipamentos restritivos, em uma empresa fornecedora da indústria automotiva.*

**Palavras-chave:** *Contabilidade de ganhos, Gestão das restrições, Retorno sobre o investimento*

**Área temática:** *Desenvolvimentos teóricos em custos*

## **Gerenciamento das restrições, contabilidade de ganhos e a análise de investimentos para a tomada de decisão: um estudo de caso no segmento de autopeças**

**Resumo:** A necessidade de responder eficientemente às pressões do mercado para manter a competitividade das empresas faz com que os projetos de melhoria tornem-se uma necessidade permanente no ambiente empresarial. Esse contexto impõe aos gestores a necessidade de tomada de decisões com uma velocidade cada vez maior. Esse processo decisório pode tornar-se moroso e impreciso caso as decisões sejam tomadas sem uma metodologia clara de avaliação de resultados de projetos de melhoria. Assim, o objetivo deste artigo é, através da utilização dos conceitos do Gerenciamento de Restrições e da Contabilidade de Ganhos, propor um método geral para a realização de análise de investimento para melhorias no sistema de produção. Para ilustrar o método proposto neste trabalho foi realizado um estudo de caso, baseado em proposições de melhoria na eficiência dos equipamentos restritivos, em uma empresa fornecedora da indústria automotiva.

**Palavras-chave:** Contabilidade de ganhos, Gestão das restrições, Eficiência global dos equipamentos, Retorno sobre o investimento.

**Área temática:** Desenvolvimentos teóricos em custo.

### **1 Introdução**

A “nova economia”, uma combinação da globalização com a velocidade da alta tecnologia, está se tornando uma força cada vez mais relevante no mundo industrial (HAYES, 2002). Neste contexto a competição entre as empresas tem se intensificado nos mercados nacional e internacional. Este tipo de ambiente exige das organizações a busca pela vantagem competitiva. Isto implica na necessidade das empresas buscarem maior eficiência em suas operações e processos de gestão (ANTUNES *ET AL.*, 2008).

Desde 1970 a economia mundial cresceu a taxas da ordem de 3,7% a.a. (SIMOS, 2007), Antes da crise econômica, iniciada no final de 2008, as previsões eram de crescimento de 4,7% (2008) e 4,6% (2009). Os acontecimentos de outubro de 2008 modificaram esse cenário causando instabilidades nos diferentes mercados mundiais.

Nesse cenário, buscar vantagens competitivas é uma exigência nas organizações. A idéia é que as empresas necessitam ‘enxugar’ seus sistemas produtivos para responder às necessidades do mercado. Em períodos de crescimento econômico lento as companhias serão competitivas se conseguirem melhorar continuamente a produtividade (OHNO, 1997). Para incrementar a produtividade é preciso compreender qual a melhor combinação a ser feita, em cada caso específico, entre os fatores de produção (capital, trabalho, energia etc...) e os melhores princípios e técnicas ligadas a Engenharia de Produção a Engenharia Intrínseca (Mecânica, Química, Metalúrgica etc...) disponíveis no mercado. O ponto relevante aqui consiste em perceber que as empresas atuando em diferentes ambientes competitivos nacionais necessitam desenvolver sistemas produtivos que possam utilizar da melhor forma possível, do prisma da economia da empresa, seus recursos disponíveis (ZILBOVICIUS, 1999; ANTUNES *ET AL.*, 2008).

Em operações realizadas no Brasil é relevante considerar a necessidade de aumentar a utilização dos ativos fixos (por exemplo, através do aumento da eficiência das

máquinas/equipamentos). A título de exemplificação ao analisar-se a relação do custo horário das pessoas em comparação com o dos equipamentos (valor de depreciação) no Brasil, em empresa do ramo metal-mecânico, é possível perceber ‘grossas linhas’ uma relação de aproximadamente 1:1 enquanto em países desenvolvidos (Estados Unidos e Japão) essa relação é da ordem de 9:1 (ANTUNES *ET AL.*, 2008). A concepção dos sistemas produtivos necessita partir de uma noção geral de ‘maximização’ dos seus recursos abundantes (dados que eles tendem a ser ‘baratos’) e a ‘minimização’ da utilização de seus recursos escassos (dado que eles tendem a ser ‘caros’). No Brasil, portanto, é fundamental projetar os sistemas para utilizar, da melhor maneira possível, os seus recursos – máquinas de forma particular, e o capital de forma mais geral.

Outro ponto a destacar é que a elaboração de trabalhos visando aumentar a produtividade implica na necessidade de realizar investimentos. Para isso, as empresas necessitam construir métodos sólidos de análise de investimentos que as guiem para obter os melhores resultados econômico-financeiros hoje e no futuro. Neste aspecto a Contabilidade de Ganho (ou *Throughput Accounting*) originada da Teoria das Restrições (TOC) é uma metodologia relevante de ser considerada (CORBETT, 2006).

Partindo deste contexto geral este artigo propõe a construção de um método, baseado da utilização conjunta dos conceitos da TOC (gargalos, recursos com capacidade restrita e a contabilidade do ganho), do Sistema Toyota de Produção (Mecanismo da Função Produção) e da Manutenção Produtiva Total/*Total Productive Maintenance (TPM)* (Índice de Rendimento Operacional Global/*Overall Efficiency Equipment*), para avaliar os resultados advindos dos trabalhos de melhoria de eficiência da fábrica realizado utilizando as técnicas do Sistema Toyota de Produção.

Este artigo encontra-se organizado em cinco seções, incluindo a presente introdução. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico do trabalho. Na seção 3 é apresentado o método utilizado para a realização da pesquisa. Na seção 4, é apresentada a método de análise de investimento para a análise das melhorias proposto e, simultaneamente, a aplicação do método é ilustrada através de um estudo de caso realizado em uma empresa do segmento de autopeças. Na seção 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

## 2 Referencial Teórico

A presente seção está dividida em três subseções: i) conceitos referentes a sistemas produtivos; ii) conceitos sobre restrições, mensuração da eficiência produtiva e análise da relação capacidade *versus* demanda; iii) aspectos referentes a *Throughput Accounting* (TA) proposta pela TOC.

### 2.1 Conceitos Básicos sobre Sistemas de Produção

O sistema de produção pode ser compreendido pela estrutura da empresa (máquinas, prédios, pessoas e etc.) que recebem entradas (materiais, informações, energia e etc.) e as processam para entregar ao mercado consumidor um conjunto de produtos para atender às necessidades do mesmo (produto acabado, serviços e etc.) (BLACK, 1998). Shingo (1996) propõe que o sistema produtivo possa ser compreendido enquanto uma rede de processo e operações (Mecanismo da Função Produção – MFP). As operações são constituídas pelo acompanhamento dos **agentes/sujeito do trabalho** (acompanhamento das máquinas e pessoas no tempo e no espaço). Já os processos são formados pelo acompanhamento dos **objetos do trabalho**, ou seja, pelos materiais que serão transformados pelos **agentes do trabalho** (operações) no produto acabado solicitado pelo mercado.

O conceito do MFP pode ser utilizado para compreender um número expressivo de fenômenos que ocorrem na produção (ANTUNES *ET AL.*, 2008). Neste artigo o MFP será

utilizado para proporcionar um equacionamento matemático para a relação entre a Capacidade versus a Demanda dos diferentes postos de trabalho. A demanda requer produtos, ou seja, **objetos do trabalho**. Portanto, está relacionada à Função Processo. A oferta, por sua vez, diz respeito à capacidade instalada (pessoas e máquinas) da empresa para atender essa demanda de mercado, portanto, está associada a função operação.

## 2.2 Maximizando os Resultados do Sistema Produtivo

Elyahu Goldratt apresentou ao mundo empresarial, através do seu livro *A Meta* (1997), a Teoria das Restrições (TOC). Segundo essa abordagem de gestão de negócios, o objetivo de qualquer organização deve ser ganhar dinheiro hoje e no futuro (GOLDRATT, 1997). Para atingir esse objetivo a TOC propõe que o foco de atuação das melhorias no sistema produtivo seja atuar nas restrições do mesmo (gargalo - quando a restrição foi interna ao sistema produtivo).

Segundo Chakravorty e Atwater (2006), o gargalo é um recurso crítico, o qual determina a capacidade da empresa ganhar dinheiro. Relembrando o conceito anterior que relacionava a MFP com as questões de oferta e demanda, pode-se dizer que um gargalo é um equipamento cuja oferta é menor do que a demanda, ou seja, é um recurso que limita a produção global da empresa.

Nesse ponto, é importante diferenciar os gargalos dos recursos com capacidade restrita (CCRs – *Capacity Constraints Resources*). Antunes *et al.* (2008), apresentam os chamados CCRs como recursos cuja capacidade é, em média, superior a demanda, mas que em função das variabilidades inerentes aos sistemas produtivos ou a variações significativas da demanda, podem apresentar restrições de capacidade. Em suma, pode-se entender que os CCRs são de cunho conjuntural, pois podem ocorrer por pouco tempo e podem mudar com frequência de local. Já os gargalos são estruturais, visto que, se nada for feito, tendem a permanecer estáticos.

Esclarecidos esses conceitos, a TOC propõe um algoritmo simples para gerenciamento das restrições. Esses passos apresentados por Goldratt (1997) são simples e lógicos, facilitando a implantação da TOC no âmbito das empresas. As etapas citadas são: i) identificar a restrição do sistema; ii) explorar a restrição; iii) subordinar qualquer outra coisa a restrição; iv) elevar a restrição e; v) se a restrição for elevada, voltar ao primeiro passo para não permitir que a inércia tome conta do sistema.

O primeiro passo proposto diz respeito à identificação do gargalo, ou seja, do recurso que limita o Ganho da organização tendo uma capacidade instalada inferior à demanda. Nesse sentido, busca-se responder a seguinte questão de cunho prático: como determinar de forma acurada o gargalo do sistema produtivo?

Obviamente, essa identificação da restrição deve ser feita comparando a capacidade do recurso frente à demanda do mercado. Antunes *et al.* (2008) apresentam uma abordagem de avaliação de capacidade *versus* demanda (Figura 1) baseada em tempos. Os autores propõem que a unidade de tempo seja utilizada como medida para comparar as variáveis e, consequentemente, definir os recursos restritivos. A demanda, fruto da função processo, é dada pela multiplicação das taxas de processamento unitárias (tempos de ciclos nos recursos que produzem peça a peça) pelas quantidades demandas pelo mercado. A capacidade, por sua vez, pode ser obtida pela multiplicação de sua capacidade nominal (tempo total disponível do equipamento) por sua eficiência operacional.

Analisando-se a abordagem proposta por Antunes *et al.* (2008), entende-se que as variáveis  $T$ ,  $tp_i$  e  $q_i$  são variáveis naturalmente controladas pela maioria das organizações. No entanto, a variável  $\mu_{global}$  parece desconhecida da maior parte das empresas. Essa variável diz

respeito à eficiência global do recurso produtivo, ou seja, ela apresenta qual o percentual de tempo que a máquina efetivamente agregou valor para a organização.

**CAPACIDADE *VERSUS* DEMANDA**

$$C = T \times \mu_{global}$$

Onde:

- C = Capacidade de produção do recurso
- T = Tempo total disponível para produção
- $\mu_{global}$  = Índice de eficiência global do recurso

$$D = \sum_{i=1}^n tp_i \times q_i$$

Onde:

- D = Demanda dos produtos no recurso
- $tp_i$  = Tempo de processamento (tempo de ciclo) do produto i
- $q_i$  = Quantidade produzida do produto i

Figura 1 – Capacidade *versus* Demanda  
 Fonte: Adaptado de Antunes *et al.* (2008)

Esse índice denominado  $\mu_{global}$ , no trabalho de Antunes *et al.* (2008) é oriundo conceitualmente do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) apresentado originalmente por Nakajima (1988) no âmbito do TPM. Nakajima (1988) ainda define a eficiência global como a efetiva utilização do equipamento, ou seja, quanto o equipamento efetivamente agregou de valor em relação ao que poderia ter agregado. Desta forma, segundo Antunes *et al.* (2008), pode-se dizer que no recurso restritivo a capacidade produtiva é igual a demanda por produtos, já que o mesmo restringe a capacidade do sistema como um todo. Logo, neste recurso,  $C = D$ , assim obtém-se a seguinte equação:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T}$$

Nakajima (1988) e Antunes *et al.* (2008) ainda apresentam três importantes índices que compõe o indicador de eficiência global. A eficiência global de um equipamento pode diminuir por três motivos: i) parada de máquina (velocidade = zero); ii) redução de velocidade (zero < velocidade < velocidade padrão) e; iii) perdas de qualidade. A equação abaixo apresenta o desdobramento da eficiência global nesses três índices apresentados. É importante ressaltar que o desdobramento da eficiência nesses índices qualifica a análise do gestor e permite que a empresa realmente esteja munida de informações para melhorar seu processo produtivo (RON & ROODA, 2006).

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

onde:

- $\mu_1$  = Índice de Tempo Operacional - ITO
- $\mu_2$  = Índice de Performance Operacional - IPO
- $\mu_3$  = Índice de Produtos Aprovados – IPA

O ITO corresponde ao percentual do tempo em que o equipamento não ficou parado. Um baixo valor de ITO indica que o equipamento sofreu muitas paradas e, portanto, existe grande potencial de melhoria. O IPO expressa o desempenho do recurso no tempo em que

esteve disponível para trabalhar. Um baixo valor de IPO pode ter duas origens: i) causas técnicas: queda de velocidade de operação (ciclos em vazio, tempo de ciclo acima do padrão e etc.); ii) falta de anotação no diário de bordo: caso o operador não registre as paradas, isso irá aumentar o ITO e reduzir o IPO. Por fim, o IPA indica o quão eficaz o equipamento foi no que produziu (ANTUNES *ET AL.*, 2008).

Munidos do índice de eficiência global dos equipamentos, é possível, de forma científica, realizar uma análise de capacidade *versus* demanda dos recursos produtivos e, conseqüentemente, definir-se o recurso restritivo do processo. Para isso, será utilizado o modelo teórico proposto com Antunes *et al.* (2008). Nesse modelo, apresentado na Figura 2, as capacidades reais dos recursos são determinadas em unidades de tempo, levando-se em consideração a eficiência global de cada máquina. Já as demandas dos produtos nos recursos produtivos podem ser calculadas através da multiplicação dos tempos de ciclo do produto no recurso pelas quantidades demandadas pelo mercado.

Produtos	Programação Mensal	Tempo de ciclo por equipamento				Demanda mensal por equipamento			
		Equip 1	Equip 2	Equip 3	Equip 4	Equip 1	Equip 2	Equip 3	Equip 4
A	PMa	t1a	t2a	t3a	t4a	t1a x PMa	t2a x PMa	t3a x PMa	t4a x PMa
B	PMb	t1b	t2b	t3b	t4b	t1b x PMb	t2b x PMb	t3b x PMb	t4b x PMb
C	PMc	t1c	t2c	t3c	t4c	t1c x PMc	t2c x PMc	t3c x PMc	t4c x PMc
D	PMd	t1d	t2d	t3d	t4d	t1d x PMd	t2d x PMd	t3d x PMd	t4d x PMd
Demanda total por equipamento (D) =						D11	D21	D31	D41
Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) =						$\mu g1$	$\mu g2$	$\mu g3$	$\mu g4$
Capacidade nominal do equipamento (C) =						C1	C2	C3	C4
Capacidade real do equipamento: (C x IROG) =						$C1 \times \mu g1$			
Diferença Temporal em unidade de tempo ((C x IROG) - D) =									

Onde:

t1a	= taxa de processamento (ou tempo de ciclo) no recurso 1 para fabricar o produto A;
Pma	= programação mensal de fabricação do produto A;
t1a x PMa	= demanda mensal do recurso 1 para fabricação do produto A;
D11	= demanda total do recurso 1 para o mês 1;
$\mu g1$	= Índice de Rendimento Operacional Global – IROG do recurso 1;
C1	= capacidade nominal de produção do recurso 1;
$C1 \times \mu g1$	= capacidade real de produção do recurso 1;
$(C1 \times \mu g1) - D11$	= diferença em unidade de tempo entre a capacidade real de produção e a demanda prevista do recurso 1 para o mês 1.

Figura 2 – Modelo teórico para análise de capacidade x demanda em sistemas produtivos  
 Fonte: Adaptado de Antunes *et al.* (2008)

Caso a demanda mensal (D11) sejam maior que a capacidade real ( $\mu g1 \times C1$ ), o recurso 1 será um gargalo por não ter capacidade temporal para atender a demanda prevista. Caso contrário, o mesmo deverá ter capacidade ociosa. Sendo assim, existem três situações possíveis no que tange a ocupação dos recursos produtivos. A primeira situação apresenta um recurso com capacidade produtiva superior à demanda do mercado, assim, tem-se um recurso com capacidade. Na segunda situação, tem-se um recurso cuja relação entre capacidade produtiva e demanda do mercado é muito próxima e, portanto, tem-se um CCR, uma vez que qualquer problema pode causar falta de capacidade. Por fim, tem-se os recursos cuja demanda do mercado é superior a sua capacidade. Neste caso, embora todos estes recursos sejam

restritivos, o gargalo é definido como aquele em que se tem a maior diferença negativa entre a capacidade X demanda.

O entendimento dessa relação entre capacidade e demanda é importante, visto que a partir disso o gestor pode tomar decisões de forma focalizada nos problemas centrais da organização. Além disso, essa relação será fundamental para a avaliação dos Ganhos advindos de melhorias no indicador OEE e, portanto, na relação de capacidade *versus* demanda.

### 2.3 Análise Gerencial de Custos pela TOC

No livro “A Meta”, Goldrat (1997) mostra-se perplexo com o uso de eficiências e custos de produtos enquanto medidores utilizados para verificar o desempenho das organizações. Segundo ele, esses indicadores trabalham ‘contra’ a meta estabelecida pelas próprias empresas: obter lucro. Por isso, nesse contexto, Goldrat propôs a Contabilidade de Ganhos como um sistema mais adequado para a análise gerencial de custos.

No que tange a sistemas de custos, a Contabilidade de Ganhos pode ser facilmente associada ao princípio do custeio variável ou direto. Neste princípio, apenas os custos variáveis são relacionados aos produtos, sendo os custos fixos considerados como custos do período (BORNIA, 2002).

Segundo Norren *et al.* (1995), o princípio do custeio variável e a Contabilidade de Ganhos da Teoria das Restrições (TOC) não possuem diferenças significativas conceituais. As diferenças podem surgir na definição de custos variáveis, visto que, tradicionalmente, o custeio variável considera a mão-de-obra como custo variável. Esse ponto de vista é descartado por Goldratt (1997) que considera esses custos como Despesas Operacionais.

Em suma, o que a Contabilidade de Ganhos preconiza é que respondendo a três perguntas o impacto que qualquer decisão tem na lucratividade da empresa será previsto. Essas perguntas são as seguintes: i) qual o impacto da decisão no ganho da empresa como um todo? ii) qual o impacto da decisão no inventário da empresa como um todo? iii) qual o impacto da decisão na despesa operacional da empresa como um todo? Para responder a essas três perguntas nenhum custo necessita ser alocado aos produtos. Porém, para isso, o processo decisório precisa compreender os seguintes conceitos: i) ganho do produto; ii) inventários e; iii) despesas operacionais (CORBETT, 2000).

O ganho do produto é definido como receita líquida menos os custos totalmente variáveis. Os custos totalmente variáveis são aqueles que variam com o volume de vendas. O exemplo mais claro disso são os custos de matéria-prima. Porém outros custos, como serviços de terceiros, comissões de venda e outros podem ser incluídos nessa classificação de acordo com o método adotado pela empresa. Ainda é importante destacar que tanto os produtos como as organizações tem Ganhos, sendo que o Ganho das empresas é dado pela multiplicação do Ganho dos produtos pelas quantidades vendidas dos mesmos. Já os inventários, mais modernamente intitulado por Goldratt como investimento, é todo o dinheiro colocado dentro da empresa para gerar Ganho (por exemplo: máquinas e inventário). As despesas operacionais, por sua vez, representam todo o montante gasto pela empresa para transformar investimento em Ganho (CORBETT, 2006).

Desta forma, os conceitos advindos da Contabilidade de Ganhos serão utilizados no método de avaliação do Ganho gerado com melhorias no indicador de eficiência produtiva a partir da relação de capacidade e demanda do recurso.

## 3 Método

Esta pesquisa, de caráter qualitativo, foi desenvolvida a partir do referencial teórico proposto (seção 2), tendo utilizado um caso ilustrativo para contribuir na elucidação dos aspectos específicos contido nos passos do método proposto. O estudo empírico ilustrativo

utilizou o método do estudo de caso único. O estudo de caso deve estar pautado na confiabilidade e validade - critérios para julgar a qualidade da pesquisa. A confiabilidade visa explicitar que as operações de um estudo (como por exemplo, os procedimentos para coleta dos dados) podem ser repetidas apresentando os mesmos resultados (YIN, 2005). Os instrumentos de coleta utilizados foram: i) entrevistas com dois profissionais ligados ao tema na empresa; ii) análise da documentação da empresa e; iii) participação dos pesquisadores no caso analisado.

O estudo empírico foi realizado em uma empresa do segmento de autopeças, de agora em diante intitulada de empresa X. A empresa X está situada no Estado do Rio Grande do Sul, tendo iniciado suas atividades em 1993 com o objetivo de atender a demanda no fornecimento de peças através de operações de usinagem. Para isso, a empresa conta com equipamentos de primeira linha como tornos com Comando Numérico Computadorizado (CNC). A atividade-fim da empresa é a produção e comercialização de componentes para os seguintes setores: i) automotivo; ii) construção civil e; iii) agrícola. Porém, cabe destacar que o foco de atuação da empresa está no setor automotivo. Por isso, a empresa possui um sistema de qualidade pautado na implantação da ISO9001/2000.

A operação da empresa X é realizada em uma unidade fabril de cerca de três mil e seiscentos metros quadrados (3600 m<sup>2</sup>), em que estão dispostas vinte máquinas de usinagem automáticas, cinco máquinas de usinagem manuais, uma cabine de pintura e três linhas de montagem. O fluxo produtivo da empresa X pode ser visto, sinteticamente, da seguinte forma: i) estoque de matéria-prima; ii) usinagem; iii) pintura; iv) montagem final e; v) expedição. Além disso, a empresa conta com cerca de cento e vinte colaboradores.

O problema tratado, para ilustrar a aplicação do método proposto, refere-se ao fato de que a empresa possui uma demanda do mercado que não pode ser atendida por sua capacidade atual. Assim, a empresa X deseja aumentar sua competitividade no mercado automotivo. Para isso, é preciso aumentar a capacidade produtiva da unidade que atende a esses clientes.

#### 4 Apresentação e Discussão do Método Proposto e do Caso Ilustrativo

Os passos do método proposto, baseado nos conceitos apresentados na seção 2 (gerenciamento das restrições, eficiência global dos equipamentos e contabilidade de Ganhos), está apresentado na Figura 3.

Passo	Descrição	Ferramenta / conceito utilizado
Passo 1	Definição do foco do projeto	Análise CxD – situação atual
Passo 2	Análise OEE do recurso selecionado	Indicador de OEE
Passo 3	Definição das possíveis ações para melhoria do OEE	Desdobramento do indicador OEE
Passo 4	Definição investimento necessário para executar as ações elencadas	Contabilidade de Ganhos e Orçamentos
Passo 5	Mensuração do aumento de capacidade proposto	Conceito de CxD
Passo 6	Análise de CxD do recurso selecionado	Análise de CxD - cenário proposto
Passo 7	Mensuração do retorno do projeto	Contabilidade de Ganhos
Passo 8	Cálculo do retorno sobre o investimento do projeto proposto	RSI

Figura 3 – Método proposto para realizar análise de investimentos de melhorias efetivadas visando incrementar a eficiência dos equipamentos

O primeiro passo, definição do foco do projeto, está relacionado com a definição do porquê da realização do mesmo. Essas definições podem ter um cunho estratégico, ou seja, podem ser uma definição da direção da empresa, ou podem estar pautadas nos conceitos advindos da Teoria das Restrições. Neste caso, os recursos considerados gargalos, CCRs ou com problemas de qualidade seriam os candidatos prioritários para ingressar no projeto.

Para isso será utilizada a análise de capacidade *versus* demanda. É importante destacar que o presente método pressupõe que a empresa utilize a eficiência global como um indicador operacional dos equipamentos. Após a análise de capacidade *versus* demanda o analista terá em mãos os resultados desta relação para os equipamentos analisados e poderá indicar quais os equipamentos que precisam passar por um projeto de melhoria para atenderem as necessidades da empresa. Essa escolha pode ser feita puramente pela existência de um gargalo, no caso de a demanda ser maior do que a capacidade instalada, ou então por uma necessidade de a empresa atingir uma competitividade maior, ou seja, os equipamentos podem ser indicados por terem um OEE menor do que a sua meta.

No caso da empresa X, a análise de capacidade *versus* demanda (Figura 4) ratificou o que se tinha como expectativa, um dos equipamentos que atendem à linha automotiva não possui capacidade para atender a demanda do mercado. Por isso, esse equipamento (máquina 3) foi selecionado como foco do trabalho.

UNIDADE	MÁQUINA	Agosto C1									
		CAPACIDADE						DEMANDA			DIF. (HRS)
		QTD.	HRS.	DIAS	NOM.	OEE	REAL	PEÇAS	PÇS / DIA	HORAS	
AUTOMOTIVA	MÁQUINA 1	1	24,00	21	504	66%	333	19.500	929	325	7,6
AUTOMOTIVA	MÁQUINA 2	1	24,00	21	504	77%	388	21.300	1.014	355	33,1
AUTOMOTIVA	MÁQUINA 3	1	24,00	21	504	33%	166	14.600	695	243	-77,0
AUTOMOTIVA	MÁQUINA 4	1	24,00	21	504	55%	277	16.100	767	268	8,9
AUTOMOTIVA	MÁQUINA 5	1	24,00	21	504	30%	151	8.000	381	133	17,9
CIVIL	MÁQUINA 1	1	16,83	21	353	42%	148	5.000	238	83	65,1
CIVIL	MÁQUINA 2	1	8,42	21	177	88%	156	3.230	154	54	101,7
CIVIL	MÁQUINA 3	1	16,83	21	353	79%	279	4.199	200	70	209
CIVIL	MÁQUINA 4	1	8,42	21	177	67%	118	4.845	231	81	38
CIVIL	MÁQUINA 5	1	16,83	21	353	84%	297	3.947	188	66	231
CIVIL	MÁQUINA 6	1	16,83	21	353	50%	177	5.814	277	97	80
AGRÍCOLA	MÁQUINA 1	1	16,83	21	353	53%	187	6.137	292	102	85
AGRÍCOLA	MÁQUINA 2	1	16,83	21	353	60%	212	7.894	376	132	80
AGRÍCOLA	MÁQUINA 3	1	8,42	21	177	35%	62	3.553	169	59	3
AGRÍCOLA	MÁQUINA 4	1	16,83	21	353	60%	212	3.986	190	66	146
AGRÍCOLA	MÁQUINA 5	1	8,42	21	177	64%	113	4.664	222	78	35
AGRÍCOLA	MÁQUINA 6	1	8,42	21	177	57%	101	5.740	273	96	5
AGRÍCOLA	MÁQUINA 7	1	8,42	21	177	56%	99	4.306	205	72	27
AGRÍCOLA	MÁQUINA 8	1	8,42	21	177	80%	141	3.456	165	58	84
AGRÍCOLA	MÁQUINA 9	1	8,42	21	177	75%	133	5.400	257	90	43

Figura 4- Análise de capacidade *versus* demanda da empresa X

Assim, foi necessário analisar detalhadamente o OEE da máquina três da linha automotiva (passo 2 do método) para entender como seria possível melhorar o recurso. Esse equipamento apresenta um OEE médio de 33%, o que significa que em 67% do tempo disponível esse equipamento não está agregando valor aos produtos. Assim, é preciso analisar o desdobramento do OEE nos índices ITO, IPO e IPA para entender quais os principais motivos de ineficiência do recurso. A partir desse desdobramento e identificação das perdas é possível tomar ações mais eficazes.

Esse recurso apresenta um OEE de 33% que é desdobrado da seguinte forma: i) ITO: 43,33%; IPO: 76,41% e; iii) IPA: 99,67%. Isso significa que a maior parcela das perdas na operação da máquina 3 estão relacionadas a paradas durante a operação do recurso. Assim, faz-se necessário identificar os principais motivos de paradas do recurso. Para isso, foi-se analisado o Pareto de paradas da máquina (Figura 5).

Com posse dessas informações, é possível definir possíveis ações de melhorias na máquina 3 (passo 3). Como se pode perceber, mais de metade do ITO é explicada pela parada 'falta de operador'. Essa parada é oriunda da característica do processo produtivo. Esse equipamento faz produtos que requerem furações que são feitas em máquinas manuais após a operação da máquina automática. O fato é que o operador da máquina automática é que faz essas furações manuais, após usinar um lote de peças na máquina automática. Assim, o operador deixa a máquina automática parada para executar as operações manuais necessárias para o processamento da peça. Desta forma, a proposta de melhoria que surge é desacoplar as

duas operações deixando uma máquina manual fixa com operador fixo para processar as peças oriundas da máquina 3. Assim, o operador da máquina 3 não precisaria sair do posto de trabalho para completar o processamento da peça. Essa proposta de ação está pautada nas cinco etapas de focalização da TOC no sentido de explorar ao máximo a utilização do gargalo.

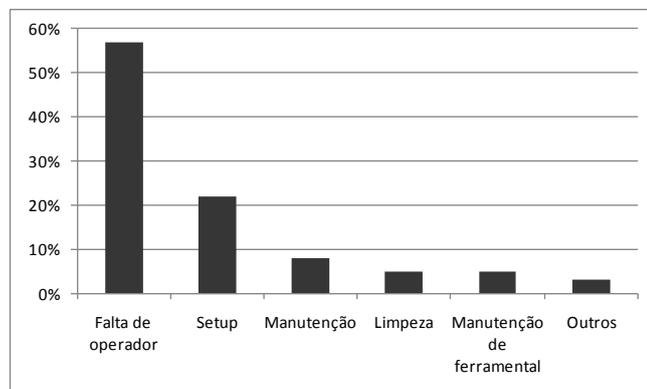


Figura 5 – Pareto de paradas da máquina 3

Essa proposta de melhoria reflete em investimentos na compra de uma máquina de usinagem manual ser exclusiva para operação da máquina 3. Esse investimento seria da ordem de R\$ 35.000,00. Além disso, seria necessário aumentar a despesa operacional da empresa, contratando um operador para essa máquina manual. Isso representaria um aumento de despesa da ordem de R\$ 2.500,00 mensais.

Em contrapartida, a melhoria proposta resultaria em um aumento de capacidade (passo 5) de 162 horas mensais na máquina 3. Isso porque, a parada ‘falta de operador’ seria eliminada. Essa parada representa 162 horas mensais. Assim, a máquina 3 teria um OEE de cerca de 57% desdobrado da seguinte forma: i) ITO: 76%; ii) IPO: 76,41% e; iii) IPA: 99,67%. Com isso, a relação de capacidade *versus* demanda (passo 6) seria modificada resultando em uma sobra de 43,9 horas mensais. Considerando um tempo de ciclo médio de 1 minuto por produto, esse projeto proporcionaria, supondo que exista demanda, um aumento de vendas de 4621 peças por mês.

Com isso, é possível executar o passo 7 da metodologia proposta, mensuração do retorno do projeto. O objetivo é mensurar os resultados (Ganho pela Teoria das Restrições) advindos da implantação das melhorias propostas no passo três. Nesse ponto do método será importante a utilização dos conceitos da Teoria das Restrições. Para isso, serão utilizadas informações obtidas com a execução dos passos 5 e 6: i) mensuração do aumento de capacidade proposto pelo projeto e; ii) identificação da relação capacidade *versus* demanda do recurso. Essa etapa do método requer algumas análises e pode ter diferentes encaminhamentos dependendo, basicamente, da relação entre capacidade e demanda do recurso (Figura 6).

Conforme apresentado na seção dois, a capacidade de um recurso é dada pela multiplicação do seu tempo total disponível pela sua eficiência global (ANTUNES *ET AL.*, 2008). Desta forma, qualquer ação que objetive o aumento da eficiência global do equipamento irá ampliar a capacidade do mesmo, uma vez que aumentará seu tempo efetivo de agregação de valor. Assim, nesse aumento de tempo disponível, a empresa possui um potencial de aumento de produção.

Nesse ponto, é necessário voltar-se à terceira etapa da primeira fase do método e entender qual a característica do recurso em questão, isto é, a máquina em análise é um gargalo, um CCR ou apenas um recurso elencado de forma estratégica para o projeto de melhoria? Essa pergunta pode ser respondida a partir do passo 1 da metodologia.

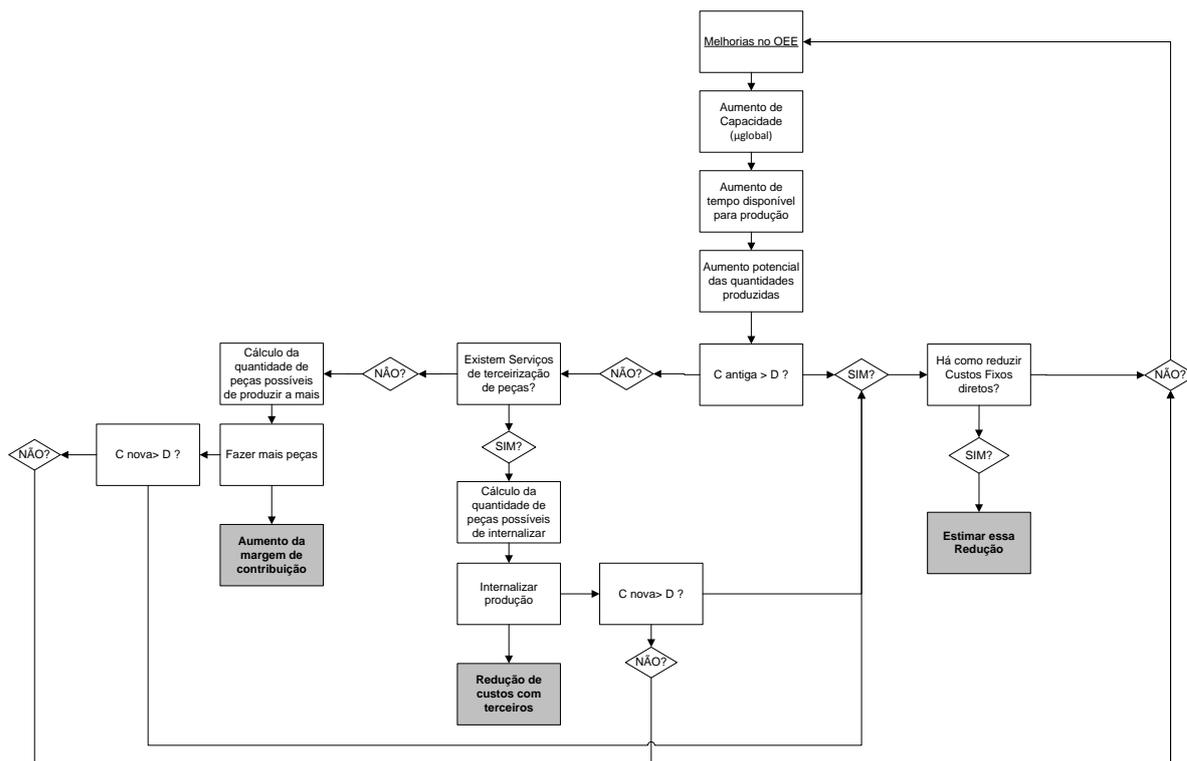


Figura 6 – Detalhamento do passo 7: mensuração do retorno do projeto

Caso o recurso não seja gargalo, ou seja, a capacidade do mesmo seja maior do que a demanda, o aumento de capacidade proposto pelo projeto pode acarretar em redução de despesas operacionais (horas extras, redução de turno, entre outros) e, assim, justificar o investimento proposto. No entanto, se o recurso for atualmente uma restrição existem duas possibilidades: i) a empresa terceiriza o excedente de demanda para atender ao mercado e; ii) a empresa não terceiriza e vende menos produtos.

Na segunda hipótese, o potencial de aumento de produção deve ser aplicado para aumentar a produção no recurso restritivo e a produção global da empresa. Isso, logicamente, aumentará o Ganho da organização. Esse aumento poderá ser mensurado pelo somatório da multiplicação do aumento de quantidades possíveis do produto *i* pelo Ganho unitário do produto *i*. Entretanto, talvez o aumento de capacidade proposto seja suficiente para atender a demanda excedente do mercado e ainda sobre capacidade no recurso. Desta forma, deve-se realizar a análise para o caso do recurso não gargalo. Porém, caso ainda haja demanda do mercado, ou seja, o aumento de capacidade não é suficiente para atender ao mercado, é importante analisar-se a viabilidade econômico-financeira de utilizar serviços de terceiros para atender esse mercado. Obviamente que para isso o Ganho do produto incluindo o custo com terceiros deve ser maior do que zero.

$$\text{Aumento do Ganho} = \sum_{i=1}^n (PVi - CTVi) \times \Delta Qi$$

Onde:

PVi: preço de venda do produto *i*;

CTVi: custos totalmente variáveis do produto *i*;

ΔQi: aumento de quantidade do produto *i*.

Já no primeiro caso, o aumento de capacidade deve ser utilizado para internalizar a produção feita em terceiros e, portanto, aumentar o Ganho da empresa, uma vez que o custo com terceiros é um custo totalmente variável. O cálculo deste aumento de Ganho pode ser

feito pelo somatório da multiplicação da quantidade de produtos  $i$  internalizados pelo custos de terceirização do produto  $i$ . Cabe destacar que talvez o aumento proposto de capacidade seja suficiente para internalizar toda a produção feita em terceiros e, caso ainda haja capacidade disponível, deve-se fazer a seguinte pergunta: ainda há demanda de mercado para aumentar as vendas? Caso a resposta seja positiva, deve-se tomar o mesmo procedimento descrito no parágrafo anterior. Em caso negativo, deve-se realizar a mesma análise do caso em que o equipamento não é um gargalo.

$$\text{Aumento do Ganho} = \sum_{i=1}^n CT_i \times Q_i$$

Onde:

$CT_i$ : custo de terceirização do produto  $i$ ;

$Q_i$ : quantidade internalizada do produto  $i$ .

Em suma, a partir do entendimento da relação entre capacidade e demanda do recurso e do aumento de capacidade proposto pelo projeto para o mesmo é possível mensurar de forma bastante realista o Ganho advindo desse projeto. Essa informação é fundamental para pautar os tomadores de decisão de dados concisos para facilitar esse processo decisório.

Voltando ao caso da empresa X, o recurso analisado é o gargalo do sistema produtivo e a empresa não terceiriza a produção do excedente de demanda. Assim, todo aumento de capacidade, advindo da ação proposta, deverá ser utilizado para produzir e vender mais produtos finais. Assim, a empresa poderá comercializar mais 4.621 produtos por mês. Como cada produto possui um Ganho unitário de R\$ 5,20, o projeto proposto acarretaria em um aumento de Ganho mensal da ordem de R\$ 24029,20. No entanto, como para executar a ação proposta seria preciso contratar um colaborador a mais, com um custo mensal de R\$ 2.500,00, o Ganho total mensal do projeto seria de R\$ 21.529,20.

Por fim, como a melhoria proposta necessita de um investimento de R\$ 35.000,00 para compra um novo equipamento de usinagem mecânica, o retorno de investimento (passo 8) dar-se-ia em 1,63 meses ou 49 dias. Assim, a gestão da empresa está munida de dados para tomar a melhor decisão do ponto de vista estratégico para empresa.

## 5 Conclusões do Trabalho

O presente trabalho propôs-se a apresentar um método de análise de investimentos em projetos de melhoria de eficiência produtiva. Para o desenvolvimento do método, fez-se necessária a utilização de conceitos advindos de duas bases conceituais principais: i) Sistema Toyota de Produção e; ii) Teoria das Restrições. Isso se justifica pela complementaridade dos conceitos. O Sistema Toyota de Produção apresenta diversas técnicas para melhoria dos processos produtivos, iniciando pela importante definição do MFP, em que a função processo (fluxo do material) e função operação (fluxo das pessoas e equipamentos) são diferenciadas possibilitando uma real visualização dos problemas a serem equacionados na organização. A TOC, por sua vez, apresenta o conceito de restrição, como elemento que impede a empresa de gerar mais dinheiro e, também, sugere uma lógica básica de focalizar as ações de melhorias nos pontos de alavancagem dos Ganhos para as empresas. Além disso, a TOC apresenta uma abordagem consistente de mensuração de resultados, relacionada a projetos de melhoria nos recursos críticos. Ainda é preciso destacar a base conceitual do TPM que apresenta o conceito de eficiência global que possibilita analisar o efetivo percentual de agregação de valor dos recursos e, a partir de métodos de análise de capacidade *versus* demanda, como o proposto por Antunes *et al.* (2008), possibilita de forma científica identificar o gargalo da organização. Em suma, todos esses conceitos são essenciais para sustentar conceitualmente a formatação do método proposto.

Desta forma, o método foi desenvolvido a partir dos conceitos oriundos dessas duas bases conceituais e apresentado de forma didática, sendo ilustrado através da descrição de uma aplicação de cunho prática em uma empresa do segmento de autopeças. Embora o caso empírico de aplicação tenha sido específico a idéia perseguida é que o método possa ser aplicado em qualquer tipo de projeto de melhoria de eficiência de recursos. No entanto, é preciso destacar que as principais restrições para o sucesso da aplicabilidade do método estão dentro da própria organização: i) necessidade de base de dados qualificada no que tange a tempos de processamento e roteiros de produção; ii) utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão da empresa; iii) identificação dos recursos críticos e estratégicos da empresa; iv) cultura de melhoria contínua para execução de projetos que possam melhorar as eficiências globais da organização e; v) cultura inovadora no que tange a custos para entender, aceitar e utilizar a abordagem da TOC/STP na avaliação dos projetos de melhorias.

Sendo assim, entende-se que o método desenvolvido apresenta robustez teórica e prática. No entanto, é preciso que esse método seja aplicado em outras situações reais para que os usuários nas empresas possam avaliar a aplicabilidade do mesmo, e assim, seja possível aprimorá-lo para torná-lo o mais genérico possível. Ou seja, a limitação principal deste artigo está ligada a possibilidade de generalização do método proposto para além de uma proposição de cunho analítico.

## 6 Referencial Teórico

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Em Direção a Uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. Tese de Doutorado em Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

ANTUNES, J., ALVAREZ, R., KLIPPEL, M., BORTOLOTTI, P., PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre, Bookman, 2008.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Porto Alegre, Bookman, 1998.

CHAKRAVORTY, S. S.; ATWATER, J. B. **Bottleneck management: theory and practice.** *Production Planning & Control*, Vol. 17, No. 5, July 2006, 441–447.

CORBETT, T. **Throughput Accounting and Activity-Based Costing: the driving factors behind each methodology.** *Journal of Cost Management*, p. 37-44, Jan/Feb 2000.

CORBETT, T. **Three Questions.** *Strategic Finance*, 2006

GOLDRATT, E.; COX, J. **A Meta.** São Paulo: Educator, 1997.

HANSEN, R. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros.** Porto Alegre, Bookman, 2006.

HAYES, R. H. **Challenges Posed to Operations Management by the “New Economy”.** *Production and Operations Management Society*, Vol. 11, No. 1, 2002

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.** Cambridge, Massashusetts: Productivity Press, 1988.

NOREEN, E. *et al.* **A Teoria das Restrições e suas Implicações na Contabilidade Gerencial.** São Paulo: Educator, 1995.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Editora Bookmann, 1997.

RON, A. J.; ROODA, J. E. **OEE and equipment effectiveness: an evaluation.** International Journal of Production Research, Vol. 44, No. 23, 1 December 2006

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre, Bookman, 1996.

SIMOS, E. **International Economic Outlook: Resilience in Global Growth Despite Financial Turmoil.** The Journal of Business Forecasting, 2007.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZILBOVICIUS, M. **Modelos para a Produção, Produção de Modelos: gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção.** São Paulo, FAPESP, 1999.