5th International Conference on Information Systems and Technology Management
5º Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistema de Informação
De 04 a 06 de Junho de 2008 - São Paulo - Brasil

DOCT-4

PRODUCT MIX SELECTION: COMPARATIVE ANALYSIS OF ACTIVITY BASED COSTING (ABC), THEORY OF CONSTRAINTS AND "GENERAL MODEL" USING DISCRETIONARY COSTS

Reinaldo Pacheco da Costa (Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil) - rpcosta@usp.br
Ana Maria Nélo (Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil) - ananelo@uol.com.br

The optimal product mix selection must consider internal and external factors of a manufacturing company. The external ones are mainly products prices, industry competition, substitute and complementary products, distribution channels, industrial location, and government taxes amongst others. The internal factors are related mainly to the use of the industrial capacity, to raw materials and human resources supply (prices and quantities), and to joint production. The external factors cause impacts in the prices of the input and final products, while the interns influence mainly the cost of products. In short, the determination of the product mix influences directly the company competitiveness. Our research has done a bibliographical research and a comparative analysis of three important frameworks to support the product-mix optimal decision: Activity based costing (ABC), Goldratt´s Theory of Constraints and the Kee & Schmidt General Model. These methods differ in the way that productive factors are distributed to the products costs. It is shown that the ABC surpasses the two other models for presenting the biggest profit and using less resources in the productive activities, when is considered discretionary costs.

Keywords: Product Mix Decision; Theory of Constraints; Activity Based Management, General Model and Discretionary Costs

DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS: COMPARANDO A TEORIA DAS RESTRIÇÕES, CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E O "MODELO GERAL" COM A UTILIZAÇÃO DE CUSTOS DISCRICIONÁRIOS

A determinação do *mix* de produtos deve considerar fatores internos e externos à empresa. Os externos referem-se principalmente aos preços de produtos, empresas competidoras, produtos substitutos, produtos complementares, canais de distribuição, fornecedores, clientes, localização industrial, impostos, taxas de juros dentre outros. Os fatores internos estão relacionados principalmente ao uso da capacidade industrial, à oferta (preços e quantidades) de matérias-primas e recursos humanos, aos produtos conjuntos etc. Observe-se que os fatores externos causam impactos nos preços dos produtos finais e dos insumos, enquanto os internos influenciam principalmente o custo de produtos. Em suma, a determinação do *mix* de produtos influencia diretamente a competitividade empresarial.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e um estudo comparativo dos três mais importantes modelos utilizados para a seleção do mix ótimo de produtos: O custeio baseado em atividades, a Teoria das Restrições (Goldratt) e o Modelo Geral de *Kee & Schmidt.* Estes métodos divergem em função da maneira com que são apropriados os fatores que compõem o custo dos produtos, e como tratam o uso da capacidade industrial.

O modelo ABC revelou resultados mais consistentes para a definição de *mix* de produtos quando da expansão ou redução de capacidade produtiva, ao se considerarem os custos discricionários.

Palavra-chave: Decisão de *Mix* de Produtos; Teoria das Restrições; Gerência com base em Atividades; Modelo Geral; Custos Discricionários.

1. INTRODUÇÃO

A tomada de decisão sobre o *mix ótimo* de produtos de uma firma industrial exige o conhecimento dos custos e preços de seus produtos. O modelo de decisão utilizado também pode influenciar a seleção do *mix ótimo* de produtos. Os modelos de decisão, por sua vez, não utilizam necessariamente os mesmos métodos de custeio de produtos. Daí a necessidade de se considerarem, para a tomada de decisões sobre o *mix ótimo* de produtos de uma firma industrial não só os métodos de custeio, mas também sua integração com os modelos de decisão, tais como a Teoria das Restrições [TOC], Custeio por Atividades [ABC] e o Modelo Geral [MG] de Kee & Schmidt (2000), considerados os mais importantes na literatura consultada[1].

São vários os métodos de custeio disponíveis para a quantificação dos custos dos produtos, tais como o *custeio direto* (variável); *absorção*, *pleno* (*full cost*), e *custeio por atividades*

[1] A seguinte bibliografia aborda os três (3) modelos citados: KAPLAN (1988;1992) COOPER & KAPLAN (1992); GOLDRATT (1992; 2007); PLENERT (1993); HOLMEN (1995); MALIK & SULLIVAN (1995); KEE (1995); FRITZSCH, (1998); YAHYA-ZADEH (1998); ALBRIGHT (1998); COSTA (1998b); GUERREIRO (1999); KEE & SCHMIDT (2000), ATKINSON, BANKER, KAPLAN & YOUNG (2000); SHEU, CHEN KOVAR (2003); ARAÚJO, COSTA & NÉLO (2004); CARDINAELS, ROODHOOFT & WARLOP (2004); etc

(ABC-*Activity Based Costing*). Estes métodos divergem em função da maneira com que são apropriados os fatores de produção que compõem o custo dos produtos.

Além dos fatores apontados torna-se necessário também que o gestor identifique adequadamente os custos de produção considerando a utilização e restrições de capacidade, porque estas causam impactos nas decisões relacionadas ao *mix ótimo* de produtos, uso da capacidade instalada e terceirização de produtos, componentes e atividades.

A presente pesquisa mostra a seleção do *mix* de produtos em função do uso da capacidade industrial e dos métodos de custeio, analisados conjuntamente por meio de selecionados modelos de decisão, tais como: Teoria das Restrições (TOC), Custeio Baseado em Atividades (ABC) e Modelo Geral (MG).

O *custeio baseado em atividades* [ABC] difere significativamente do *custeio por absorção*, pois para o primeiro método os recursos ociosos não integram os custos dos produtos. O ABC procura medir o tempo de processamento de cada produto através dos coeficientes técnicos de tempo dos processos e atividades. O ABC pode utilizar elementos tanto do método de *custeio direto* quanto do *custeio pleno*.

O ABC surge da necessidade de informações relacionadas ao processo produtivo. Os métodos de custeio não atendiam as necessidades gerenciais, haja vista que seu conteúdo restringia-se às informações financeiras. Para suprir esta necessidade Cooper e Kaplan (1992) desenvolveram relatórios gerenciais informando a quantidade de recursos fornecidos a produção, os recursos usados e os ociosos.

A Teoria das Restrições [TOC] tem como premissa básica a administração da produção a partir dos recursos limitativos, enquanto os recursos não limitativos são desconsiderados porque "a economia de uma hora nos recursos não limitativos não representa ganhos e sim uma miragem"[2]. Para este método os custos considerados relevantes e usados para avaliar os produtos industriais são apenas os valores pagos aos fornecedores – em outras palavras, das matérias-primas –, enquanto os demais gastos são considerados despesas operacionais. Avaliar os produtos com base no preço das matérias-primas tem correspondência nos procedimentos do método de custeio direto.

Diante deste contexto, a **primeira** preocupação desta pesquisa foi comparar se há supremacia entre os métodos de custeio e os modelos geralmente usados para a seleção de *mix ótimo* de produtos. A **segunda** preocupação foi analisar se o Modelo Geral (MG) de Kee & Schmidt (2000) suplanta o ABC e TOC para a seleção de *mix ótimo* de produtos.

A comparação entre os modelos será efetuada com auxílio de programação matemática por duas razões: primeiro, o resultado é mais preciso; segundo, por que os métodos matemáticos ajudam a manter a imparcialidade dos resultados, diferente de quando se reúne um conjunto de números para provar as tendências teóricas do pesquisador.

---

[2] CORREA e GIANESI (1993, p. 148).

2. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica que deu suporte a este artigo pode ser vista em Nelo (2008), a qual abrange as classificações de custos, métodos de custeio e os modelos mais utilizados para a seleção de *mix* de produtos.

O estudo detalhado dos custos fabris, e a forma de atribuí-los a cada produto é um dos objetivos principais de todo o método de custeio. A quantificação do custo do produto tem reflexo direto na rentabilidade do produto.

As restrições de demanda e de capacidade industrial, em geral, e o chamado ***throughput*** (*) norteiam as decisões de *mix* de produtos. A TOC e o Modelo Geral (MG) têm por base o custeio direto (variável), e o ABC tem uma metodologia própria que não se confunde com os dois modelos aqui apresentados. Assim sendo, surgem as principais questões: entre a TOC, o ABC e o Modelo Geral qual deles é mais adequado para determinar o quanto produzir de cada produto? Quais as vantagens, as desvantagens e as contribuições de cada paradigma?

> *(*) Throughput* é um conceito obtido a partir da margem de contribuição; é uma taxa financeira obtida entre a divisão da margem de contribuição pelo coeficiente técnico do recurso limitativo. Por exemplo: a empresa Y elabora os produtos "A" e "B", e suas margens de contribuição unitárias equivalem a $60, $45 respectivamente. Estes produtos necessitam de 12/min e 3/min para seu processamento no processo X; o *throughput* de cada produto corresponde: Produto A = [$60 ÷ 12min] = **$5** e B = [$45 ÷ 3min] = **$15**. Os itens que compõem o *mix* de produtos, neste processo X, são determinados por ordem de *throughput* em cada restrição. Neste exemplo deverá ser produzido o "B" até o limite da capacidade.

O nosso objeto de estudo limita-se a identificar os modelos geralmente aceitos [TOC, AB e MG] para selecionar *mix* de produtos e averiguar os recursos disponíveis à produção industrial a capacidade instalada, necessidade de expansão ou redução e níveis de ociosidade, acrescentando o conceito de **custos discricionários**. Não obstante, podemos assinalar que se trata de uma pesquisa bibliográfica e esta análise dos postulados teóricos será realizada por meio de um estudo de caso didático.

2.1. MÉTODOS DE CUSTEIO

Como calcular o custo unitário de um produto? De acordo com Martins (1996a), desde a Revolução Industrial, quando nasceu o método do custeio por absorção, não havia sido desenvolvido um novo método para calcular os custos unitários dos produtos. O fato é que a manufatura de um produto envolve materiais, recursos humanos, máquinas e custos fixos como aluguéis entre outros; o que a Economia denomina de fatores de produção. Os pesquisadores questionam e divergem sobre como considerar os fatores de produção na composição do custo unitário de um produto.

Vartanian (2000) pesquisou importantes periódicos, incluindo *surveys* e estudos de caso, sobre o cálculo do custo unitário de um produto. Em suas referências constam trabalhos datados de 1937 a 1999. Nesta seleção ele constatou que a maioria dos executivos financeiros e/ou gestores usava o método do custeio pleno e/ou absorção no processo da gestão da produção. Este autor também mencionou que o custeio direto não atingiu 50% do uso na prática empresarial. Não podemos deixar de assinalar as frustrações dos

pesquisadores-empresários e defensores do custeio direto, por exemplo: Barback (1964), Silberston (1970).

Barback, economista *marginalista,* defensor do método de custeio direto, não conseguiu aplicá-lo na sua empresa. Apesar de não obter êxito na implantação do custeio direto, considerou que "os livros didáticos apresentam aplicações simplistas e a realidade empresarial é muito complexa" (Vartanian *apud* Barback, 2000, p. 129), mas em suas conclusões recomenda a aplicação do custeio direto. O custo direto é um substituto natural do custo marginal (da Economia), implicando a *proxy* do cálculo da margem de contribuição ao invés da receita marginal igual ao custo marginal.

Silberston (1970), também um defensor do método de custeio direto, constatou que os executivos usavam o custeio pleno (absorção total) para a definição de preço. O método do custeio por absorção é aplicado pela contabilidade financeira com a finalidade de calcular os custos dos estoques, retirando, assim, variações (em valor) de estoques do cálculo do Lucro da Firma, com a finalidade de cálculo do imposto de renda. O valor dos estoques considera todos os custos fabris, mas o custeio pleno considera a absorção de todos os custos da firma, inclusive os não fabris.

A pesquisa de Silberston (1970) teve muita repercussão devido ao número de questionários enviados e recebidos[3], tais questionários foram enviados aos diretores financeiros e aos gestores de produção. As conclusões de Silberston (1970) são tão radicais quanto às de Barback (1964), também comprovando que os métodos de custeio pleno e absorção são os mais usados nas decisões gerenciais. Relatam as dificuldades práticas para utilizarem o custeio direto, mas suas tendências teóricas influenciam suas opiniões, principalmente quando afirmaram que apesar na realidade empírica, que usa o custeio pleno ou absorção, recomendam o custeio direto para as decisões gerenciais e de produção.

Yoshikawa, Innes e Mitchel (1989) realizaram estudos de casos e pesquisas *surveys* nos EUA e no Japão, e constataram que nas empresas por eles estudadas predominavam o custeio pleno e por absorção. Neste artigo[4] há um desabafo exclusivamente de Yoshikawa em relação às pesquisas empíricas nos dois países: a realidade empresarial era muito diferente do que se relatava.

Na década de 80 vários autores constataram que os métodos tradicionais (absorção e pleno) não apoiavam as decisões de seleção de *mix* de produtos. Estes métodos não forneciam informações relativas aos recursos consumidos, haja vista que os custos da capacidade industrial eram distribuídos (rateados arbitrariamente) às unidades produzidas. O custeio por atividades (ABC - *Activity Based Costing*) foi desenvolvido com o objetivo de superar este problema, que causa grandes distorções no cálculo de rentabilidade dos produtos e, por conseqüência, do *mix* ótimo (Cooper e Kaplan; 1989).

Cooper e Kaplan (1989) acompanhavam as insatisfações dos gestores empresariais em relação aos relatórios contábeis, pois os mesmos não auxiliavam nas decisões gerenciais. Assim sendo, Cooper e Kaplan (1992, p. 1-12) reformularam a demonstração de resultado [Lucros e Perdas] e acrescentaram a este relatório a quantidade de recursos fornecidos e seus respectivos custos, e desenvolveram a mensuração baseada no custeio por atividades

---

[3] 1000/questionários enviados e analisados.

[4] YOSHIKAVA, T. INNES, J. e MITCHELL, F. ***Japanese management accounting: the comparative survey***. Management Accounting, London, U. K. Vol. 67, Nº 10, p. 20-23, November 1989.

(ABC). Nestes relatórios os custos ociosos eram informados por atividades tanto em termos quantitativos quanto financeiros, e ao mesmo tempo separavam-se os custos de produção.

No início da década de 90 Catelli e Guerreiro (1993, p. 1) consideram que entre o GECON [Sitema de Gestão Econômica] e o ABC havia um ponto em comum: o conceito de Atividade. Contudo, refutaram o ABC sob a alegação de que este método é conceitualmente fraco. Ainda afirmam que esta fraqueza diz respeito fundamentalmente à distribuição de custos fixos aos produtos, ou seja, a utilização de *cost drivers* ao invés de outros critérios de rateios. Eles afirmam que estes procedimentos não modificam o comportamento intrínseco dos custos das atividades de apoio, que geralmente são de natureza fixa.

Martins (1996a)[5] ao abordar o ABC no capítulo 8 do seu livro de contabilidade de custos, o denominou de "Absorção Sofisticado". O autor distribui todos os custos aos produtos, e isto induz o leitor a pensar que ABC realmente não difere do método de custeio por absorção (pleno). Na forma de distribuir os custos variáveis indiretos aos produtos e/ou as atividades, Martins (1996a) estruturou a demonstração de resultados que não se assemelha com a proposição de Cooper e Kaplan (1992), nem na forma menos ainda na essência.

Kaplan (1988) assinala que os gerentes necessitavam de informações para avaliar estoques, controlar as operações e mensurar os custos dos produtos. Considera que os métodos de custeio informam sobre os custos dos produtos, mão-de-obra, e *overhead* e estes são distribuídos à produção do período e ainda não informam o custo dos produtos vendidos. Tais sistemas foram modelados para avaliar estoques e para o imposto de renda e não fornecem informações acuradas para controle operacional e gerenciamento do custo do produto.

2.2. MODELOS DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS: TOC, ABC E MG

Novos paradigmas de decisões de *mix* produtos foram desenvolvidos porque os métodos de custeio não respondiam às necessidades gerenciais; este fato conduziu ao desenvolvimento e adaptações de conceitos de outras áreas e à utilização de métodos matemáticos, de modo tal que se formularam pelo menos três *corpus* teóricos para a seleção de *mix* de produtos. Dentre eles serão aqui destacados a TOC [*Theory Of Constraints*], ABC [*Activity-based Costing*] e MG [*General Model*].

Ainda na década de 80 surgiu a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* [TOC]) desenvolvida por Cox e Goldratt (1993). Esta teoria forneceu uma ferramenta popular para a determinação do *mix* ótimo de produtos a partir dos gargalos identificados no processo produtivo.

Em 1993, Cox, Fox e Goldratt (1993), considerados os mentores da TOC lançaram o livro, A *Meta*, cujo objetivo foi descrever a TOC na forma de um discurso literário similar a um "drama épico". O objetivo da TOC é identificar as restrições para otimizar a produção e ao mesmo tempo melhorar o *lead time* dos clientes. O grande mérito dos autores foi encontrar uma linguagem simples para descrever um tema extremamente complexo. Apesar de não

[5] 1996a foi Martins integrou no livro Contabilidade de Custos os dois capítulos sobre o ABC, capítulo 8.

se deter em demonstração mais rigorosa, a Teoria das Restrições como descrita por Cox, Fox e Goldratt (1987) deu origem a vários artigos[6], teses e livros.

A TOC é usada para determinar *mix* de produtos, mas não encontrou adeptos na forma em que fora concebida. Por exemplo, Plenert (1993) analisou o método da TOC e refuta-o argumentando que este não soluciona problemas com múltiplas restrições e que a programação linear é uma ferramenta mais adequada. Plenert (1993, p. 126-133) não questiona o método de custeio da TOC, sua análise é exclusivamente relacionada à capacidade produtiva.

Guerreiro (1999) analisa o mesmo estudo de caso da TOC, corrobora a metodologia de seleção de *mix* de produtos e faz três sugestões ao estudo de casos da TOC: i) os estoques fossem avaliados pelo custo de reposição; ii) os custos financeiros decorrentes do período de estocagem deveriam integrar o resultado do exercício, e iii) atribui uma nomenclatura técnica à TOC.

A partir dos anos 90, Kee (1995); Spoede (1994); Holmen (1995); Yahya-Zadeh (1998); Kee e Schmidt (2000); Sheu, Chen e Kovar (2003), Pegels e Watrous (2005), Albraight e Lam (2006), McNair (2007) Lockhart e Taylor (2007), realizaram estudos comparativos entre o ABC e a TOC para selecionar o *mix* ótimo de produtos.

Kee e Schmidt (2000) consideraram o ABC e a TOC como paradigmas alternativos para avaliar as conseqüências econômicas quando a empresa usa sistemas de custeio tradicionais. Para Kee e Schmidt (2000) a TOC e o ABC podem conduzir a *mix* de produtos inadequados. Para resolver este conflito eles desenvolveram um "Modelo Geral" como sendo o modelo que supera as fragilidades da TOC e do ABC.

Diante dos modelos (paradigmas) de decisão para selecionar *mix* de produtos, consideramos necessário apresentar suas premissas conceituais e a formulação completa das suas equações, e daí repetirmos os testes numéricos realizados por Kee e Schmidt (2000), usando a mesma base de dados e as adaptações conceituais para o TOC, ABC e MG.

Quando Kee e Schmidt (2000) apresentaram o modelo geral, usaram as mesmas restrições de Plenert (1993); as restrições contemplavam os recursos limitativos e não limitativos. Além disso, acrescentaram o conceito de recursos discricionários às equações e consideram o método de custeio direto para avaliar os custos dos produtos. Deste modo, o modelo geral reúne os conceitos da TOC para avaliação dos custos dos produtos, e as restrições à função objetivo são similares as do ABC.

Kee e Schmidt (2000, p. 11) consideram que "a TOC e o ABC são casos especiais à aplicação do modelo geral. Os autores afirmaram que a TOC e o ABC podem conduzir a *mix* de produtos ótimos quando a empresa utiliza o método de custeio tradicional". Porém, à medida que a gerência tem poder discricionário sob os recursos de mão-de-obra e *overhead*, o modelo geral gera o melhor *mix* de produto explorando o máximo os recursos limitativos.

Corrêa e Gianesi (1993; p. 43) também refutaram o método matemático da TOC. Estes autores consideraram que "a heurística usada na TOC não é uma técnica otimizante no

[6] Estudo de caso Elaborado por Cox, Fox e Goldratt foi estudado por: Rodrigues, (1990); Umble e Srikanth (1990) Plenert (1993), Guerreiro (1996) entre outros.

sentido científico do termo". Nada garante que, por sua aplicação, se atinjam soluções ótimas, já que a técnica é baseada em uma série de procedimentos heurísticos, muitos dos quais os proprietários dos direitos de exploração do sistema nem mesmo tornaram públicos até o momento[7].

2.2.1. Custeio Baseado em Atividades [ABC]

O ABC, Custeio Baseado em Atividades, difere significativamente do custeio por absorção, pois os recursos ociosos são separados daqueles efetivamente incorporados aos produtivos. Busca identificar e mensurar os custos em níveis de processos, linhas de produção, atividades, *setups*, matérias-primas. Este método identifica produtos e/ou atividades ineficientes, recursos ociosos e permitem decisões do tipo *make or buy.*

Kaplan e Cooper (1992) descreveram a base conceitual para modelar o ABC que parecia superar os sistemas de custeio tradicionais. Os métodos de custeio tradicionais usam o volume como direcionador para alocar *overhead* tendo como parâmetro as horas de mão-de-obra direta e horas-máquinas. Entretanto, muitos recursos são ligados a produtos individuais e as despesas com os clientes não são proporcionais aos volumes vendidos. Assim, os sistemas tradicionais não medem de forma acurada os custos dos recursos usados na produção e os recursos ociosos.

Pela formatação do resultado[8] [lucro/prejuízo], o ABC mesmo na sua fase inicial não podia ser confundido com o custeio por Absorção, haja vista que separa os custos dos recursos produtivos daqueles custos dos recursos ociosos. Por outro lado, a demonstração do resultado com base no ABC vai além das informações contidas nos custeios tradicionais, e informam tanto financeiramente quanto em termos de unidades físicas [horas máquinas, horas de mão-de-obra].

Martins (2003) considera que o ABC[9] se aplica também aos custos diretos, principalmente à mão-de-obra direta; mas não haverá, neste caso, diferenças significativas em relação aos chamados ' sistemas tradicionais'. A diferença fundamental está no tratamento dos custos indiretos.

As simulações do ABC demonstradas por Martins (2003) não diferem muito dos relatórios tradicionais contábeis; tais relatórios só contêm dados financeiros e não contém os dados dos recursos fornecidos à produção. A essência dos relatórios difere significativamente daquela elaborada por Cooper e Kaplan (1992, p. 1).

Catelli e Guerreiro (1992) efetuaram críticas rigorosas ao ABC. Este fato conduz a necessidade de citar *ipsis litteris* três das críticas mais rigorosas que Catelli e Guerreiro (1992, p. 4-6) atribuíram ao sistema ABC.

---

[7] Hoje: refere-se a 1993.

[8] Em contabilidade o termo resultado expressa lucro se for positivo e negativo ou entre parêntese indica prejuízo. A partir de então usaremos a Resultado Operacional e Resultado Líquido. **Resultado operacional** remete-se aquele decorrente da principal atividade da empresa e há uma alta correlação com o capital de giro e geração de caixa. **Resultado líquido** reflete a eficácia da administração financeira empresarial, inclui os recursos ociosos da produção e outras receitas e despesas que foram realizadas no âmbito empresarial.

[9] Informações sob o ABC só constam no livro de Contabilidade de Custos a partir de 1996.

- As premissas conceituais do ABC não são sólidas. Os defensores do ABC argumentam que os sistemas tradicionais rateiam custos indiretos de fabricação usando como base de rateio o custo de mão-de-obra. À medida que as empresas utilizam tecnologia de produção mais avançada, os custos indiretos de fabricação aumentam e o valor da mão-de-obra direta diminui. Assim, a distribuição dos custos indiretos proporcionalmente à mão-de-obra direta conduz a custo incorreto dos produtos.

- Rateando custos fixos não mais pelo custo da mão-de-obra, e sim, diretamente por outros critérios (*cost drivers*), o custo do produto assim obtido está incorreto. (...) Deste modo, o ABC não muda a realidade dos fatos, de que a grande parcela dos custos indiretos, qualquer que seja o tipo de atividade é de natureza fixa. Assim todo relacionamento dos custos fixos das atividades com os produtos é tão subjetivo e incorreto como ratear esses custos proporcionalmente ao custo de mão-de-obra direta.

- As tecnologias de produção têm aumentado os custos fixos proporcionalmente aos custos variáveis (a empresa do futuro tende a ter como custos somente custos de matéria-prima, energia e serviços de terceiros), esse método de custeio conduzirá a resultados proporcionalmente mais errados. O uso do ABC faz com que se transformem custos fixos em custos variáveis.

O modelo de decisão baseado em custos conduz quase que automaticamente a uma necessidade muito grande de custear atividades e produtos. O produto é responsabilizado por todos os custos, sendo ignorado que os custos fixos independem dos volumes de atividades e de produção. Uma conseqüência desse procedimento de custeio é a pequena transparência da responsabilidade de quem efetivamente toma decisão sobre a estrutura de custos fixos, que são os gestores. Dessa forma, um modelo de decisão inadequado conduz à obtenção de uma informação incorreta.

2.2.2. Teoria das Restrições TOC

Em 1993 Cox e Goldratt (1993) lançaram o livro *A Meta*[10]. O objetivo da TOC é identificar as restrições para otimizar a produção e ao mesmo tempo melhorar o tempo de atendimento [*lead time*] aos clientes. A TOC tem como premissa básica que a gestão de produção deve ser administrada a partir das restrições, e os recursos não-limitativos são desprezados. Esta teoria considera cinco passos básicos para solucionar problemas no processo produtivo.

1º Passo: Identificar as restrições do sistema;

2º Passo: Explorar as restrições maximizando os recursos limitativos. Maximizar as restrições tendo como parâmetro a ordem decrescente dos *throughput* dos itens que compõem o *mix* de produtos.

3º Passo: Analisar o sistema produtivo; se houver outra restrição retorna-se ao 2º passo.

4º Passo: Superar as restrições do sistema

5º Passo: Caso as restrições não sejam exploradas, retorna-se ao primeiro passo.

---

[10] GOLDRATT, E. M. e COX, J. **A Meta, um processo de melhoria continua**. Ed. Educator, São Paulo,1993

Goldratt e Cox (1993) propõem uma mudança no modo de pensar dos gestores trocando ‘ os custos totais’ para os *throughputs* totais’.

Para Goldratt (2007) O objetivo de *A Meta* foi enfocar a necessidade de mudar o paradigma que governa a indústria. O autor considera três obstáculos que impediam a implantação da meta. **Primeiro** - falta de habilidade de propagar a mensagem pela empresa. Não é fácil explicar em poucas horas a mensagem da *Meta*. **Segundo** - os clientes consideravam que o *software* da TOC era um produto elaborado pela metade. **Terceiro** - falta de habilidade de persuasão dentro do novo paradigma dos gestores a fim de que eles permitam a mudança de algumas medidas.

2.2.3. Modelo Geral (Kee e Schmidt)

O Modelo Geral foi desenvolvido por Kee e Schmidt (2000) para auxiliar os gestores de produção na definição de *mix* de produtos que proporciona a melhor utilização dos recursos limitativos e que maximize o lucro empresarial. Este modelo considera que os gestores têm à sua disposição informações relacionadas à elaboração de cada produto: quantidade de matérias-primas [*bill of materials*], tempo de elaboração nos processos e atividades, capacidade das atividades, níveis de ociosidade e demanda por produtos. O modelo Geral presume que os produtos são avaliados pelo método de custeio direto e os gestores têm poder discricionário sob os recursos (ociosos) de mão-de-obra e de *overhead*.

Os recursos não discricionários não são distribuídos para outras áreas, ou seja, são recursos à disposição da produção. Os discricionários podem ser redistribuídos para outras áreas da firma e não são considerados como custos fixos.

3. ESTUDO DE CASO DIDÁTICO

O artigo *“A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions”* Kee e Schmidt (2000) será utilizado como base de estudo, pois permite simulação e discussão a partir da análise dos três modelos de decisão mais utilizados em seleção de *mix* de produtos, além de apresentar discutíveis e polêmicos resultados na seleção do melhor modelo de decisão.

Para simular o *mix* de produtos será usada a programação matemática, onde cada função objetivo (e suas restrições) será formulada de acordo com as premissas teóricas de cada modelo de decisão.

Supondo que a empresa XYZ[11] deseja negociar dois produtos A e B, com os seguintes dados:

- custo das matérias-primas para os produtos A e B equivale a $5,00 e $10, respectivamente;
- mão-de-obra direta (MOD) está limitada a 240.000h e custa o equivalente a $3.840.000;
- horas máquinas disponíveis (HM) correspondem a 600.000h e seu valor monetário é de $2.400.000.

[11] Estudo de caso didático apresentado por Kee e Schmidt (2000, p. 9).

O custo de *projeto* ocorre antes da elaboração do produto. Observa-se que para a empresa elaborar o produto A, deverá pagar por 100 desenhos, que custam $100 cada; enquanto o produto B necessita de 200 desenhos, e estes custam também $100 cada. Observe que esta atividade (ENG) é da categoria "lote"[12], enquanto as atividades de mão de obra (MOD) e máquinas (HM) são da categoria "volume".

Legenda:

i = índice do produto;

j = índice da atividade [MOD, HM e ENG.];

X_{i1} = unidades produzidas do produto i;

K = nível da atividade;

X_{i2} = Variável Binária, [X_{i2} = 1] ou [X_{i2} = 0];

q_{ij}= Quantidade da atividade *j* usada no produto *i*;

Q_{jk} = Capacidade da atividade j no nível k;

D_i = Demanda de mercado do produto i;

C_{jk} = Custo da atividade j no nível k;

C_{io} = Custos das matérias-primas **o** nos produtos **i**;

P_i = preço do produto i;

Z = Resultado da função objetivo;

3.1. ABC – MODELO MATEMÁTICO

Para o Custeio Baseado em atividades (ABC) a função objetivo corresponde ao cálculo da maximização da margem de contribuição total; isto é, margem de contribuição unitária de cada produto (preço unitário de venda deduzido dos custos das matérias primas e das atividades necessárias à elaboração de cada produto), multiplicada pela quantidade a ser produzida deste mesmo produto. Significa dizer que os custos da capacidade estão embutidos no cálculo da margem de contribuição. A função objetivo interage com os recursos limitativos e não limitativos.

$$Z_{ABC} = \sum_{I} (p_i - c_{io}) X_{i1}^{ABC} - \sum_{i,j,k} C_{jk} q_{ijk} X_{ik}^{ABC}$$

Equação 1- Função Objetivo do ABC

A equação 1 reflete a maximização do lucro pela seleção do mix X*ik* pelo método ABC. Como indicado por esta equação, ABC incorpora o custo de materiais, recursos de trabalho e de *overhead* usados na produção para avaliar se deve ser incluído no *mix* ótimo de produtos.

[12] Kaplan. (1992). Na contabilidade gerencial convencional, o custo é uma função, basicamente, de um único direcionador de custos: volume de produção. Sob a óptica da gestão estratégica de custos, outros tipos de direcionadores existem como é o caso de atividades que variam com o "lote".

Sujeito a:

$$\sum_i X_{iK}^{ABC} q_{ijk} \leq Q_{jk} \quad \forall_{j,k}$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \ \forall_i$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad \forall_i$$

$$X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \ \forall_i$$

Equação 2 - Conjunto de restrições do ABC

O primeiro conjunto de restrições limita a quantidade da j_{th} atividade ao nível *k* usado na produção do mix X*ik* à capacidade disponível da atividade. (Restrição de capacidade).

A segunda equação reflete a restrição de demanda para o produto i. Restrição de demanda). As restrições subseqüentes refletem o campo de variação que os valores Xik podem assumir.

3.2. TOC – MODELO MATEMÁTICO

A Teoria das Restrições (TOC) presume que a função objetivo corresponde também à maximização da margem de contribuição, e diverge do ABC por que seus produtos consideram como custo relevante apenas os valores pagos aos fornecedores, ou seja, preço de venda deduzido dos custos das matérias-primas. Neste caso, recursos de trabalho e overhead são tratados como despesas do período. As restrições à função objetivo desprezam os recursos não-limitativos.

Assim sendo, a função objetivo da Z_{TOC} pode ser descrita como segue. Obedece a mesma lógica do algoritmo apresentado em 2.2.2.

$$Z_{TOC} = \sum_I (p_i - c_{io}) X_{i1}^{TOC} - \sum_{i,j,k} C_{jk} Q_{jk} X_{i1}^{TOC}$$

Equação 3 - Função Objetivo da TOC

Sujeito a:

$$\sum_i X_{ik} Q_{ijk} \leq Q_{jk} \quad \forall j,k;$$

$$Xi1 \leq D_i X_{ik} \quad \forall i;$$

$$X_{i1} \geq 0 \ \forall i;$$

$$X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \ \forall i.$$

Equação 4 - Conjunto de Restrições da TOC

3.3. MG – MODELO MATEMÁTICO

No Modelo Geral a função objetivo é similar a da TOC, enquanto as restrições são similares às do ABC (restrições das atividades). O modelo geral difere da TOC e do ABC porque os gerentes têm poder discricionário sobre os recursos de mão-de-obra e de *overhead*.

$$Z_{MG} = \sum_i (p_i - c_{io}) X_{i1}^{MG} - \sum_{j,k} c_{jk} \left(N_{jk} + R_{jk}^*\right)$$

Equação 5 - Função Objetivo do MG

Sujeito a:

$$\sum_{i} qijk\, X_{ik} - N^{*}_{jk} - R^{*}_{jk} = 0 \quad \forall j,k\,;$$

$$N^{*}_{jk} \le N_{jk} \qquad \forall j,k\,;$$

$$R^{*}_{jk} \le R_{jk} \qquad \forall j,k\,;$$

$$X_{i1} \le D_i X_{i2} \quad \forall_i\,;$$

$$X_{i1} \ge 0 \;\; ou\; 1 \quad \forall_i\,;$$

$$X_{i2} = 0 \;\; ou\; 1 \quad \forall_i\,;$$

Equação 6 - Conjunto de restrições do MG

R*jk e N*jk representam as quantidades Rjk e Njk que são consumidas na produção

Rjk e Njk representam as quantidades de Qjk sujeitas ou não ao controle (custos discricionários). Os parâmetros estão demonstrados nas tabelas que seguem.

3.4. Dados básicos

A empresa XYZ tem três atividades: mão-de-obra direta, atividade máquina e *Projetos*. Há uma relação direta entre o número de horas de mão-de-obra e o custo total. Faz-se necessário conhecer os custos unitários das atividades porque o tempo padrão de elaboração de cada produto é diferente bem como a quantidade de desenhos de engenharias [ENG]. Quando se definir o *mix* de produto deve-se mensurar o custo dos recursos usados na produção e dos recursos ociosos.

Tabela 1: Capacidade Industrial – (Quantidades Físicas e Monetárias)

Capacidade das Atividades Produtivas			
	Mão-de-obra	**Horas Máquinas**	**Projetos (ENG)**
Restrições (h)	240.000	600.000	300
Custo total das Atividades ($)	3.840.000	2.400.000	30.000

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

Tabela 2: Recursos Necessários para a produção de A e B (Coeficientes técnicos)

Descrição	**Produto A**	**Produto B**
Tempo de MOD/u	0.5/h	1/h
Tempo de HM/u	1/h	0.5/h
Projetos por produtos	100/ENG	200/ENG
Demanda (u)	500.000	300.000

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

A tabela acima apresenta os coeficientes técnicos de produção para o trabalho (MOD) e para máquinas, e também inclui atividade de projetos (batelada) e não por volume de produção, como é o caso das duas primeiras atividades. Também é apresentada a demanda máxima de cada produto.

A tabela 5, a seguir mostra o cálculo do custo das atividades de trabalho e horas máquinas, nem como da atividade de projetos.

Tabela 3: Custo Unitário das Atividades

Atividades: MOD, Horas Máquinas [HM] e Projetos [DE]	
Custo/MOD	$MOD = \frac{\$3.840.000,00}{240.000h} = \$16,00/h$
Custo/HM	$HM = \frac{\$2.400.000,00}{600.000h} = \$4,00/h$
Custo/ENG.	$ENG = \frac{\$30.000,00}{300ENG} = \$100,00$

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

3.5. Resultados Demonstrados por Kee e Schmidt [2000]

Nesta seção reproduziremos os resultados demonstrados por Kee e Schmidt (2000). Para tanto reproduzimos os cálculos de *mix* de produtos obtidos por meio do método matemático, demonstração do resultado, e algumas críticas relacionadas aos resultados dos três paradigmas: TOC, ABC e MG.

3.5.1. Cálculo da Margem de contribuição para o ABC

A seguir apresentamos alguns cálculos básicos que serão levados em consideração na análise do *mix* de produtos.

Tabela 4 : Margem de Contribuição - Custeio Direto Matéria Prima (Kee e Schmidt, 2000)

Margem de Contribuição	Produto A ($)	Produto B ($)
Preço de Venda	**25.00**	**46.00**
Custos das Matérias-primas	(5.00)	(10.00)
Margem de Contribuição Unitária	**20.00**	**36.00**

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

Para a seleção dos produtos do *mix* pelo ABC necessitam-se conhecer suas margens de contribuição. Os cálculos estão demonstrados na tabela 7.

Tabela 5: Margem de Contribuição - Custeio ABC (Kee e Schmidt , 2000)

Produtos =>	**Produto A ($)**	**Produto B ($)**
Preço de venda	**25,00**	**46,00**
Custo da MOD ($/u)	(0,5/h*16,00) = $8,00	(1,0/h*16,00)= $16,00
Custo das Horas Máquinas	(1h*$4,00) = $4,00	(0,5h*$4,00) = $2,00
Custos Diretos (Matérias-primas)	$5,00	$10,00
Margem de Contribuição	**8,00**	**18,00**

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

A margem de contribuição [MC] é obtida por meio da diferença entre o preço unitário [PVu] e o somatório dos custos [CV] e despesas variáveis [DV] ou $MC = PV_U - \sum\left(CV_U + DV_U\right)$.

Para o cálculo do mix de produto são necessários os cálculos dos *throughput* por produto, mostrados na tabela 7, a seguir:

3.5.2. Cálculo do *throughput* por produto

Tabela 6: Margem de Contribuição *versus* Coeficiente técnico [*Throughput*]

Modelos	**Produto A**	**Produto B**
MOD	$A_{TOC} = \frac{\$20,00}{0,5/h_{MOD}} = \$40,00$	$B_{TOC} = \frac{\$36,00}{1/h_{HM}} = \$36,00$
HM	$A_{ABC} = \frac{\$8,00}{1/h_{MOD}} = \$8,00$	$B_{ABC} = \frac{\$18,00}{0,5/h_{HM}} = \$36,00$

Kee e Schmidt (2000, p. 10)

O 1º passo da TOC é identificar a o recurso gargalo; daí calcula-se o *throughput* desse recurso. Entre a margem de contribuição e o *throughput* recurso prioriza-se a elaboração do produto que apresentar maior *throughput*, quando há uma restrição, até atingir o limite desta restrição.

3.6. Postulado Teórico da Margem de contribuição e do throughput

Façamos a seleção do *mix* dos produtos pelo *ranking de throughput*:
Margem de Contribuição $[MC]_{TOC}$: $MC_A \leq MC_B$;
Throughput $[THP]_{TOC} = THP_A \geq THP_B$.

Deve-se, portanto, priorizar a elaboração do **A** na **<u>TOC e MG</u>**

Margem de Contribuição $[MC]_{ABC}$: $MC_A \leq MC_B$;
Throughput $[THP]_{ABC} = THP_A \leq THP_B$.

CONCLUSÃO:
Deve-se priorizar a elaboração do Produto **B** no **ABC**.

A tabela que segue consta o total dos recursos fornecidos à produção, o *mix* de produto gerado pelo ABC e TOC, os custos dos recursos usados na produção e dos recursos ociosos.

Tabela 7: Demonstração do Resultado

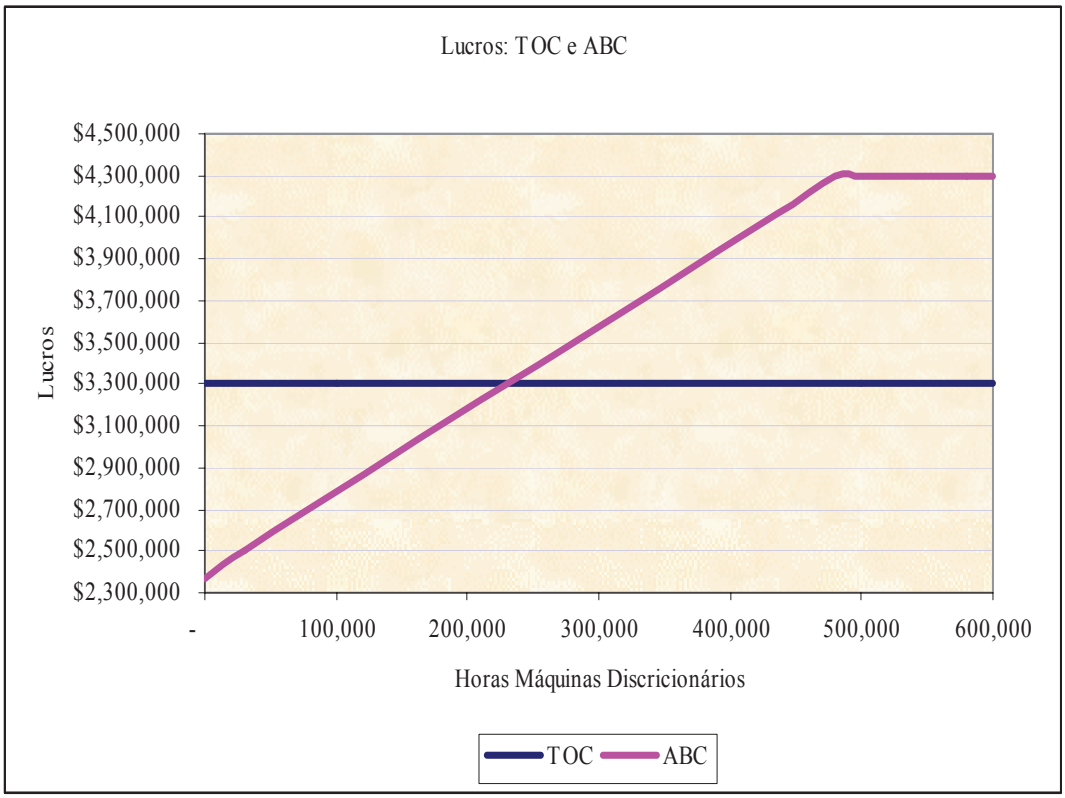
Recursos à Disposição/Produção	**Empresa/Produção**	
Mão-de-obra Direta **(h)**	240.000	
Horas Máquina **(h)**	600.000	
Desenhos/Engenharia **(ENG)**	300	
***Mix* de Produtos**	**A**	**B**
Produção TOC **(u)**	480.000	0
Produção - ABC **(u)**	-	240.000
Recursos Usados na Produção	**TOC**	**ABC**
Mão-de-obra Direta **(h)**	240.000	240.000
Horas Máquina **(h)**	480.000	120.000
Desenhos/Engenharia **(ENG)**	100	200
Recursos não Usados na Produção	**TOC**	**ABC**
Mão-de-obra Direta **(h)**	-	-
Horas Máquina **(h)**	120.000	480.000
Desenhos/Engenharia **(ENG)**	200	100
Demonstração do Resultado	**TOC ($)**	**ABC ($)**
Receita	**12.000.000**	**11.040.000**
(-) Custos dos Recursos Usados na Produção		
Material Direto	(2.400.000)	(2.400.000)
Custo da Mão-de-obra Direta	(3.840.000)	(3.840.000)
Custos da Hora máquina	(1.920.000)	(480.000)
Designers	(10.000)	(20.000)
Lucro Operacional	**3.830.000**	**4.300.000**
Custos dos Recursos não Usados	(480.000)	(1.920.000)
Designers Engenharia	(20.000)	(10.000)
Resultados - Recursos Fornecidos á Produção	**3.330.000**	**2.370.000**

Fonte Kee e Schmidt (2000, p. 10)

O *mix* gerado pela TOC e pelo ABC é diferente porque estes modelos geram margens e *throughputs* distintos na restrição; até este ponto, o *mix* de produto segue o postulado teórico já mencionado. Todavia o lucro operacional ABC supera o da TOC. (ao não se considerarem o conceito dos custos discricionários)

O gráfico a seguir mostra a evolução do lucro quando se consideram variáveis as horas de máquinas discricionárias, para os dois modelos paradigmas.

Gráfico 1 - Resultado ABC e TOC *versus* Horas Máquinas



Fonte: Kee e Schmidt (2000, p.14)

Como a TOC não usa o conceito de custos discricionários, existe uma faixa onde o resultado apresentado pelo ABC é melhor. Kee e Schmidt (2000) ilustraram em suas análises a possibilidade de a empresa elaborar o máximo do produto A e B.

Kee e Schmidt (2000, p. 9-16) classificaram os recursos discricionários em duas categorias:

Custos dos recursos não discricionários em relação à capacidade de produção representam a capacidade definida pelos gestores que se não for usada integralmente na produção, não será considerada como custos da produção.

Custos discricionários são determinados em função da capacidade produtiva, são custos excedentes, mas usados em casos excepcionais. Estes recursos podem ser redistribuídos para outras áreas empresarias e não representam custos para área produtiva. Isto ocorre quando os gestores têm poder de arbitragem sob os níveis de capacidade.

4. ANÁLISE DAS COMPARAÇÕES

Os resultados demonstrados por Kee e Schmidt (2000, p. 9-17) foram recompostos através de simulção e serão demonstrados e analisados a seguir. A tabela 10 mostra os resultados de Kee e Schmidt (2000) para os 3 modelos de decisão:

Tabela 8: Demonstração do Resultado: TOC, ABC e MG

***Mix* Produtos**	**TOC**	**ABC**	**M Geral**
Produto A **(u)**	480.000		240.000
Produto B **(u)**		240.000	120.000
Recursos Usados na Producão	**TOC**	**ABC**	**M. Geral**
Mão-de-obra Direta **(u)**	240.000	240.000	240.000
Horas-Máquinas não Discricionárias **(h)**	300.000	120.000	300.000
Horas-Máquinas Discricionárias **(h)**	180.000	-	-
ENG **(u)**	100	200	300
Recursos não Usados na Produção			
Horas-Máquinas não Discricionárias**(h)**	-	180.000	-
Horas-Máquinas Discricionárias**(h)**	120.000	300.000	300.000
Designers **(u)**	200	100	-
Demonstração do Resultado	**TOC ($)**	**ABC ($)**	**M. Geral ($)**
Receitas	**12.000.000**	**11.040.000**	**11.520.000**
Material Direto	(2.400.000)	(2.400.000)	(2.400.000)
Mão-de-obra Direta	(3.840.000)	(3.840.000)	(3.840.000)
Horas Máquinas	(1.920.000)	(480.000)	(1.200.000)
Designers	(10.000)	(20.000)	(30.000)
Lucro Baseado nos Recursos Usados na Produção	**3.830.000**	**4.300.000**	**4.050.000**
Custo dos Recursos Ociosos	(480.000)	(720.000)	-
Custo dos Designers	(20.000)	-	-
Lucro Líquido	**3.330.000**	**3.580.000**	**4.050.000**

Fonte: Kee e Schmidt (2000, p.13)

Vê-se que o mix de produtos é totalmente diferente para cada modelo.

Foram consideradas: HM (300 mil discricionárias e 300 mil não discricionárias). Total de 600 mil horas e um custo total de $ 2.400.000,00.

Observemos com atenção o Lucro baseado nos recursos usados na Produção e o Lucro Líquido, para os 3 modelos:

TOC – Mix => A = 480.000.

Escolhe o melhor *throughput* (Produto A), e "bate primeiro" na restrição de mão de obra. É o "gargalo" da produção.

Como todos os custos são considerados discricionários, paga toda a MOD ($3.840,00) e toda HM (2.400,00). Lucro líquido igual a $3.330.000,00.

ABC – Mix=> B = 240.000

Escolhe de acordo com a equação de máximo lucro (conforme equação 3), obedecendo as restrições (equação 4). A margem de contribuição (que incorpora o custo das atividades) é bem maior de B do que de A, daí a solução apresentada.

Sobram 180 mil horas não discricionárias (das 300 mil). Portanto "paga" estas horas não discricionárias não utilizadas ($ 720.000,00), o que diminui o Lucro Líquido para $ 3.580.000. Observe-se que se não houvesse o conceito de cusos discricionários, o lucro liquido seria o maior entre os três modelos.

MG – Mix=> A = 240.000 e B = 120.000.

Escolhe de acordo com a equação de máximo lucro (conforme equação 5), obedecendo as suas restrições (equação 6).

Usa as 300 mil HM discricionárias. E obtém o maior Lucro Líquido = $ 4.050.000.

Guardemos estes resultados em mente, sabendo que simulamos aqui ***UM PONTO*** da curva de Lucro Líquido em função das horas máquinas discricionárias, conforme o gráfico 7, adiante, irá simular; e façamos cinco (5) considerações sobre os resultados obtidos.

4.1. PRIMEIRA CONSIDERAÇÃO

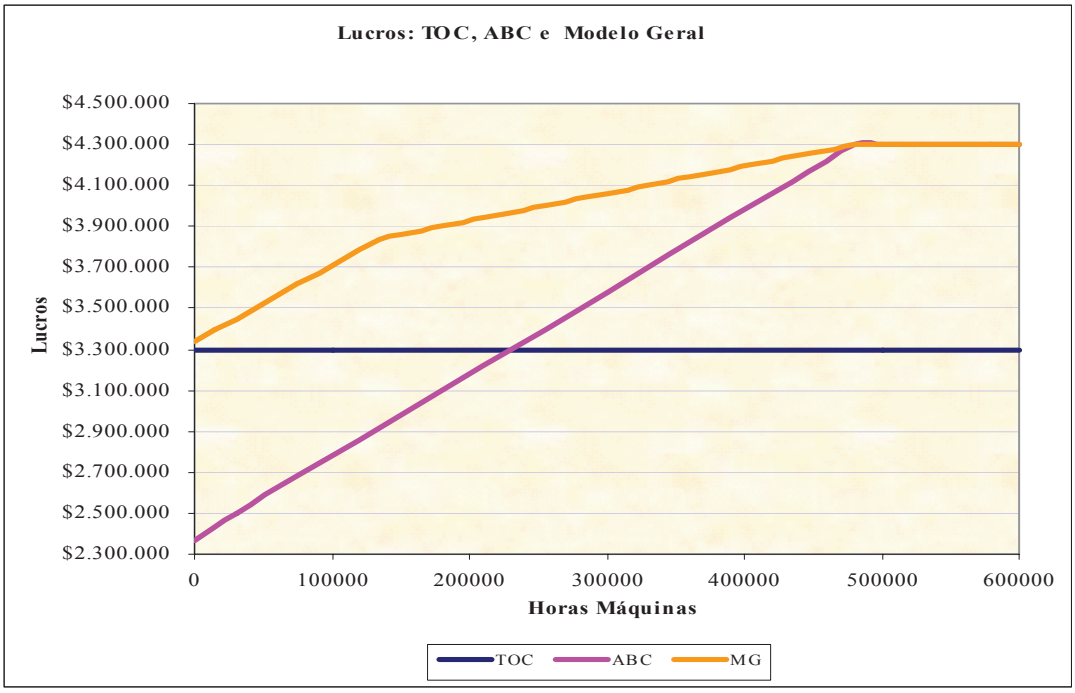
A apresentação de resultados proposta pelo estudo mostra para o MG, com o procedimento (programação matemática) usando capacidade de 300 mil horas máquinas (não discricionárias), um *mix* de A = 240 mil e B = 120 mil. Como existem 600 mil horas disponíveis, as 300 mil resultantes são consideradas não discricionárias. Portanto os recursos discricionários não entraram no cálculo e o lucro apurado foi de $ 4.050 mil. E o *Lucro Baseado nos Recursos Usados se iguala com o lucro Líquido*.

No caso do ABC, usando a mesma base, isto é, 600 mil horas disponíveis, o procedimento nos leva a um *mix* de B = 240 mil. E o lucro líquido de $ 3.580 mil. Com 120 mil horas máquinas usadas, e 180 mil horas não utilizadas, mas pagas (não discricionárias).

No caso da TOC, como todos os recursos são não discricionários, por definição, o mix resultante é de A = 480 mil, com lucro de $ 3.330 mil.

Se forem parametrizadas as horas máquinas como discricionárias, crescentemente, e seu impacto nos lucros, teremos o resultado mostrado a seguir, no gráfico 8.

Gráfico 2: Lucro *versus* Horas Máquinas Discricionárias

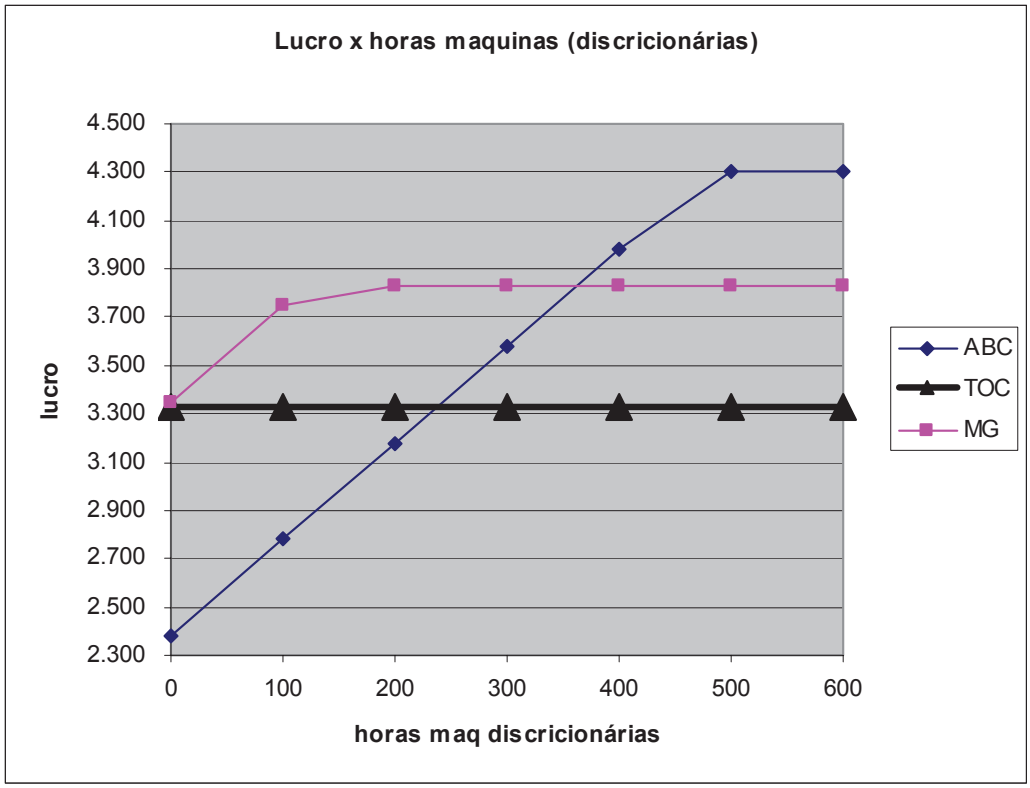


Fonte: Kee e Schmidt (2000, p.15)

Ao fazer uma análise de sensibilidade em função das horas máquinas (discricionárias), como apresentado, o estudo modifica a base de dados. Neste caso, o MG permite variar recursos discricionários de 0 a 600 mil horas máquinas, calculando o lucro final. Ora, com isto há mudança de premissa, pois em certas variações dos recursos discricionários considerados (horas máquinas), há mudança do *mix* de produtos, alterando a base de comparação.

Se considerarmos a mesma premissa para os 3 modelos (sensibilidade dos lucros às horas discricionárias), verificamos uma incongruência dos resultados apresentados por Kee e Schimidt (2000; p. 11), havendo uma MUDANÇA de solução, conforme apresenta o gráfico a seguir, por nós recalculado:

Gráfico 3: Lucro *Versus* Horas Máquinas



Fonte: Autores

O gráfico acima mostra o lucro líquido com a variação dos recursos discricionários (horas máquinas). Observe-se que logo acima de 300 mil horas máquinas (discricionárias), o ABC se mostra melhor modelo de decisão. Até este patamar o MG apresenta melhor lucro líquido.

4.2. SEGUNDA CONSIDERAÇÃO

A TOC considera que nas receitas sejam deduzidos os custos de matérias-primas, enquanto os demais custos de capacidade são considerados despesas fixas do período. Se para a TOC todos os recursos são não-discricionários, então a comparação com os modelos ABC e MG não faz sentido. Salvo se fizermos uma análise (que não foi feita pelo estudo de Kee e Schmidt (2000)), de considerar para o TOC a premissa dos custos discricionários. Ao fazermos este procedimento, descobrimos que o lucro obtido pelo TOC acompanha o do Modelo Geral.

4.3. TERCEIRA CONSIDERAÇÃO

Se Kee e Schmidt (2000; p.1-17) aplicassem a metodologia à TOC, ao ABC e ao Modelo Geral, com a capacidade de 600 mil horas de máquinas (não discricionárias), 240 mil horas de mão-de-obra e 300 projetos, qual seria o *mix* de produto que gera o melhor resultado operacional? É o apresentado pela Tabela 11, a seguir:

Tabela 9 *Mix* de Produtos CONSIDERANDO Atividade Máquinas COM 600.000/h

Mix Produtos	TOC	ABC	Modelo Geral
Produto A	480.000 u	0	480.000 u
Produto B	0	240.000 u	0

Fonte: Autores

Esta é a mudança de premissa que falávamos acima, pois o mix mudou para o MG.

Observe-se que o TOC e o MG apresentam o mesmo mix, e com lucro operacional praticamente idênticos, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 10: Resultado Operacional – Atividade Máquinas 600.000/h

Resultado Operacional	TOC ($)	ABC ($)	Modelo Geral ($)
Lucro Operacional	3.330.000	2.380.000	3.350.000

Fonte: Autores

Se considerarmos que os três modelos têm 600 mil horas não discricionárias, então o modelo que apresenta o resultado mais baixo é o ABC. No tocante a TOC e o modelo geral há uma diferença de $20 mil de Projetos. O modelo geral não considera custo por não produzir o produto B.

A TOC despreza os recursos não limitativos, sob a alegação de que "(...) uma hora que se economiza num recurso não gargalo, não é um ganho, é apenas uma miragem".

4.4. QUARTA CONSIDERAÇÃO

O método matemático da TOC conforme destacado por Fox (Plenert Apud Fox, 1993, p. 133), não soluciona problemas com múltiplas restrições simultâneas. Plenert (1993) criou vários cenários, porém não provou a limitação do método da TOC. Ao aplicar as premissas do método da TOC no estudo e nas situações propostas por Kee e Schmidt (2000), verificou-se a limitação do método matemático da TOC.

Observemos que se fixarmos os recursos em horas máquinas de 300.000 h, o resultado é o apresentado na Tabela 13, a seguir.

Tabela 11: Mix de Produtos – Atividade Máquinas 300.000 h

Mix Produtos	TOC	ABC	Modelo Geral
Produto A	240.000 u		240.000 u
Produto B	120.000 u	240.000 u	120.000 u

Fonte: Autores

Se aplicarmos a metodologia considerando as duas restrições, o resultado da TOC não difere do Modelo Geral.

Tabela 12: Resultado Operacional – Atividade Máquinas 300.000 h

Resultado Operacional	TOC ($)	ABC ($)	Modelo Geral ($)
Lucro Operacional	4.050.000	4.300.000	4.050.000

Fonte: Autores

Se aplicarmos os procedimentos do método matemático da TOC com 300 mil horas máquinas, não seria possível selecionar o mix de produto, porque no arcabouço teórico da TOC não há orientação quando há restrições simultâneas. Neste caso temos duas restrições: 240 mil horas de mão-de-obra direta e 300 mil horas de máquinas. Podemos observar o comportamento dos *throughput*s por atividades, na tabela a seguir:

Tabela 13: Análise dos *Throughputs* dos produtos – Atividade MOD

Throughput	Produto A	Produto b
Margem de Contribuição	$20	$36
Tempo de MOD	0,5/h	1,0h
Throughput	$40,00	$36,00

Fonte: Autores

a) Se o parâmetro de análise for a atividade de mão-de-obra, elabora-se o máximo do **produto A**; e se houver recurso remanescente elabora-se B.

Tabela 14: Analise dos *Throughputs* dos Produtos – Atividade Máquinas

Throughput	Produto A	Produto b
Margem de Contribuição	$20	$36
Tempo de MOD	1,0/h	0,5h
Throughput	$20,00	$72,00

Fonte: Autores

b) Se o parâmetro de análise for a atividade máquinas, elabora-se o máximo do **produto B**; e se houver recursos remanescentes elabora-se A.

As evidências das alíneas "a" e "b" nos induzem à afirmação de que a TOC não soluciona problemas com múltiplas restrições, conforme ilustrado na tabela abaixo.

Tabela 15: Horas Máquinas de Discricionárias *versus* Mix de Produtos

HORAS MÁQUINAS	120	300	480	600
ABC	B = 240 MIL	B = 240 MIL	B = 240 MIL	B = 240 MIL
TOC	B = 240 MIL	2 RESTRIÇÕES	A = 480 MIL	A = 480 MIL
MG	B = 240 MIL	A = 240 MIL	A = 480 MIL	A = 480 MIL

Fonte: Autores

Denota-se que se houver mais de uma restrição simultânea, não se deve afirmar que entre a margem de contribuição e *throughput* elabora-se o produto com maior *throughput*. Todavia deve-se observar que no caso de restrições múltiplas e simultâneas, e se houver inversão de

throughput e os recursos são inversamente proporcionais, as cinco premissas da TOC não orientam a solução deste problema.

Para problemas desta natureza só a programação linear é mais eficiente. Plenert (1993) não demonstrou que a TOC não soluciona problemas com múltiplas restrições, porque no cenário econômico por ele demonstrado as restrições não eram simultâneas. Tanto assim que ao efetuarmos as simulações por ele apresentadas obtém-se o mesmo mix, tanto com o método da TOC quanto da programação linear. Kee e Schmidt (2000, p. 1-17) não refutaram a TOC nem verificaram esta possibilidade.

4.5. QUINTA CONSIDERAÇÃO

Consideremos o seguinte cenário: 120 mil horas máquinas e 240 mil horas de mão-de-obra e 300/projetos. Nos dados iniciais, o produto A usa 100/projetos e o produto B 200/projetos. A restrição é atividade máquina. Já analisamos o *throughput* da atividade máquina para o ABC, a TOC e o MG. Tanto a programação linear quanto o método da TOC resolvem esta situação. Os três modelos resultam no mesmo mix e lucro.

Tabela 16: Mix de Produtos – Atividade Máquinas 120.000/h

Mix Produtos	TOC	ABC	Modelo Geral
Produto A			
Produto B	240.000 u	240.000 u	240.000 u

Fonte: Autores

Os três modelos apresentariam o seguinte resultado operacional:

Tabela 17: Resultado Operacional – Atividade Máquinas 120.000 h

Resultado Operacional	TOC ($)	ABC ($)	Modelo Geral ($)
Lucro Operacional	4.300.000	4.300.000	4.300.000
Lucro Líquido	4.300.000	4.300.000	4.300.000

Fonte: Autores

Este resultado demonstra que se o *throughput* dos produtos obedece ao mesmo *ranking,* o mix de produto é o mesmo independentemente do método de custeio, considerando as horas máquinas não discricionárias.

Com a capacidade de 120 mil horas máquinas e 240 mil horas de mão-de-obra esta situação-problema pode ser resolvida pelo conjunto de equações demonstradas e pela heurística da TOC, haja vista que a atividade limitativa corresponde à atividade de máquinas. Isto nos induz a afirmar que Kee e Schmidt (2000, p. 10) cometeram equívocos ao afirmarem que "a TOC e o ABC são modelos alternativos em relação ao método de custeio tradicional".

5. CONCLUSÕES

A nossa proposta foi realizar uma análise comparativa entre a Teoria das Restrições, o Custeio Baseado em Atividade e o Modelo Geral (Kee & Schimidt (2000). Foram utilizadas como ferramentas de análises:

a) A programação matemática: função objetivo e restrições a esta função formuladas em correspondência com a estrutura teórica da cada modelo;

b) O método heurístico da TOC;

c) A análise dos *throughput* de acordo com a rentabilidade dos produtos;

d) O conceito de custos discricionários;

Os postulados teóricos foram aplicados em estudos de casos testados em pesquisas anteriores; os aqui selecionados foram aqueles que refletiam a nossa proposta de pesquisa.

Considerando que 300 mil horas máquinas não discricionárias e 240 mil horas de mão-de-obra representam restrições à produção, vamos analisar o *throughput* de cada produto de acordo com o tempo de processamento em cada atividade.

a) Considerando o *throughput* da Mão-de-Obra – TOC e MG

***Throughput* – TOC = MG**	**Produto A**	**Produto B**
Margem de Contribuição	$20	$36
Tempo de MOD	0,5/h	1,0/h
Throughput	$40,00	$36,00

b) Considerando o *throughput* Horas Máquinas – ABC

***Throughput* – ABC**	**Produto A**	**Produto B**
Margem de Contribuição	$8	$18
Tempo de MOD	0,5/h	1,0/h
Throughput	$16,00	$18.00

c) Há um preceito na Teoria de Custos: deve-se priorizar o produto que apresenta maior restrição. Por este preceito, o modelo geral iria priorizar o produto A, enquanto o ABC, o B. A estrutura conceitual da TOC impede a aplicação dos custos discricionários e o método matemático usado por seus mentores não soluciona problemas desta natureza.

d) Diante destes resultados devemos escrever uma exceção ao preceito geral: quando há múltiplas restrições simultâneas e os coeficientes técnicos são inversamente proporcionais, elaboram-se os dois produtos.

5.1. Theory of Constraints - TOC

- A TOC só considera recursos limitativos, um de cada vez. No caso, a restrição é mão-de-obra, portanto como a utilização da capacidade de maquinas é de 480 mil, menor que a capacidade colocada de 600 mil, o TOC considera o custo das 600 mil h. como custo discricionário.
- Se os postulados da TOC impedem a utilização do conceito do custo discricionário, então comparações entre modelos devem considerar esta questão.
- Por definição, a TOC considera todos os recursos não limitativos como não discricionários.

5.2. Activity-Based Costing – [ABC]

- A função objetivo contempla os custos das matérias-primas e o custo das atividades (mão de obra e horas máquinas).
- Além da capacidade das atividades, também são considerados os custos discricionários, capazes de afetar o mix de produtos.

5.3. Modelo Geral – [MG]

- Considera o método do custeio direto e conseqüentemente da margem de contribuição, e é igual à gerada pela TOC; os custos das atividades (recursos da capacidade) não são contemplados na função objetivo. Daí a consideração de discricionários ou não para os custos que afetam o mix e o lucro.
- O caso muda as premissas, pois no MG é admitida a princípio a consideração de 600 mil horas de capacidade total, variando o que é discricionário ou não.

5.4. Recomenções

- Para pesquisas futuras devem ser analisados os métodos de custeios e os modelos adequados à política de estoques e vendas.
- Devem ser adicionados à análise também outros componentes de custos, como despesas variáveis de vendas (impostos, fretes, etc.) e preços - não necessariamente constantes com o volume de vendas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT, T. e LAM, M. ***The effect of devations form optimal production schedules on batch-level cost drivers***. Journal of Managerial Issues. Vol. X Number 3, 1998; p. 267 – 296.

_____. **Managerial Accounting and continuous improvement initiatives: restropective and framework**. Journal of Managerial Issues; Summer 2006; 18, 2.

ATKINSON, A, BANKER, R. D.; KAPLAN, R. S.; YOUNG, S. M. **Contabilidade gerencial**. Tradução: André Olímpio Mosselman du Chenoy Castro. São Paulo: Ed. Atlas. 2000

CARDINAELS, E., ROODHOOFT; F. e WARLOP, L. **The value of activity-based costing in competitive pricing decisions**. Journal of Management Research, 16, p. 133. 2004

CARDINAELS, E., ROODHOOFT; F. e WARLOP, L. **The value of activity-based costing in competitive pricing decisions**. Journal of Management Research, 16, p. 133. 2004

CATELLLI, A. e GUERREIRO, R. **Mensuração de atividades: comparando "ABC x GECON"** Cadernos de Estudos, nº 08, São Paulo. 1993.

CORREA, e GIANESI, I.G. N. **Just in time, MRP II e OPT**. São Paulo: Ed. Atlas. 1993

COSTA, Achyles. B. **A Teoria dos Preços e o comportamento empresarial**. Literatura Econômica. IPEA, Vol. 8. Nº 3. 1986a

COSTA, Reinaldo. **Proposta de modelo e implementação de um sistema de apoio a decisão em pequenas empresa.** 1998. 198p.Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998b.

COSTA, Reinaldo P. NÉLO, A. M. ARAÚJO, A. J. **Custos, preços e rentabilidade de produtos.** Revista do CRCPR, Ano 29, nº 139; 2º Quadrimestre de 2004.

GUERREIRO R. **A meta da empresa**. 2ª ed. São Paulo: Atlas. 1999.

HOLMEN, Jay S. **ABC *versus* TOC: It's a metter of time**. Management Accounting. P. 37-40; January 1995.

KEE, Robert. **Integration activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making**. Accounting Horizons**,** v. 9, n. 4, p. 46-61, Dec. 1995.

GOLDRATT, E. **Theory of Constraints**: and how should it be implemented? Great Barrington, MA: North River Press, 1992.

_____. **A meta na prática: livro de exercício da TOC**. São Paulo: Nobel, 2007.

GOLDRATT, E. M. and COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo.** São Paulo: Educator, 1993.

KAPLAN, R. **Yesterday's accounting undermines production**. Harvard Business Review, v. 66, n. 4, p. 95-101, Jul./Aug. 1988.

KAPLAN, R. **In defense ofactivity-based cost management: ABC models can play many different roles to support a company´s operational improvement and customer satisfaction programs**. Management Accounting, 74 (5). 1992;

KAPLAN, R. S e COOPER, R. **Activity-Based Systems: measuring the costs of resource usage**. Accounting Horizons, Sarasota, v. 6, n. 3, p. 1-12, Sep. 1992.

KEE, Robert; SCHMIDT, Charles. A Compartive analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraisnts for making product-mix decisions. **International Journal of Production Economics,** v. 63, n. 1, p. 1-17, Jan. 2000.

LOCKHART, J.; TAYLOR, **A. Enviromental considerations in product mix decisions using ABC and TOC**. Management Accounting Quarterly, v. 9, n. 1, Fall 2007.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custo**. 4. ed. São Paulo: Atlas 1996.

McNAIR, C. J. **Beyond the bounders: future trends in cost management**. Cost Management, v. 21, n. 1, p. 10-21, Jan./Feb. 2007.

NELO, A. Decisão de *Mix* de Produtos: Comparando a Teoria das Restrições, o Custeio Baseado em Atividades e o Modelo Geral com a utilização de custos discricionários**.** Tese apresentada à Escola Politénica da Universidade de São Paulo para obtenção do Titulo Doutor em Engenharia de Produção. 2008. São Paulo.

PEGELS, C.C.; WATROUS, C. **Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 16, n. 3, p. 302, 2005.

PLENERT, G. **Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist**. European Journal of Operation Research, v. 70, n. 1, p.126-133, 1993.

SHEU, C.; CHEN, M.H.; KOVAR, S. **Integrating ABC and TOC for better manufacturing decision making**. Integrating Manufacturing Systems, v. 14, n. 5, p. 433-441, 2003.

SILBERSTON, A. **Surveys of applied economics: price behaviour of firms**. The Economic Jounal. September 1970.

SPOEDE, C. et al. **Using activity analysis to locate profitability drivers**. Management Accounting, v. 75, n. 11, p. 43-48, 1994.

VARTANIAN, G. H. **O método de custeio pleno: uma análise conceitual e empírica.** Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo do Titulo de Mestre. 2000.

ZADEH-YAHYA, M. **Product-mix decisions under activity-based costing with resource constraints**. Journal of applied business research; Fall 1998; 14, 4; p. 39-45).

YOSHIKAVA, T. INNES, . e MITCHELL, F. ***Japanese management accounting: the comparative survey***. Management Accounting, London, U. K. Vol. 67, Nº 10, p. 20-23, November 1989.