ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A ÓTICA DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

SÃO PAULO

2010

ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A ÓTICA DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

SÃO PAULO

2010

ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A ÓTICA DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa

SÃO PAULO

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Saraiva Júnior, Abraão Freires
Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividades e tempo / A.F. Saraiva Júnior. -- São Paulo, 2010.
p. 173

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Custeio baseado em atividades 2. Mistura de produtos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais *Abraão Saraiva* e *Neile Santiago*, fontes de eterno amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu saúde para escrever este texto.

Às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais, Abraão Saraiva e Neile Santiago, que me deram toda a estrutura necessária para que eu pudesse me dedicar aos estudos.

À minha namorada e companheira que amo Cristiane Tabosa pelo incentivo e pela paciência para com os dois anos de distância carregados de solidão.

Aos meus avós paternos, Geraldo Saraiva e Rita Freire, aos meus avós maternos Francisco Santiago *(in memorian)* e Núbia de Oliveira *(in memorian)* e ao meu tio Fábio Bandeira, que sempre me incentivaram a valorizar a família e me ensinaram os valores da vida.

Ao amigo e parceiro Leonardo Augusto que, ao longo dos dois anos do mestrado, foi um verdadeiro irmão que dividiu os momentos mais difíceis e mais alegres da minha estadia em São Paulo.

Ao meu estimado orientador e professor Reinaldo Pacheco da Costa pelos incentivos, conhecimentos/experiências transmitidas e pela luz lançada ao meu futuro como cidadão crítico/pensante e como profissional.

Aos meus irmãos Paulo Anderson e Elger Santiago e ao meu amigo Carlos Tiago pela compreensão para com os dois anos longe do convívio.

Aos professores da Universidade Federal do Ceará Anna Cristina Barbosa, Anselmo Pitombeira e Maxweel Veras Rodrigues, que me serviram de exemplo de dedicação à academia e que guiaram o início da minha trajetória acadêmica.

Aos professores da USP Afonso Fleury, Celma Ribeiro, Davi Nakano, Edson Luiz Riccio, Fábio Frezatti, Fernando Laurindo, João Amato Neto, João Eduardo Furtado, José Aquiles, Marcelo Pessoa, Márcio Borinelli, Maria Cristina Borba, Miguel Santoro, Osvaldo Nassau, Paulino Francischini, Renato Garcia e Welington Rocha, que me transmitiram parte dos seus conhecimentos através de aulas e discussões.

Aos colegas da pós-graduação Adriana Marotti, Ana Daneida, Andréa Oliveira, Anelise Pianna, Flávia Motta, Gabriela Scur, Guilherme Sampaio, Karine Carvalho, Leo Kroth, Luciana Telles, Marcos Domingues, Paula Madeira, Pepe Cardenas, Rosalina de Mesquita, Suelene Mascarini, Thays Murakami, Veneziano Araújo Veridiana Rotondaro, Wander Demonel, e aos vizinhos de pensão Aurora Alves, Israel Cruz e Leandro Astos, que me ajudaram sobremaneira a mitigar as saudades que senti das pessoas que amo.

Aos funcionários da USP, em especial à estimada Lídia Silva, por terem me oferecido o apoio institucional necessário para a realização do meu mestrado.

A todos os outros amigos, colegas, conhecidos e familiares que participaram direta e indiretamente na elaboração desta dissertação.

Viva como se fosse morrer amanhã, mas aprenda como se fosse viver para sempre.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Esta pesquisa versa sobre o tema “decisão de *mix* de produtos” que, em uma visão de Gestão de Produção e Operações, pode ser entendido como a definição da quantidade ideal a ser produzida de cada tipo de produto em um determinado período, considerando que estes competem por um número limitado de recursos, de forma a maximizar o resultado econômico (ex: lucro líquido) da empresa. Os modelos de decisão de *mix* produtos utilizam informações sobre rentabilidade que é determinada a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos dos produtos, custos esses que são mensurados através de métodos de custeio. Dentre os métodos de custeio existentes na literatura, destacam-se o Custeio por Absorção, o Custeio Direto, o Custeio Baseado em Atividades (ABC) e o Custeio Baseado em Atividades e Tempo (TDABC). O TDABC, apesar de lançado na literatura em 2004 e detalhado em 2007 a partir de um livro publicado por Robert Kaplan e Steven Anderson, ainda não foi explorado diretamente pela literatura que versa sobre decisão de *mix* de produtos, ao contrário dos outros métodos de custeio mencionados. Nesse contexto, esta dissertação tem como objetivo primário construir um modelo quantitativo para alicerçar a decisão de *mix* de produtos que incorpore a lógica de custeio do TDABC. Para cumprir o objetivo primário, inicialmente, a dissertação é desenvolvida metodologicamente com a realização de uma pesquisa bibliográfica para discutir conceitos e posicionar a pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos e sobre métodos de custeio, com destaque ao TDABC. Em seguida, utiliza-se modelagem quantitativa com vistas à proposição de um modelo baseado no TDABC para decisão de *mix* de produtos. A partir de um exemplo didático envolvendo um ambiente de manufatura, é ilustrada a aplicação do modelo proposto. Finalmente, conclui-se que o modelo proposto sob a ótica do TDABC é útil para fundamentar a decisão de *mix* de produtos. A dissertação possui, ainda, os objetivos secundários de posicionar teoricamente, de analisar criticamente e de caracterizar as publicações acadêmicas internacionais sobre decisão de *mix* de produtos no tocante (i) aos países nos quais os estudos foram originados, (ii) aos principais canais de publicação (periódicos) dos trabalhos, (iii) aos tipos de pesquisa utilizados e (iv) aos destaques em termos de autores e de publicações mais citados. Para cumprir os objetivos secundários, são realizados um levantamento bibliográfico em três portais de periódicos, uma análise bibliométrica dos artigos prospectados e uma análise crítica do conteúdo das publicações sobre decisão de *mix* de produtos. A partir dos resultados da análise bibliométrica, conclui-se que: (i) a produção acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos apresentou um crescimento considerável a partir de 1991; (ii) 71% das publicações concentram-se em periódicos estritamente relacionados com o campo acadêmico da Gestão de Produção e Operações; (iii) há uma forte concentração das pesquisas em universidades dos Estados Unidos e é relevante o papel de pesquisadores vinculados a instituições de países orientais (Taiwan, Índia e China) na produção acadêmica internacional sobre decisão de *mix* de produtos; (iv) 77% das publicações foram trabalhados pelos autores a partir dos tipos de pesquisa Modelagem Matemática/Quantitativa e Teórico/Conceitual; e (v) Gerrard Plenert, pesquisador da Brigham Young University, foi o autor mais citado nos artigos analisados.

Palavras-chave: Decisão de *Mix* de Produtos. Custeio Baseado em Atividades e Tempo. Análise Bibliométrica. Modelagem Quantitativa.

ABSTRACT

This research addresses the theme "product-mix decision" that, in a Production and Operations Management perspective, can be understood as the definition of the optimum quantity to be produced for each type of product in a given period, considering these products compete for limited resources in order to maximize the firm economic result (e.g. net profit). Product-mix decision models use information on profitability, which is determined from analysis and confrontation between sales prices and costs of the products supplied by the company. These products costs are measured by costing methods. Among the existing costing methods in the literature, Absorption Costing, the Direct Costing, the Activity Based Costing (ABC) and Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) are highlighted. TDABC, despite appearing in the literature in 2004 and detailed in 2007 from a book written by Robert Kaplan and Steven Anderson, has not been directly explored in the literature that deals with the product-mix decision, unlike the other costing methods mentioned. In this context, the dissertation aims primarily to build a quantitative model to underpin the product-mix decision incorporating the TDABC approach. To meet the primary objective, firstly, the dissertation is methodologically developed from a literature research to discuss concepts and positioning the research on product-mix decision and on costing methods, emphasizing TDABC. Then, quantitative modeling is used in order to propose a model based on TDABC to assist product-mix decision. An application of the proposed model is illustrated from a didactic example involving a manufacturing environment. Finally, it is concluded that the model proposed from the perspective of TDABC can be helpful for decision making related to product-mix. Secondarily, the dissertation also aims to position theoretically, to analyze critically, and to characterize the academic literature on the product-mix decision published in international journals with respect to (i) the countries where the studies were originated, (ii) the main journals that publish the studies, (iii) the research approach used, and (iv) the highlights in terms of authors and publications cited. In order meet the secondary objectives, a bibliographic survey on three internet portals, a bibliometric analysis of the prospected papers, and a critical analysis of the content of product-mix decision publications are carried out. The bibliographic survey resulted in 70 academic articles on product-mix decision published in international journals. From the results of the bibliometric analysis, it was found that: (i) product-mix decision academic research has grown since 1991; (ii) 71% of the publications focus on academic journals strictly related to the Production and Operations Management field; (iii) there is a strong concentration of research in American universities and the role of researchers from institutions in Eastern countries (Taiwan, India and China) is relevant in product-mix decision international publication; (iv) 77% of the publications were treated by the authors as from two research approaches: Mathematical/Quantitative Modeling and Theoretical/Conceptual; and (v) the most cited author in the articles analyzed is researcher Gerrard Plenert, from Brigham Young University.

Keywords: Product-Mix Decision. Time-Driven Activity Based Costing. Bibliometric Analysis. Quantitative Modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura.....17
Figura 2 - Estrutura da análise bibliométrica a ser realizada.....23
Figura 3 - Pesquisa realizada no Scopus® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "*mix* de produtos" 24
Figura 4 - Pesquisa realizada no ProQuest® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "*mix* de produtos" 25
Figura 5 - Pesquisa realizada no Web of Science® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "*mix* de produtos" 25
Figura 6 - Estrutura de construção da dissertação.....32
Figura 7 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre decisão de *mix* de produtos.....34
Figura 8 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por periódico de veiculação.....35
Figura 9 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por país de filiação dos autores 36
Figura 10 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por tipo de pesquisa.....37
Figura 11 - Modelo conceitual do custeio por absorção com análise agregada de resultados.....46
Figura 12 - Modelo conceitual do custeio direto/variável com análise de resultados por margem de contribuição.....49
Figura 13 - Evolução da composição dos custos empresariais.....50
Figura 14 - Composição do CAM-I.....51
Figura 15 - Modelo conceitual do ABC.....53
Figura 16 - Detalhamento do modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio.....54
Figura 17 - Diagrama do processo de vendas da Wilson-Mohr.....69
Figura 18 - Heurística da TOC para decisão de *mix* de produtos.....77
Figura 19 - Premissas para geração de solução ótima de mix de produtos com base na TOC.....83
Figura 20 - Lucro líquido da empresa XYZ Ltda. gerado por cada modelo de decisão119
Figura 21 - Visão geral dos elementos e das condições de contorno que compõem o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto.....122
Figura 22 - Diagrama do processo operacional da empresa XYZ Ltda.....138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Taxonomia dos tipos de pesquisa em Gestão de Produção e Operações27
Quadro 2 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos 38
Quadro 3 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos 40
Quadro 4 - Utilidades e aplicações do ABC 56
Quadro 5 - Críticas ao ABC 58
Quadro 6 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do ABC convencional 65
Quadro 7 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do TDABC 67
Quadro 8 - Cálculo dos custos das atividades, da capacidade utilizada e da capacidade ociosa 67
Quadro 9 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo de vendas da Winson-Mohr 70
Quadro 10 - Resumo das principais características e premissas dos métodos de custeio 72
Quadro 11 - Informação sobre mercado, processo produtivo, preços e custos dos produtos da empresa XYZ Ltda. 101
Quadro 12 - Tratamento dos custos indiretos da empresa XYZ Ltda. pela ótica do custeio por absorção e do ABC 103
Quadro 13 - Cálculo da margem de contribuição unitária e do lucro unitário dos produtos 105
Quadro 14 - Cálculo do lucro unitário (total e flexível) com base no ABC (operacional e tradicional) 106
Quadro 15 - Determinação do mix ótimo de produtos com base no modelo do custeio por absorção 107
Quadro 16 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio por absorção com capacidade 108
Quadro 17 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio direto/variável 108
Quadro 18 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade 109
Quadro 19 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do ABC operacional 110
Quadro 20 - Determinação do mix ótimo de produtos com base no modelo do ABC com capacidade 111

Quadro 21 - Determinação do mix ótimo de produtos com base no modelo do ABC tradicional 112
Quadro 22 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base na heurística da Teoria das Restrições 112
Quadro 23 - Resultado econômico obtido com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional” 114
Quadro 24 - Resultado econômico obtido com os modelos “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade” 116
Quadro 25 - Resultado econômico obtido com os modelos “custeio direto/variável” e “custeio direto/variável com capacidade” 117
Quadro 26 - Resultado econômico obtido com a heurística da TOC 118
Quadro 27 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto 133
Quadro 28 – Preço de venda e demanda anual estimada para período em análise 133
Quadro 29 – Custo anual estimado para o Departamento de Montagem 134
Quadro 30 – Custo anual estimado para o Departamento de Pintura Eletrostática 134
Quadro 31 – Custo anual estimado para o Departamento de Preparação de Equipamento 135
Quadro 32 – Custo anual estimado para o Departamento de Engenharia 135
Quadro 33 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Montagem 136
Quadro 34 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Pintura Eletrostática 137
Quadro 35 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Preparação de Equipamento 137
Quadro 36 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Engenharia 138
Quadro 37 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo operacional da empresa XYZ Ltda 139
Quadro 38- Tratamento dos custos indiretos dos departamentos operacionais da empresa ABC Ltda. pela ótica do TDABC 140
Quadro 39 - Tratamento dos custos indiretos dos departamentos de apoio da empresa ABC Ltda. pela ótica do TDABC 141
Quadro 40 - Cálculo do lucro unitário dos produtos com base no TDABC 143
Quadro 41 – Identificação da restrição do processo produtivo da empresa ABC Ltda. 144
Quadro 42 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo decisão baseado no TDABC 144
Quadro 43 - Resultado econômico estimado para o próximo período com base no modelo TDABC 146

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	*Activity Based Costing*
ABM	*Activity-Based Management*
AHP	*Analytic Hierarchy Process*
ANP	*Analytic Network Process*
CAM-I	*Consortium for Advanced Manufacturing, International*
CGF	Custos Gerais de Fabricação
CPV	Custo dos Produtos Vendidos
CTV	Custo Totalmente Variável
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
IJPE	*International Journal of Production Economics*
IJPR	*International Journal of Production Research*
MC	Margem de Contribuição
MD	Material Direto
NP	*Non-Deterministic Polynomial*
OEE	*Overall Equipment Effectiveness*
OPT	*Optimized Product Technology*
PIMJ	*Production and Inventory Management Journal*
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
TDABC	*Time-Driven Activity Based Costing*
TOC	*Theory of Contraints*
WIP	*Work in Process*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES ... 16
1.2 ENUNCIADO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA 18
1.3 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA 20
1.4 METODOLOGIA 21
1.4.1 Análise Bibliométrica 21
1.4.1.1 Primeira etapa da análise bibliométrica 24
1.4.1.2 Segunda etapa da análise bibliométrica 26
1.4.1.3 Terceira etapa da análise bibliométrica 28
1.4.2 Pesquisa Bibliográfica 28
1.4.3 Modelagem Quantitativa 29
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 30
2 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 33
2.1 RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 33
2.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 33
2.3 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 38
3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE CUSTEIO 41
3.1 Teoria das Restrições e Contabilidade de Ganhos 42
3.1.1 Medidas de Desempenho da Teoria das Restrições 43
3.2 CUSTEIO POR ABSORÇÃO E PLENO 44
3.3 CUSTEIO VARIÁVEL 47
3.3.1 Margem de Contribuição 47
3.4 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES 49
3.5 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO 58
3.6 RESUMO DE CARACTERÍSTICAS E PREMISSAS DOS MÉTODOS DE CUSTEIO ABORDADOS 71
4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS 73
4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA SOBRE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS 73
4.2 EXEMPLO DIDÁTICO PARA ILUSTRAR A APLICAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CUSTEIO NA DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS 99
5 PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS 122

5.1 CONDIÇÕES DE CONTORNO DO MODELO A SER PROPOSTO 122
5.2 MODELO PROPOSTO 126
5.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO 130
5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 148
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO 150
6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS 152
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 156
APÊNDICE A - PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS RESULTANTES DA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA 165
APÊNDICE B - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DE PERIÓDICOS DE VEICULAÇÃO 168
APÊNDICE C – LISTA DOS AUTORES DAS PUBLICAÇÕES PROSPECTADAS 169
APÊNDICE D - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DE PAÍSES DE VÍNCULO DOS PESQUISADORES 172
APÊNDICE E - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DOS TIPOS DE PESQUISA 173

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa versa sobre o tema: decisão de *mix* de produtos. Na visão de *marketing*, entende-se como *mix* de produtos o conjunto de todos os produtos e itens que um determinado vendedor coloca a venda para compradores (KOTLER, 1984). Em uma visão de Gestão de Produção e Operações, visão esta que é compartilhada pela corrente pesquisa, entende-se como *mix* de produtos a quantidade ideal a ser produzida de cada tipo de produto em um determinado período, considerando que estes competem por um número limitado de recursos (HODGES. MOORE, 1970), de forma a otimizar o resultado econômico da empresa produtora (FREDENDALL; LEA, 1997). Desta forma, a corrente pesquisa segue a seguinte linha de pensamento, conforme apontam Lea e Fredendall (2002, p. 280): “quando uma empresa possui mais demanda do que capacidade, gestores devem decidir quais produtos produzir em um determinado período. A decisão de *mix* de produtos tipicamente intenciona maximizar lucros”.

1.1 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

Dentro do campo de conhecimento da Gestão de Produção e Operações, consagrado ao estudo do processo de desenvolvimento, planejamento, controle e execução de operações em organizações industriais e de serviços (BERTRAND; FRANSOO, 2002), a atividade de planejamento pode ser segmentada de acordo com o horizonte temporal a ser atingido. Em um artigo publicado no *International Journal of Production Research*, Bahl, Taj e Corcoran (1991) apresentam uma taxonomia das decisões típicas da atividade de planejamento, como mostra a figura 1:

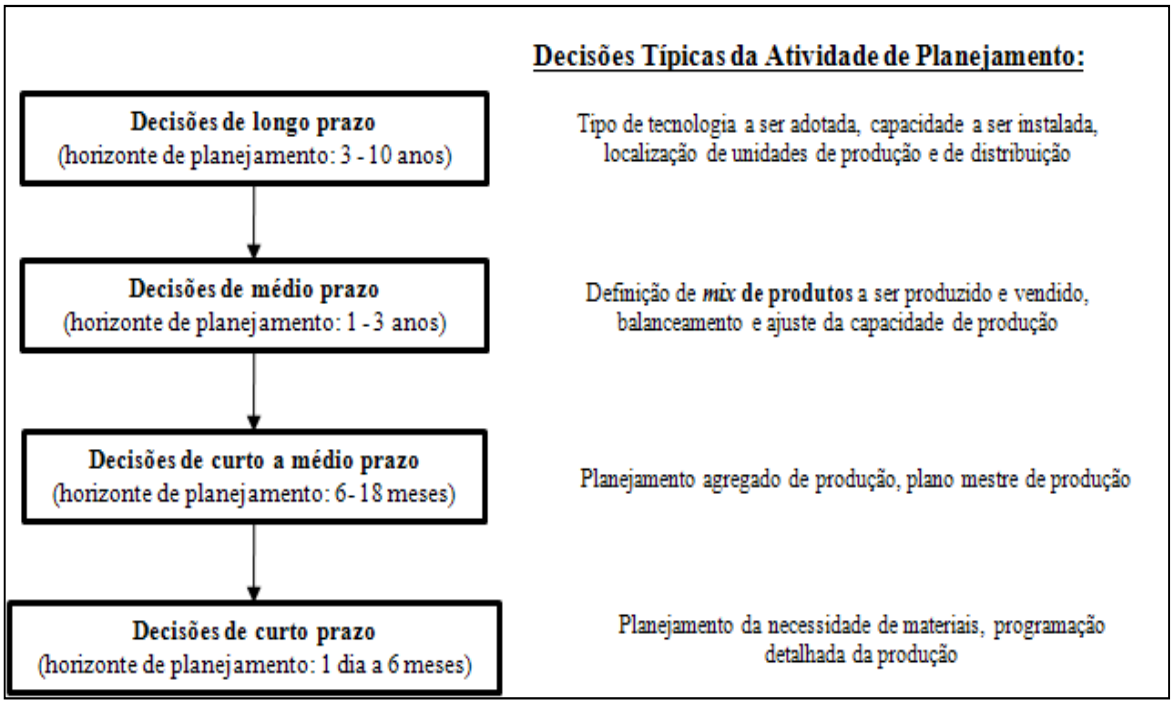

Figura 1 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura
Fonte: Bahl, Taj e Corcoran (1991)

Apesar de o horizonte de planejamento explicitado por Bahl, Taj e Corcoran (1991) para definição de *mix* de produtos parecerem longos para o cenário de rápida mudança e dinamicidade em que as empresas vivem hodiernamente, é oportuno classificar a decisão de *mix* de produtos como uma atividade de planejamento para um período próximo a 1 ano (KEE, 2001), pois decisões deste tipo requerem o comprometimento de vários recursos e departamentos da empresa.

Com base na taxonomia dos tipos ou estratégias de produção apresentada por Krajewski e Ritzman (1999), pode-se afirmar que a decisão de *mix* de produtos investigada na corrente pesquisa possui mais aderência a processos produtivos do tipo *Make-to-Stock* (Feitos para Estoque) em que as empresas produzem itens padronizados e os disponibilizam ao mercado com base em previsões de demanda. Portanto, vislumbra-se que as estratégias de produção *Make-to-Order* (Produção sob Encomenda) e *Assemble to Order* (Montagem sob Encomenda) não são impactados de forma relevante pela pesquisa, pois a decisão de *mix* de produtos sob a égide dessas estratégias de produção recebe pouca influência ou até mesmo "não está nas mãos" dos gestores, tal como afirmam Finch e Luebbe (2000).

1.2 ENUNCIADO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Os modelos de decisão (ex: TSAI *et al*., 2007), seleção (ex: VASANT; BARSOUM, 2006), otimização (ex: WANG *et al*., 2009) ou determinação (ex: KASILINGAM, 1992) de *mix* de produtos são dedicados ao tratamento da mesma problemática: como definir o *mix* de produção e venda de produtos ideal para um determinado período de forma a maximizar o resultado econômico (ex: lucro líquido) da empresa? Em outras palavras, tal como pontuam Mabin e Davies (2003, p. 669), “subjacente ao problema de decisão de mix de produtos está o dilema: quais produtos devem ter prioridade de produção e venda?” Esse tipo de questionamento está presente no pensamento de gestores de empresas, independente da estrutura de mercado (monopólio, oligopólio, concorrência perfeita, etc.) de inserção, pois saber “o quê” e “quanto” produzir são perguntas-chave para qualquer tipo de negócio, seja este de bens manufaturados ou de serviços. Desta forma, problemas de decisão de *mix* de produtos verificam-se como uma das questões mais fundamentais na manufatura (BEGED-DOV, 1983; WANG, *et al.*, 2009), tendo um papel importante na predição de retornos futuros e na robustez econômica das empresas (HASUIKE; ISHII, 2009a).

No tocante a empresas que trabalham com um único tipo de produto, as técnicas de análise aportadas no campo da microeconomia (ex: análise de custos e receitas marginais) deram importantes contribuições para a determinação da quantidade ótima de produtos a serem produzidos e vendidos. No entanto, o crescente aumento da variedade de produtos exigidos pelos consumidores com a abertura do mercado internacional e a consequente elevação da complexidade do processo produtivo (nos termos de Cooper e Kaplan (1988)) no tocante a processos de engenharia, de garantia de qualidade, de programação e de processamento da produção, fizeram com que os modelos de otimização provindos da economia pautados unicamente na análise marginal de custos e receitas perdessem poder explicativo e normativo. Para preencher essa lacuna, os campos da Engenharia de Produção, da Pesquisa Operacional e da Contabilidade Gerencial apresentaram conceitos e técnicas voltados ao entendimento do processo produtivo e dos custos das atividades empresariais. Pode ser destacado o desenvolvimento de modelos de programação

matemática (ex: programação linear), de métodos de custeio (ex: custeio variável e custeio baseado em atividades) e de metodologias de gestão da produção (ex: Teoria das Restrições).

Todas essas contribuições foram importantes para o aprimoramento do processo de planejamento de operações no cenário de produção de multiprodutos. No tocante à decisão de *mix* de produtos não foi diferente. A partir da segunda metade do século XX, modelos matemáticos (ex: HODGES; MOORE, 1970; GRINNELL; 1976) e heurísticas (ex: GOLDRATT, 1990a) foram desenvolvidos com o intuito de determinar as quantidades e os tipos ótimos de produtos a serem produzidos e comercializados por uma determinada empresa. Historicamente, a evolução desses modelos e heurísticas tem relação direta com o desenvolvimento de duas vertentes:

i). Técnicas matemáticas e algoritmos. Tal afirmação pode ser constatada a partir da análise dos trabalhos de: (1a) Byrd Jr. e Moore (1978) que utilizaram programação linear para construir um modelo de *mix* de produtos; (1b) Onwubolu e Muting (2001a; 2001b) que trabalharam a seleção de *mix* de produtos a partir do uso de algoritmos genéticos; (1c) Onwubolu (2001) que propôs um modelo de decisão de *mix* de produtos a partir do uso de algoritmos *tabu search-based*; (1d) Vasante e Barsoum (2006) que abordaram a decisão de *mix* de produtos a partir do uso de programação linear *fuzzy*; (1e) Wu, Chang e Chiou (2006) que fizeram o uso de um algoritmo *psyco-clonal* para construir um modelo de seleção de *mix* de produtos; e

ii). Novas formas de custear produtos. Os modelos de decisão de *mix* produtos utilizam informações sobre rentabilidade que é determinada a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos dos produtos, custos esses que são mensurados através de métodos de custeio. Tal afirmação pode ser constatada a partir da análise dos trabalhos de: (2a) Grinnell (1976) que comparou um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado no método de custeio por absorção com outro baseado no método de custeio direto/variável; (2b) Patterson (1992) que comparou um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado no método de custeio proposto pela Teoria das Restrições com outro baseado no método de custeio direto/variável; (2c) Kee (1995), Kee e Schmidt (2000) e Kee (2001) que compararam modelos de decisão de *mix* de produtos baseado no método de

custeio proposto pela Teoria das Restrições com modelos baseados no método de custeio baseado em atividades.

A presente dissertação contribui para a pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos seguindo a segunda vertente de evolução (métodos de custeio), na medida em que propõe um modelo quantitativo para embasar a decisão de *mix* de produtos que considere as proposições do Custeio Baseado em Atividades e Tempo (*Time-Driven Activity Based Costing* – TDABC) que foi desenvolvido por Kaplan e Anderson (2004, 2007a, 2007b) e que ainda não foi explorado pela literatura que versa sobre *mix* de produtos.

1.3 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA

Esta pesquisa possui o seguinte objetivo primário:

1) Construir um modelo quantitativo para alicerçar a decisão de *mix* de produtos que incorpore a lógica do Custeio Baseado em Atividades e Tempo.

Além dos objetivos primários, esta dissertação possui como objetivos secundários:

2) Caracterizar as publicações acadêmicas sobre o tema “decisão de *mix* de produtos” constantes em periódicos internacionais no tocante aos países nos quais os estudos foram originados, aos principais canais de publicação dos trabalhos, aos tipos de pesquisa utilizados e aos destaques em termos de autores e de publicações mais citados.
3) Posicionar teoricamente, apresentar a evolução histórica e analisar criticamente as publicações acadêmicas do campo de conhecimento sobre decisão de *mix* de produtos.

Para direcionar o estudo tendo em vista o cumprimento dos objetivos, as seguintes perguntas de pesquisa são designadas:

1) Como construir um modelo quantitativo para alicerçar a decisão de *mix* de produtos que incorpore a lógica do Custeio Baseado em Atividades e Tempo?

2) (2a) Quais são os destaques da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos no cenário mundial (instituições, países, autores e periódicos de veiculação)? (2b) Quais são os tipos de pesquisas que mais são utilizados nas publicações acadêmicas sobre o tema veiculadas em periódicos internacionais?
3) Como evoluiu historicamente e a está posicionada a discussão acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos?

1.4 METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos explicitados e responder às perguntas de pesquisa, o presente estudo foi realizado em três momentos. No primeiro momento, foi conduzida uma Análise Bibliométrica para caracterizar as publicações acadêmicas sobre o tema da pesquisa com vistas ao cumprimento do objetivo secundário (2) da dissertação. O segundo momento foi consagrado à realização de uma Pesquisa Bibliográfica (varredura vertical) para construir a evolução histórica, posicionar teoricamente o tema da pesquisa e identificar lacunas teóricas, além de buscar teorias e técnicas com vistas ao preenchimento das lacunas identificadas. Ressalta-se que segundo momento foi destinado ao cumprimento do objetivo secundário (3) da dissertação. No terceiro momento, foi elaborado e proposto um modelo quantitativo para decisão de *mix* de produtos com base na revisão bibliográfica e nas lacunas teóricas levantadas com vistas ao cumprimento do objetivo principal (1) da dissertação. A seguir, são descritos os três momentos juntamente com os métodos e instrumentos de pesquisa utilizados.

1.4.1 **Análise Bibliométrica**

Os primeiros estudos de análise bibliométrica ocorreram no início do século XX e seu conceito pode ser encontrado em Spinak (1996, p.34) como “aplicação de análises estatísticas para estudar as características do uso e criação de

documentos". Em outras palavras, a análise bibliométrica, também conhecida como bibliometria, consiste na aplicação da estatística à bibliografia (FONSECA, 1986). Dentre os métodos quantitativos utilizados para medir e avaliar o conhecimento científico encontra-se a bibliometria que possui como vantagem a possibilidade de amenizar elementos de julgamento individuais (cada artigo ou autor) e produzir resultados quantitativos que tendem a ser a soma de muitos pequenos julgamentos e apreciações realizados por várias pessoas (CASTRO, 1997).

Pesquisas científicas têm utilizado a bibliometria em diversas áreas e para diversos fins, tais como medida de produtividade de autores mediante a construção de distribuições de freqüência de trabalhos publicados, medidas de freqüência do aparecimento de palavras ou expressões em textos sobre um assunto específico e medidas de desempenho sobre núcleos e áreas de dispersão sobre determinado assunto (CARDOSO *et al,* 2005). Conjuntamente com a aplicação de outro método, a análise de citações, podem ser levantadas tendências de concentração em campos, em instituições, em países e em veículos de divulgação (ex: periódicos) das pesquisas (MOREL; MOREL, 1977). Desta forma, a análise bibliométrica aplicada conjuntamente aos estudos ou análises de citação verifica-se fundamental para o entendimento da comunicação científica (ROUSSEAU, 1998).

Tal como preconiza a pergunta de pesquisa (2), este trabalho analisa como os estudos sobre decisão de *mix* de produtos se caracterizam no âmbito internacional. Para isso, inicialmente, fez-se em uma observação global sobre os mais diversos estudos realizados que apresentassem algum indício de possível contribuição para a pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos.

As fontes para a obtenção da massa de dados ara fomentar essa observação global foram os portais Scopus® (2009), ProQuest® (2009) e Web of Science® (2009). Os três portais disponibilizam um amplo acervo que condensa as publicações internacionais dos mais variados temas de periódicos (acadêmicos e não acadêmicos), jornais, dissertações, teses, livros e congressos científicos. Dessa forma, o potencial de informações sobre publicações de pesquisas internacionais presentes no acervo do Scopus®, do ProQuest® e do Web of Science® justifica a escolha destas fontes de dados para esta pesquisa.

A análise bibliométrica foi realizada em três etapas. A primeira etapa foi consagrada ao levantamento bibliométrico sobre os trabalhos acadêmicos construídos em torno

da temática “decisão de *mix* de produtos” veiculados em periódicos internacionais. Na segunda etapa, foi conduzida uma análise estatística nas publicações prospectadas com o intuito caracterizá-las em termos de canais de publicação dos trabalhos, países nos quais os estudos foram originados e tipos de pesquisa utilizados. Na terceira etapa, foram identificados os destaques em termos autores e publicações mais citados. Uma estrutura geral da metodologia utilizada no estudo é apresentada na figura 2:

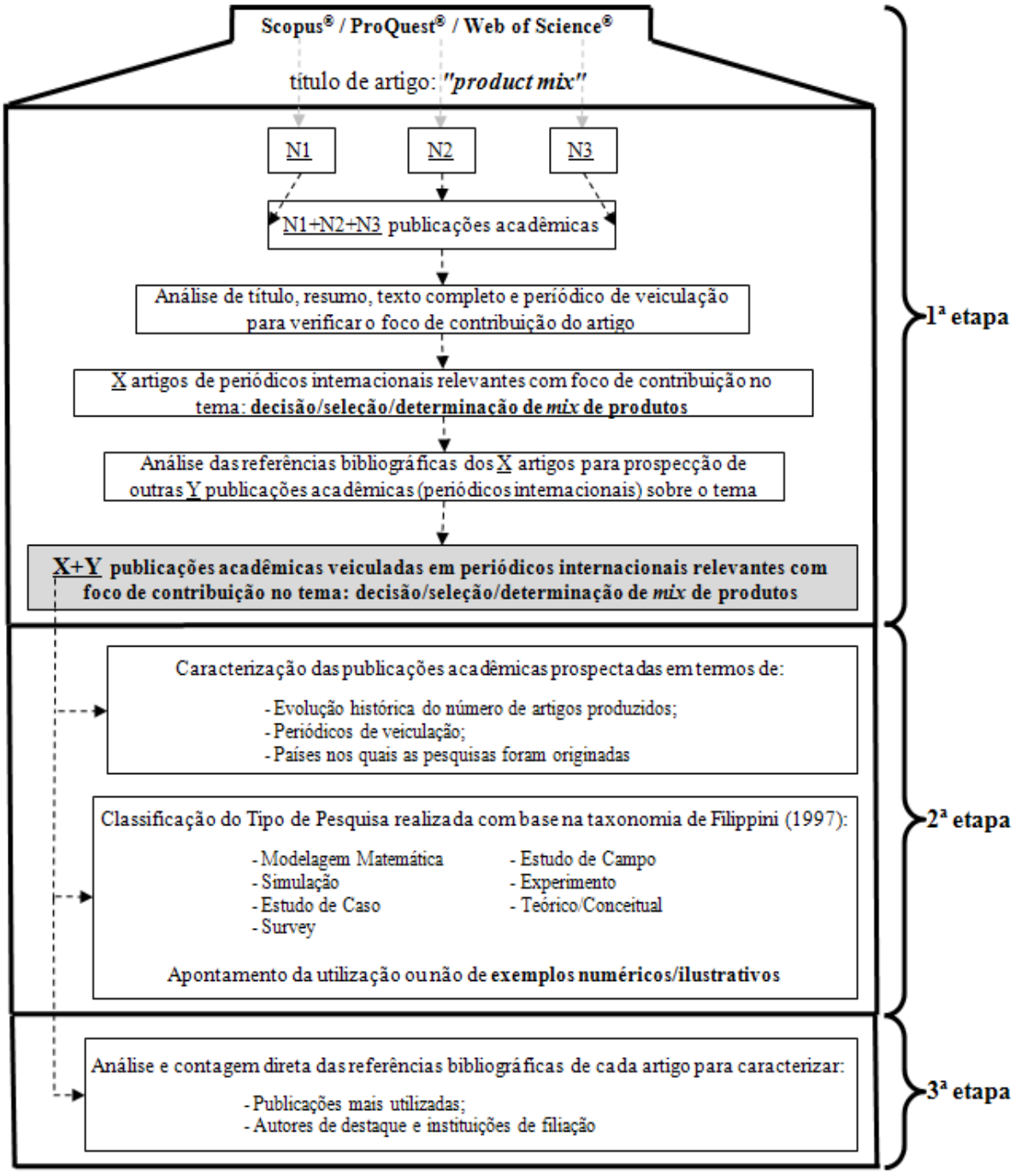

Figura 2 - Estrutura da análise bibliométrica realizada
Fonte: Elaborado pelo autor

1.4.1.1 Primeira etapa da análise bibliométrica

O levantamento inicial consistiu em uma busca, pelos portais da internet Scopus®, ProQuest® e Web of Science®, de todas as publicações acadêmicas realizadas que possuíssem em seu título a expressão "*product mix*", seguindo os critérios apontados nas figura 3, 4 e 5, respectivamente:

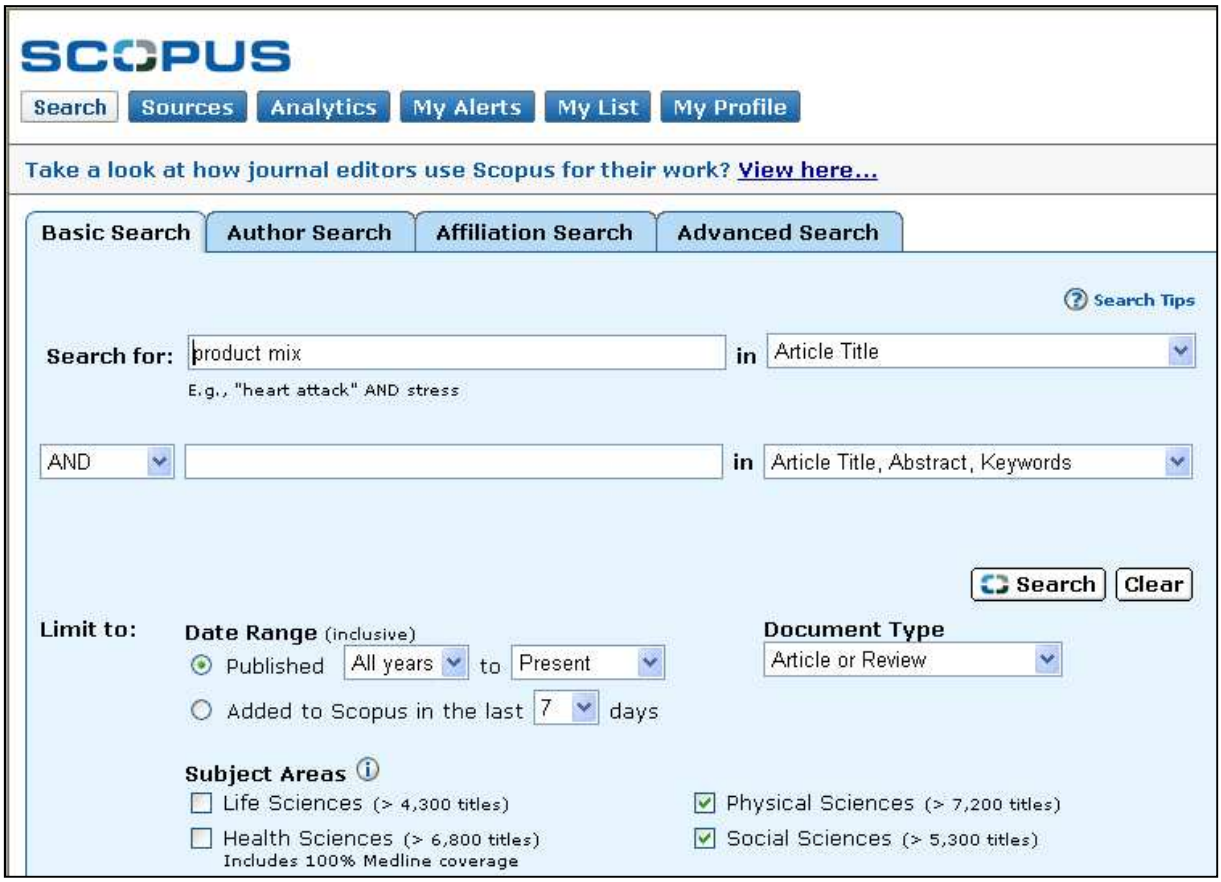

Figura 3 - Pesquisa realizada no Scopus® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "decisão de *mix* de produtos"

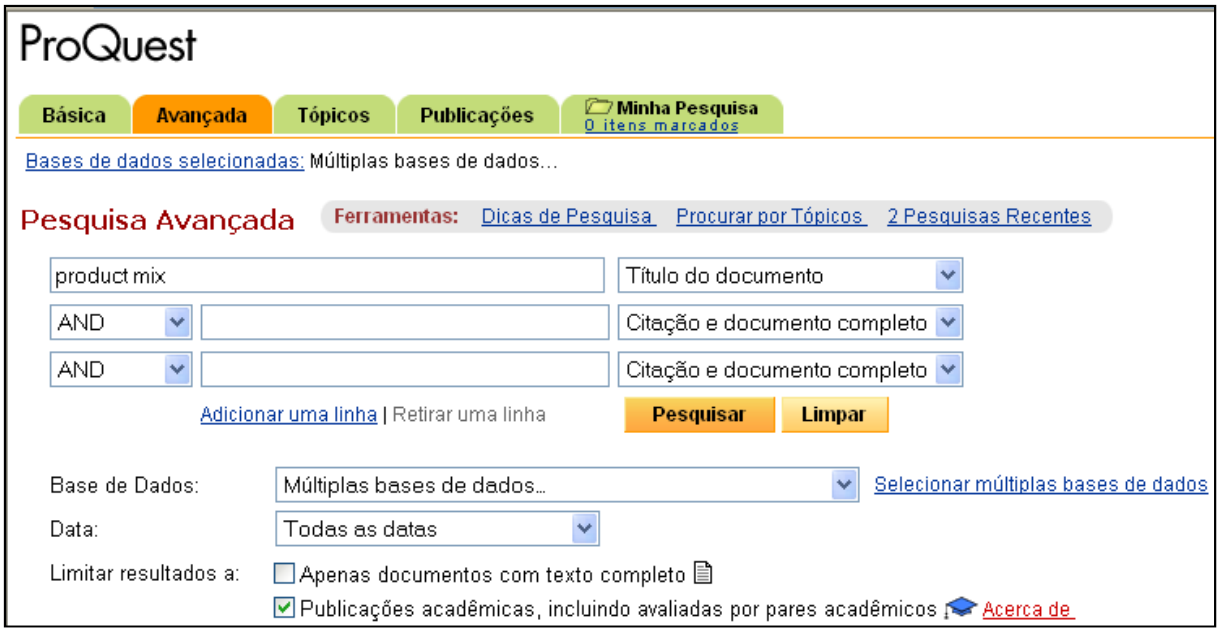

Figura 4 - Pesquisa realizada no ProQuest® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "decisão de *mix* de produtos"

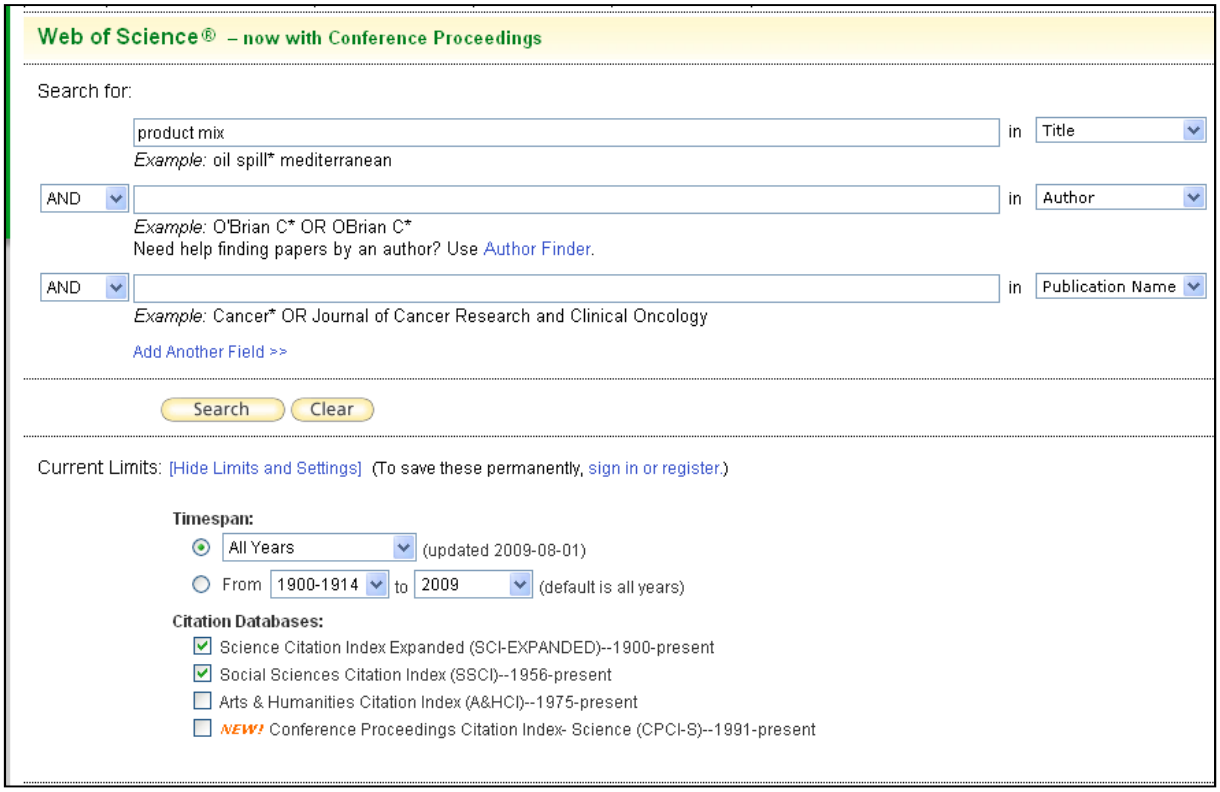

Figura 5 - Pesquisa realizada no Web of Science® sobre publicações acadêmicas em torno do tema "decisão de *mix* de produtos"

Vale ressaltar que apenas artigos publicados em periódicos acadêmicos internacionais relevantes foram selecionados na pesquisa, sendo desconsiderados artigos constantes em livros, anais de congressos e revistas com pouca expressão

acadêmica internacional no campo da Gestão de Produção e Operações (ex: *Chemical Engineering Research and Design*).

Cada artigo resultante das três pesquisas teve o título, o resumo, as palavras-chave, o periódico de veiculação e, em alguns casos, o texto completo analisados para verificar se o foco de contribuição teórica se concentrava no campo da decisão/seleção/otimização/determinação de *mix* de produtos. Em seguida, as referências bibliográficas dos artigos selecionados foram analisadas tendo em vista a prospecção de outras publicações acadêmicas de periódicos internacionais que não foram contempladas pelas três bases de dados exploradas.

1.4.1.2 Segunda etapa da análise bibliométrica

Esta etapa foi consagrada à caracterização das publicações acadêmicas extraídas na etapa anterior. Primeiramente, foi elaborado um gráfico para ilustrar a evolução da quantidade de trabalhos publicados (periódicos internacionais) sobre o tema ao longo do tempo. Em seguida, foram construídas tabelas com distribuições de frequência (absoluta, relativa e acumulada) e gráficos para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos periódicos de veiculação das pesquisas e aos países que sediam as instituições às quais os autores das pesquisas são filiados.

A caracterização seguiu com a análise e classificação dos tipos de pesquisa utilizados em cada publicação. Para esta classificação, foi utilizada a taxonomia proposta por Filippini (1997) que é dedicada às pesquisas realizadas no campo acadêmico da Gestão de Produção e Operações. A taxonomia é apresentada e descrita no quadro 1:

Taxonomia dos Tipos de Pesquisa (FILIPPINI, 1997)	**Transcrição em português a ser utilizada no corrente estudo**	**Descrição do Tipo de Pesquisa (BERTO; NAKANO, 1999)**
Modelling	Modelagem Matemática/Quantitativa	Uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou de parte de um sistema produtivo
Simulation	Simulação	Uso de técnicas computacionais para simular o funcionamento de sistemas produtivos, a partir de modelos matemáticos
Survey	Survey	Uso de um único instrumento de coleta de

		dados (em geral um questionário), aplicado a amostras de tamanho grande, com o uso de técnicas de amostragem e análise estatística.
Case Study	Estudo de Caso	Análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e interação entre o pesquisador e o objeto de pesquisa.
Field Study	Pesquisa de Campo	Outros métodos de pesquisa (principalmente de enfoque qualitativo). Presença de dados de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa.
Laboratory Experimentation	Experimentação	Estudo da relação causal entre duas variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador.
Theoretical/Conceptual	Teórico/Conceitual	Discussões conceituais a partir da literatura, revisões bibliográficas. Modelagens conceituais, baseadas na percepção e experiências do autor.

Quadro 1 - Taxonomia dos tipos de pesquisa em Gestão de Produção e Operações
Fonte: Adaptado de Filippini (1997) e Berto e Nakano (1999)

A escolha desta taxonomia decorre do fato de esta ter sido recorrentemente utilizada como base para a realização de pesquisas relacionadas à produção acadêmica de periódicos e anais de congressos dedicados ao campo da Gestão de Produção e Operações. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Berto e Nakano (1997; 2000) e de Nakano (2008) em que são efetuados levantamentos dos tipos de pesquisa utilizados em 4755 trabalhos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) de 1996 a 2004. Convém ressaltar que Berto e Nakano (1999) delineiam o tipo de pesquisa "*Modelling*" como meramente descritivo. No entanto, a modelagem matemática também pode assumir um caráter normativo, ou seja, desenvolver e indicar políticas, estratégias e ações para solucionar problemas específicos (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Para efeito do corrente estudo, foi apontada a utilização ou não, em cada publicação, de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos para elucidar as proposições e discussões realizadas pelos autores. Convém ressaltar que mais de um tipo de pesquisa foi encontrada em um mesmo artigo, ou seja, houve combinação de tipos de pesquisa. A partir da caracterização dos tipos de pesquisa utilizados nos trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos, foi possível visualizar a forma com que os pesquisadores vêm trabalhando o tema e realizando contribuições para a academia.

1.4.1.3 Terceira etapa da análise bibliométrica

Esta etapa caracterizou-se pela busca dos principais destaques em termos de publicações e autores de pesquisas no campo teórico da decisão de *mix* de produtos, além da identificação das instituições às quais esses autores são filiados. Para tal, foi realizada uma análise de citações na mesma base de artigos examinada na segunda etapa. Para verificar a ocorrência ou não da citação de um determinado autor ou publicação, foram analisadas as referências bibliográficas de cada um dos artigos prospectados. Um autor ou publicação foi contabilizado a cada citação realizada na seção de “referências bibliográficas” dos artigos.

Depois de realizada a contabilização, foram construídas tabelas com distribuições de frequência (absoluta, relativa e acumulada). Com o intuito de facilitar a visualização dos resultados obtidos, os 20 destaques (com maior frequência relativa de citações) em termos de autores, juntamente com as instituições/países a que são filiados, e de publicações foram projetados através de uma tabela que serviu como base para a realização da pesquisa bibliográfica (varredura vertical).

1.4.2 **Pesquisa Bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica tem por finalidade possibilitar o pesquisador de conhecer as contribuições científicas que se efetuaram em relação a um determinado tema e prospectar se determinadas questões de pesquisas já foram levantadas e respondidas. No entendimento de Ruiz (2002, p. 57) “qualquer espécie de pesquisa, em qualquer área, supõe e exige a pesquisa bibliográfica prévia, quer à maneira de atividade exploratória, quer para o estabelecimento do *status quaestionis*, quer para justificar os objetivos e contribuições da própria pesquisa”.

Uma pesquisa bibliográfica se inicia com um levantamento da bibliografia relevante já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita, ou seja, é desenvolvida com base em material já elaborado (GIL, 2002). A finalidade da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo

que foi escrito sobre determinado assunto (TRUJILLO, 1982) de forma tal que seja visualizado e compreendido o “estado da arte” do conhecimento sobre o assunto tanto em termos de problemas já definidos e resolvidos, como também em termos de exploração de novas áreas em que os problemas ainda não se cristalizaram suficientemente (MANZO, 1971).

Para efeito do corrente estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que tomou como base as publicações prospectadas na análise bibliométrica, porém, não somente estas. Também foram investigados conceitos, técnicas e métodos relacionados ao tema presentes em livros, teses, dissertações, anais de congressos e artigos não considerados na análise bibliométrica, mas que poderiam aportar teorias de base para a compreensão do assunto em investigação. Desta forma, buscou-se posicionar o “estado da arte” do tema e apontar lacunas teóricas existentes. Além disso, foram prospectadas no material investigado teorias e técnicas com vistas ao preenchimento das lacunas identificadas. Convém ressaltar que, na corrente pesquisa, as lacunas identificadas foram trabalhadas com a proposição de um modelo quantitativo voltado para a decisão de *mix* de produtos.

1.4.3 **Modelagem Quantitativa**

Em 2002, uma edição do *International Journal of Operations and Production Management* foi dedicada, exclusivamente, para a discussão sobre metodologias de pesquisa no campo da Gestão de Produção e Operações. A edição (volume 22, número 2) apresentou quatro trabalhos que se dedicaram às metodologias: *survey* (FORZA, 2002), estudo de caso (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002), pesquisa-ação (COGHLAN; COGHLAN, 2002) e modelagem quantitativa (BERTRAND; FRANSOO, 2002), esta última a ser utilizada na corrente dissertação.

Bertrand e Fransoo (2002, p. 242) definem a pesquisa baseada em modelagem quantitativa (tradução livre de *model-based quantitative research*) como uma “pesquisa em que modelos de relacionamento causal entre variáveis de controle e variáveis de desempenho são desenvolvidos, analisados ou testados”. Este tipo de pesquisa parte do pressuposto de que é possível construir modelos objetivos que

explicam o comportamento de um processo operacional real ou que pode capturar e lidar com problemas de tomada de decisão que são enfrentados por gestores. Convém ressaltar que as variáveis variam em um domínio (ex: problema de decisão) específico e que os relacionamentos entre estas são de natureza de causa-efeito e expressos de forma quantitativa. Como variáveis de desempenho, Bertrand e Fransoo (2002) consideram tanto medidas físicas (ex: posição de estoques e taxa de utilização de recursos), como também medidas econômicas (ex: lucros, custos e receitas).

No entendimento de Bertrand e Fransoo (2002), existem quatro tipos de pesquisa baseada em modelagem quantitativa: axiomática-descritiva, axiomática-normativa, empírica-descritiva e empírica-normativa. Enquanto que os modelos axiomáticos são baseados em construções teóricas e o seu desenvolvimento está fortemente ligado à evolução dos métodos e técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais (ex: modelos de otimização matemática), os modelos empíricos concernem às pesquisas que visam adequar observações de fenômenos reais (*real-life*) à ações, sendo os modelos provindos de observações empíricas. As pesquisas quantitativas com caráter descritivo têm como foco a construção de modelos que expliquem e descrevam determinado fenômeno ou processo com o intuito de torná-lo compreensível. Já as pesquisas com caráter normativo objetivam propor modelos com vistas ao desenvolvimento de estratégias, políticas e ações que apresentem resultados superiores aos dos modelos existentes na literatura e ao alcance de uma solução ótima para um determinado problema (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Para efeito da corrente pesquisa, entende-se que é realizada a proposição de um modelo quantitativo de cunho axiomático, pois este se baliza por construções teóricas e não envolve investigações empíricas; e normativo na medida em que indica ações voltadas para o processo de tomada de decisão sobre *mix* de produtos.

1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Ao abordarem o desígnio de textos científicos gerados a partir de pesquisas de pós-graduação, Salvador (1987) e Silva e Menezes (2005) pontuam que a contribuição esperada de uma dissertação está ligada à sistematização do conhecimento sobre determinado tema, diferentemente de uma tese, que envolve o oferecimento de uma contribuição teórica inédita tanto para uma área do conhecimento bem sedimentada, como também para uma área ainda em processo de consolidação. Desta forma, mesmo com algumas limitações, entende-se que os objetivos e as questões de pesquisa da corrente dissertação contemplam tanto uma sistematização do conhecimento sobre decisão de *mix* de produtos na medida em que realizará uma análise bibliométrica e uma pesquisa bibliográfica, como também uma contribuição inédita ao campo acadêmico da Gestão de Produção e Operações na medida em que aborda a decisão de *mix* de produtos sobre a ótica do TDABC em um ambiente de manufatura. Para tal, a dissertação é organizada em seis capítulos:

- Capítulo 1: Definição da problemática abordada; inserção do tema no campo da Gestão de Produção e Operações; definição dos objetivos e explicitação das perguntas de pesquisa que balizam o estudo; e definição da metodologia da pesquisa utilizada.
- Capítulo 2: Resultados da Análise Bibliométrica realizada para caracterizar as publicações acadêmicas sobre o tema da pesquisa (resposta à pergunta de pesquisa 2).
- Capítulo 3: Pesquisa Bibliográfica (varredura vertical) sobre métodos de custeio (resposta à pergunta de pesquisa 3).
- Capítulo 4: Pesquisa Bibliográfica (varredura vertical) sobre decisão de mix de produtos.
- Capítulo 5: proposição de um modelo quantitativo para decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC; ilustração da aplicação do modelo quantitativo proposto a partir de um exemplo didático/ilustrativo/numérico; e análise dos resultados obtidos (resposta à pergunta de pesquisa 1).
- Capítulo 6: conclusões e limitações do estudo; indicação de perspectivas futuras para a pesquisa sobre o tema.

Depois de findado o capítulo 6, é exibido o referencial teórico utilizado e são apresentadas informações suplementares na forma de apêndices. A figura 6 apresenta a estrutura geral de construção da dissertação:

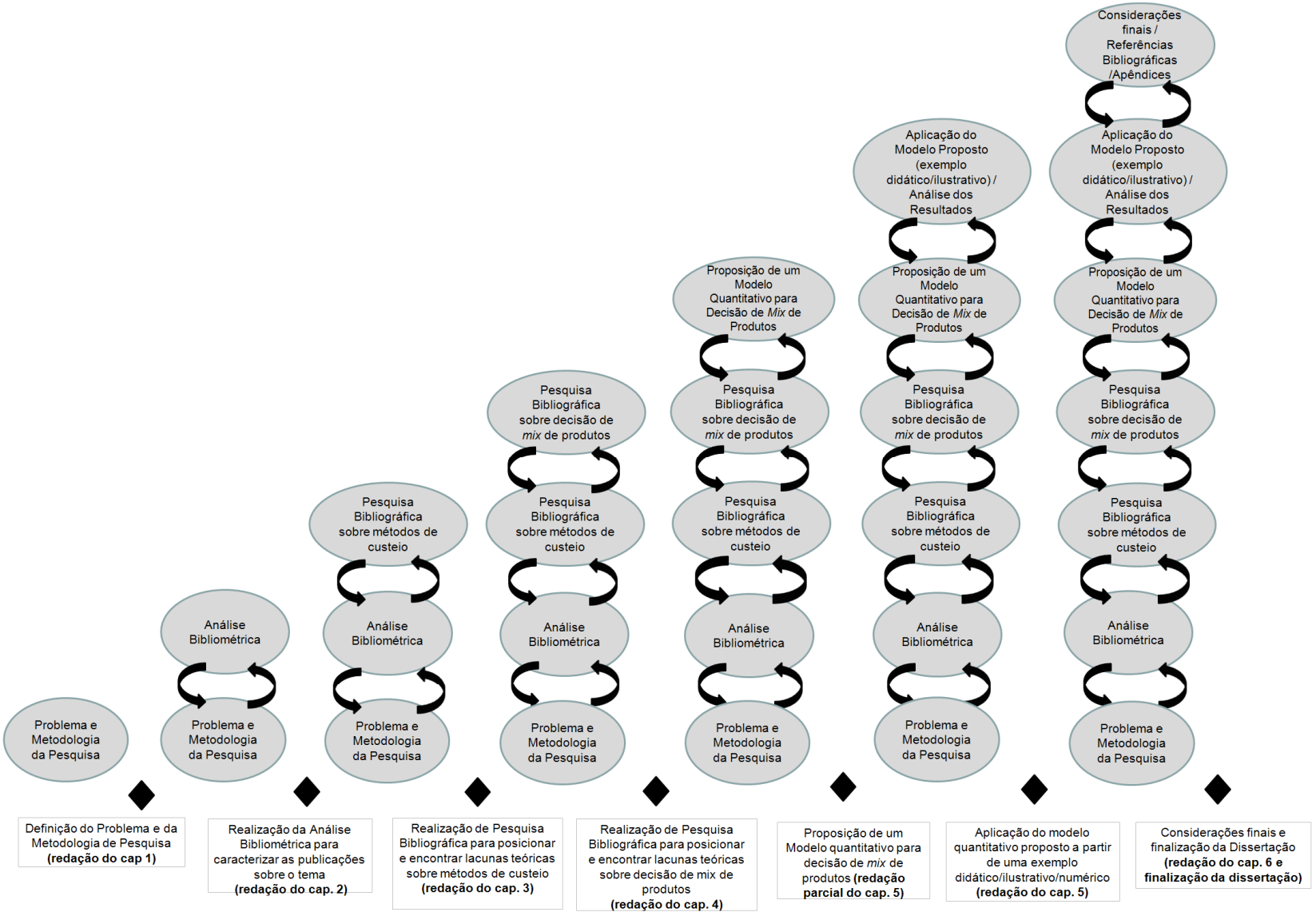

Figura 6 - Estrutura de construção da dissertação
Fonte: Elaborado pelo autor

2 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Esta seção dedica-se a expor os resultados obtidos com a prospecção de publicações acadêmicas nos portais Scopus®, ProQuest® e Web of Science® até o ano de 2009. Os resultados são apresentados para cada uma das três etapas da análise bibliométrica.

2.1 RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A pesquisa na base de dados Scopus® trouxe, como resultado, 159 publicações acadêmicas, enquanto que o ProQuest® apresentou 104 e o Web of Science® 138. Após análise do título, do resumo, das palavras-chave, do periódico de veiculação e, em alguns casos, do texto completo de cada artigo, foi verificado que 45 deles possuíam foco de contribuição teórica concentrado no campo da decisão/seleção/otimização/determinação de *mix* de produtos e estavam veiculados em periódicos academicamente relevantes para a Gestão de Produção e Operações. A partir da análise da seção “referências bibliográficas” de cada um dos 45 artigos, foram identificados e prospectados outros 25 trabalhos constantes em periódicos internacionais, totalizando 70 publicações acadêmicas sobre o tema em estudo (ver apêndice A). Convém observar que o portal de periódicos da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES foi utilizado de forma indireta como fonte de consecução, em formato digital, de alguns dos artigos prospectados.

2.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

De posse dos 70 artigos, caracterizou-se a evolução da quantidade de trabalhos publicados (periódicos internacionais) sobre o tema ao longo do tempo, como mostra a figura 7:

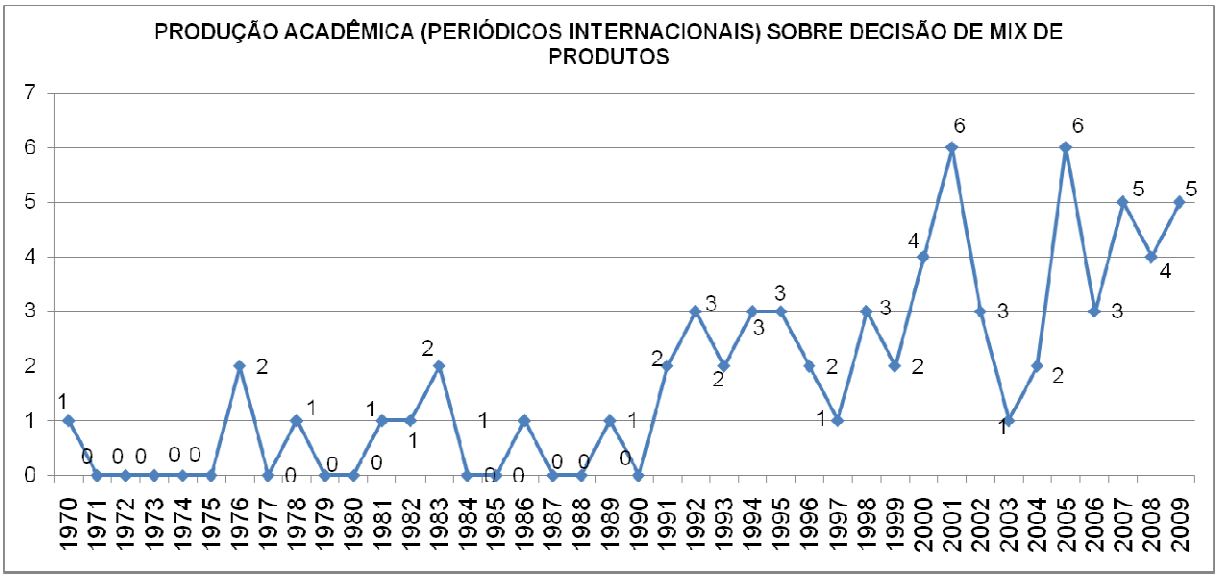

Figura 7 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre decisão de *mix* de produtos.
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na figura 7, pode-se observar que a produção acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos apresentou um crescimento considerável a partir do ano de 1991. Uma provável explicação para este achado diz respeito ao fato de que o número de publicações (principalmente livros) que forneceram sustentação teórica para a decisão de *mix* de produtos no campo da Gestão de Produção e Operações e de áreas afins (ex: Contabilidade Gerencial) começou a se intensificar no final da década de 1980 (ex: GOLDRATT; COX, 1984; GOLDRATT; FOX, 1986; COOPER; KAPLAN, 1988).

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos periódicos de veiculação das pesquisas, foram construídas tabelas com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndice B) da incidência de cada veículo de divulgação. Para visualizar os resultados obtidos, os dados foram apresentados na forma de gráfico de Paretto, como mostra a figura 8:

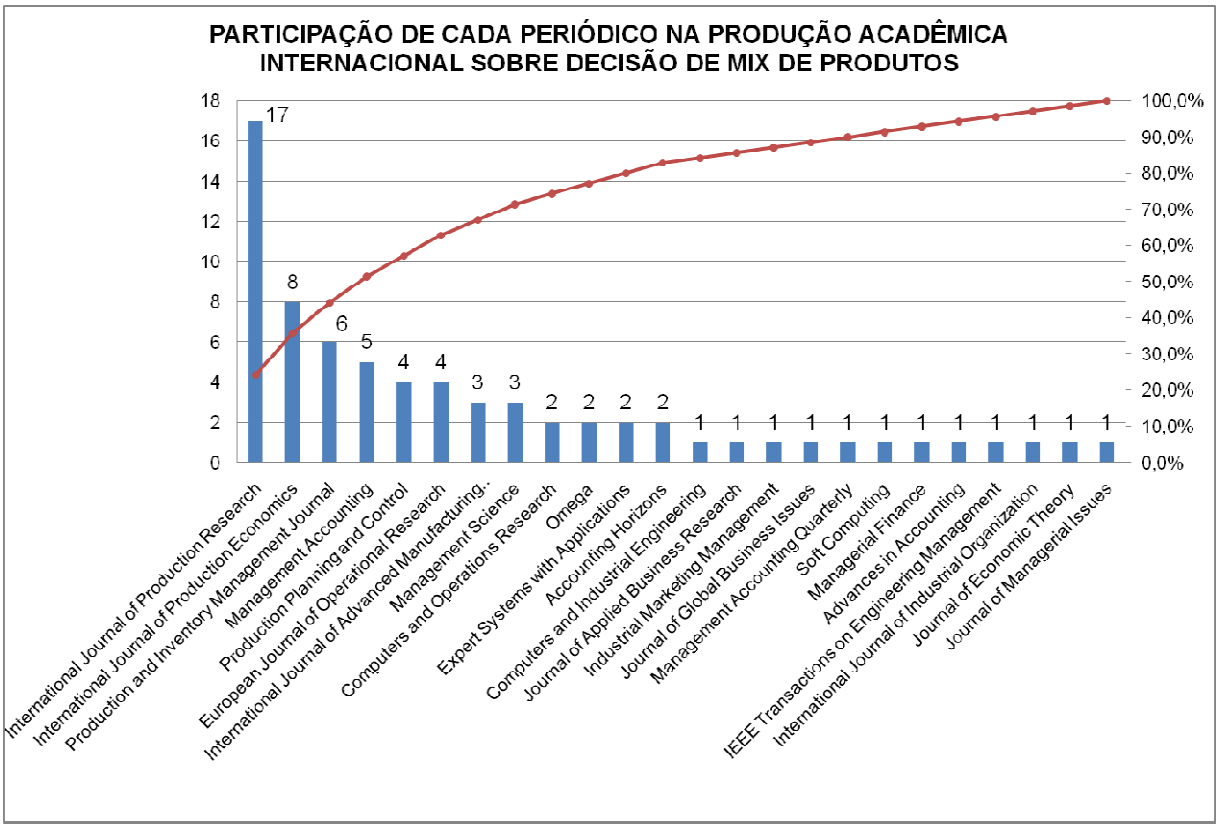

Figura 8 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por periódico de veiculação
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na figura 8, pode-se concluir que 71% das publicações (50 de um total de 70) concentram-se em cerca de 33% dos periódicos (8 de um total de 24) e que os principais veículos de divulgação das pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos são estritamente relacionados com o campo acadêmico da Gestão de Produção e Operações (*International Journal of Production Research* - *IJPR*, *International Journal of Production Economics* - IJPE e *Production and Inventory Management Journal* - PIMJ).

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos países que sediam as instituições às quais os autores dos artigos são filiados, também foram construídas tabelas com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndices C e D) da incidência de cada país. Os resultados obtidos foram apresentados na forma de gráfico de Paretto, como mostra a figura 9:

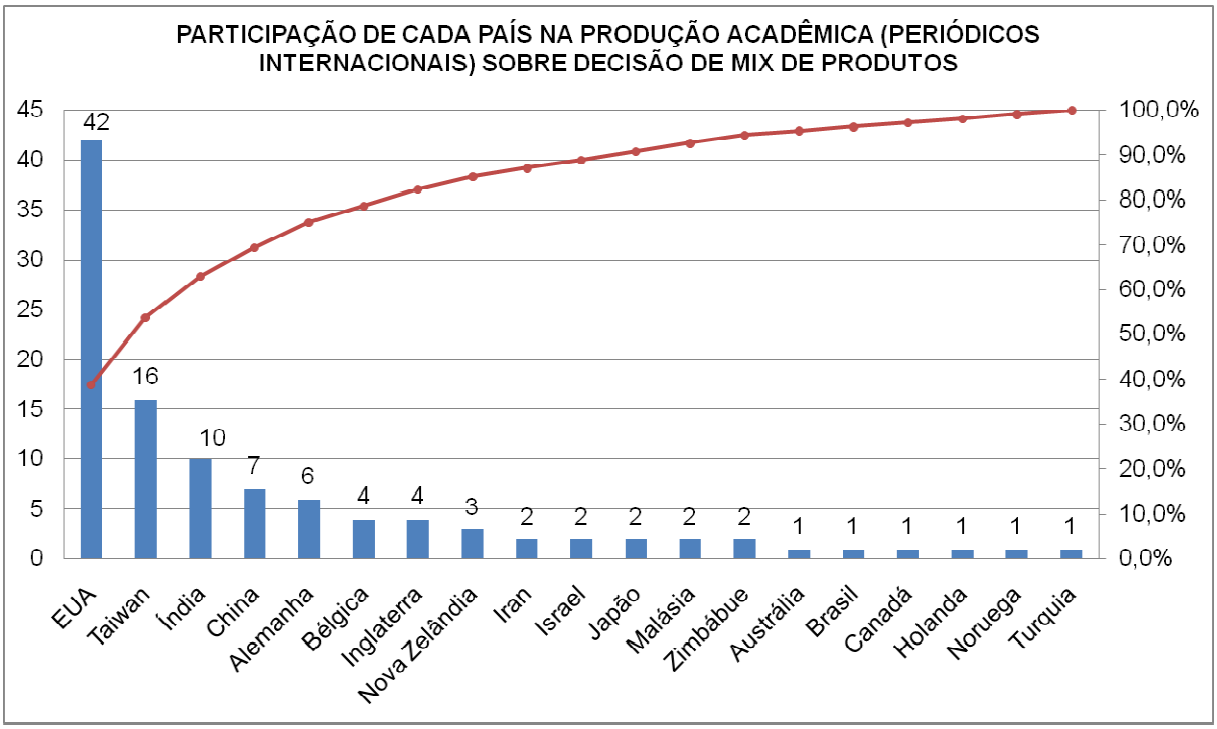

Figura 9 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por país de filiação dos autores
Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando como base a figura 9, pode-se constatar que cerca de 70% dos autores das publicações (75 de um total de 108) concentram-se em apenas 21% dos países que tiveram instituições com autores de artigos vinculados (4 de um total 19). Destaca-se a forte concentração das pesquisas em universidades dos Estados Unidos e o relevante papel de pesquisadores vinculados a instituições de países orientais (Taiwan, Índia e China) na produção acadêmica internacional sobre decisão de *mix* de produtos. A produção de pesquisadores vinculados a instituições brasileiras quantifica-se em um artigo produzido pelo Prof. Alexandre Linhares (Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - Fundação Getúlio Vargas – Rio de Janeiro) e aceito para publicação em 2009 no *International Journal of Production Economics* (LINHARES, 2009).

No tocante à caracterização dos artigos quanto aos tipos de pesquisa utilizados, conforme taxonomia proposta por Filippini (1997), foram construídas tabelas com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndice E) da incidência de cada tipo de pesquisa em cada artigo. Para visualizar os resultados obtidos, foi utilizada uma ilustração na forma de gráfico de Paretto, como mostra a figura 10:

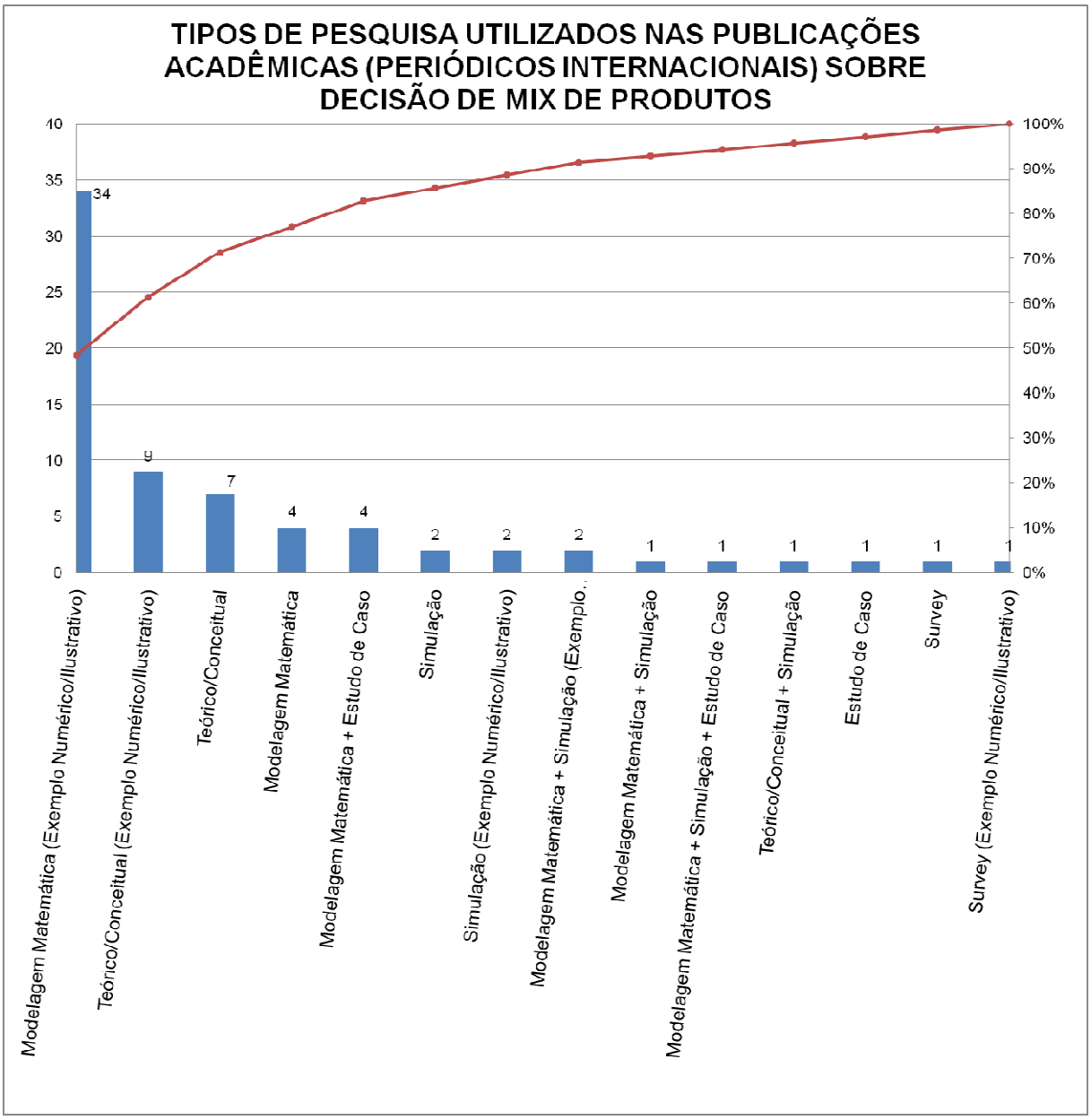

Figura 10 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por tipo de pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a figura 10, pode-se concluir que mais de 77% das publicações (54 de um total de 70) foram trabalhados pelos autores a partir de dois tipos de pesquisa: Modelagem Matemática/Quantitativa e Teórico/Conceitual. Considerando-se apenas artigos que exploraram os tipos de pesquisa Modelagem Matemática/Quantitativa e Teórico/Conceitual conjuntamente com a utilização de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos, o percentual reduz-se para relevantes 61%. Convém destacar a maior incidência do tipo de pesquisa Modelagem

Matemática/Quantitativa com a utilização de exemplo didático/numérico/ilustrativo, totalizando 49% (34 de um total de 70) dos trabalhos prospectados e analisados.

2.3 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A partir da analise das referências bibliográficas de cada um dos 70 artigos prospectados, foram contabilizados os autores e as publicações mais recorrentes em termos de citação. A partir da construção de uma tabela com as distribuições de frequência foi possível visualizar os destaques em termos de autores e artigos mais citados. O quadro 2 apresenta os 20 autores destaques (com maior frequência relativa de citações) juntamente com as instituições e países aos quais são vinculados ou realizaram as pesquisas:

AUTOR	FREQUÊNCIA RELATIVA DE REFERÊNCIAS P/ OUTROS ARTIGOS	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
Gerhard **Plenert**	9,0%	Institute of Business Management - Brigham Young University	EUA
Richard L. **Luebbe**	6,3%	Miami University	EUA
Byron J. **Finch**	6,3%	Miami University	EUA
Lawrence. D. **Fredendall**	5,1%	Clemson University	EUA
Bih-Ru **Lea**	5,1%	Clemson University	EUA
Robert **Kee**	4,4%	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	EUA
Terry **Lee**	4,4%	Institute of Business Management - Brigham Young University	EUA
Mike C. **Patterson**	3,5%	Division of Business Administration - Midwestern State University	EUA
Shu-Hsing **Chung**	2,8%	National Chiao Tung University	Taiwan
Godfrey C. **Onwuboluy**	2,8%	National University of Science and Technology	Zimbábue
Charles **Schmidt**	2,5%	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	EUA
Jaydeep **Balakrishnan**	2,5%	Faculty of Management - University of Calgary	Canadá
Clarence J. **Maday**	2,5%	College of Engeneering - North Carolina State University	EUA
Alan J. **Posnack**	2,5%	Productivity Partiners	EUA
Tien-Chun **Hsu**	2,1%	National Chiao Tung University	Taiwan
Chun Hung **Cheng**	2,1%	Chung Cheng University	Taiwan
Michael **Mutingi**	1,6%	National University of Science and Technology	Zimbábue
Nils Arne **Bakke**	1,4%	Gesellschaft für Technologie Transfer	Alemanha
Roland **Hellberg**	1,4%	Norwegian School of Management	Noruega
Victoria J. **Mabin**	1,4%	School of Business and Public Management - Victoria University of Wellington	Nova Zelândia

Quadro 2 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos
Fonte: Elaborado pelo autor

Ressalta-se que os 20 autores elencados representam cerca de 70% dos autores citados nas referências bibliográficas dos artigos (301 de um total de 432 citações). Além disso, salienta-se a concentração dos principais autores em universidade dos Estados Unidos e a presença de dois pesquisadores da República do Zimbábue (Godfrey C. Onwuboluy e Michael Mutingi).

Para caracterizar as publicações mais referenciadas pelos trabalhos no campo da decisão de *mix* de produtos, também foram consideradas as 20 com maior freqüência relativa de citações, como mostra o quadro 3:

PUBLICAÇÃO	FREQ. RELATIVA
LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. International Journal of Production Research, v. 30, n. 6, p. 1471-1478, 1992	8,8%
PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist. European Journal of Operational Research, v. 70, p. 126-133, 1993	8,0%
FREDENDALL, L. D., LEA, B. R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 35, n. 6, p. 1535-1544, 1997	6,8%
LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 3, p. 51-57, 1993	6,8%
PATTERSON, M. C. The Product-Mix Decision: A Comparison of Theory of Constraints and Labor-Based Management Accounting. Production and Inventory Management Journal. Alexandria, v. 33, n. 3; p. 80-85, 1992	6,4%
KEE, R; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. International Journal of Production Economics, v. 63, n. 1, p. 1-17, 2000	4,4%
POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 85-86, 1994	4,4%
MADAY, C. J. Proper use of constraint management. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 84, 1994	4,4%
HSU, T.-C., CHUNG, S.-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. Production Planning and Control, v. 9, n. 1, p. 36-46, 1998	3,6%
BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. Theory of Constraints and linear programming; a re-examination. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1459-1463, 2000	3,6%
KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. Accounting Horizons, v. 9, n. 4, p. 48-61, 1995	2,8%
HOLMEM, J. S. ABC vs. TOC: it's a matter of time. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 76, p. 37-40, 1995	2,4%
SOUREN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. International Journal of Production Research, v. 43, n. 2, p. 361–374, 2005	2,0%
ARYANEZHAD, M.B., KOMIJAN, A.R. An improved algorithm for optimizing product mix under the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 42, n. 20, p. 4221-4233, 2004	2,0%

LEA, B.-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. International Journal of Production Economics, v. 79, n. 3, p. 279-299, 2002	2,0%
FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1465-1466, 2000	2,0%
ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. International Journal of Production Research, v. 39, n. 10, p. 2065-2076, 2001	2,0%
SPOEDE, C.; HENKE, E.; UMBLE. M. Using activity analysis to locate profitability drivers. Management Accounting; v. 75, n. 11, p. 43-48, 1994	2,0%
MABIN, V. J.; DAVIES, J. Framework for understanding the complementary nature of TOC frames: Insights from the product mix dilemma. International Journal of Production Research, v. 41, n. 4, p. 661-680, 2003	1,6%
BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. European Journal of Operational Research, v. 177, n. 1, p. 55-70, 2007	1,6%

Quadro 3 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos
Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise do quadro 3, pode-se verificar que das 5 publicações mais citadas, 4 são da primeira metade da década de 1990. Desconsiderando a posição (*ranking*) dos artigos em relação à freqüência de citações, a publicação mais atualizada é a de Bhattacharya e Vasant (2007). No entanto, quando se leva em consideração o *ranking* de citações, o trabalho mais atual considerado como um destaque é o de Kee e Schmidt (2000), ocupando a 6ª posição no *ranking* de freqüência de citações.

3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE CUSTEIO

Conforme afirmam Tsai *et al*. (2008, p. 210), “uma das mais importantes decisões realizadas em sistemas de produção é determinar os produtos com maior rentabilidade” (*profitability*). A determinação da rentabilidade dos produtos é conduzida a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos dos produtos fornecidos pela empresa (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999), custos esses que são mensurados através de métodos de custeio. Como diferentes métodos de custeio determinam os custos e a rentabilidade dos produtos de forma idiossincrática e como modelos de decisão de *mix* de produtos utilizam informações sobre os custos e sobre a rentabilidade dos produtos, várias combinações de modelos de decisão e métodos de custeio criam uma variedade de soluções de *mix* de produtos que têm impacto no desempenho da organização (LEA; FREDENDALL, 2002). Uma síntese do argumento anterior pode ser obtida a partir da afirmação de Lea e Fredendall (2002, p. 280):

> Se o cálculo do custo do produto não está correto, sempre que a demanda é maior que a capacidade produtiva da empresa, é possível que a decisão de *mix* de produtos resulte na manufatura de produtos menos rentáveis, enquanto que um produto mais rentável que é demandado não é manufaturado.

Estes argumentos justificam a escolha de se abordar e discutir os diferentes métodos de custeio nesta dissertação como forma de facilitar a compreensão dos diversos modelos de decisão de *mix* de produtos existentes. Desta forma, a seqüência desta seção destina-se a apresentar e a discutir os principais métodos de custeio advindos da literatura.

Custear trata-se do ato de apropriar e controlar gastos. As formas como os custos são registrados ou transferidos dentro das organizações estão estabelecidas pelos métodos de custeio (SÁ; SÁ, 1995). Na literatura especializada, os métodos de custeio mais utilizados para medir o custo do produto são: Custeio por Absorção, Custeio Pleno (*full cost*), Custeio Direto ou Variável, Custeio Baseado em Atividades (*Activity Based Costing* - ABC) e Custeio Baseado em Atividades e Tempo (*Time-Driven Activity Based Costing* - TDABC). Além desses métodos, a Teoria das Restrições apresenta-se como uma alternativa ao tratamento conjunto de aspectos

relacionados aos custos e aos processos produtivos na medida em que propõe a utilização da Contabilidade de Ganhos em detrimento dos outros métodos de custeio. Convém ressaltar que os métodos de custeio diferenciam-se entre si pela maneira pela qual apropriam os fatores de produção aos custos dos produtos.

A seguir, são apresentados, discutidos e analisados criticamente os conceitos e técnicas que fundamentam a Teoria das Restrições e os métodos de custeio citados.

3.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES E CONTABILIDADE DE GANHOS

O desenvolvimento da Teoria das Restrições (do inglês *Theory of Contraints* – TOC) foi iniciado pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, assessorado por Jeff Cox, com suas pesquisas voltadas a problemas da logística de produção. Através do livro “A Meta” (*The Goal* - lançado em 1984), Goldratt e Cox transmitem os conceitos da TOC na forma de um romance, o que facilitou a compreensão e divulgação da teoria desenvolvida (GOLDRATT; COX, 1984). A partir daí, várias empresas começaram a aplicar a TOC em seus processos de tomada de decisão (CORBETT NETO, 1997). A TOC parte do pressuposto de que o somatório dos ótimos locais não garante o ótimo global, pois maximizar a utilização de todos os recursos não garante a maximização do ganho da empresa em termos de retorno financeiro (GOLDRATT; COX, 1984; GOLDRATT; FOX, 1986; UMBLE; SRIKHANT; 1990; STEIN, 1997).

O principal diferencial da TOC está no fato de as ações de gestão serem concentradas no gerenciamento do recurso de menor capacidade, também chamado de recurso limitante, recurso com restrição de capacidade (RRC) ou recurso gargalo do sistema produtivo (CORBETT NETO, 1997). Conforme Noreen *et al.* (1996, p. 29), “uma restrição num sistema é qualquer coisa que impeça o mesmo de alcançar o seu objetivo. Qualquer sistema real deve ter pelo menos uma restrição, e qualquer organização com fins lucrativos deve ter pelo menos uma restrição que a impeça de obter mais lucros”. Em uma linha de produção, é denominado de recurso “gargalos” aquele cuja capacidade de produção é menor ou igual à demanda por seus serviços. Por outro lado, os recursos “não-gargalos" são definidos como sendo aqueles cuja capacidade é maior que a demanda pelos seus serviços (COX III; SPENCER, 1998).

3.1.1 **Medidas de Desempenho da Teoria das Restrições**

De acordo com Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a), a empresa tem como "meta" ganhar dinheiro. Nessa disposição, Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) argumentam que a TOC define que apenas o lucro líquido (LL), o retorno sobre o investimento (RSI) e o fluxo de caixa são os parâmetros norteadores do grau de alcance da meta. O LL é uma medida absoluta representando quanto dinheiro a empresa está gerando. O RSI mensura relativamente o LL pela quantidade de investimento absorvido pela empresa. Segundo Goldratt e Fox (1986, p. 20), "o fluxo de caixa é uma medida de liga-desliga. Quando temos caixa suficiente, ela não é importante. Quando não temos caixa suficiente, nada mais importa."

Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) salientam que as três medidas da TOC estão voltadas para a mensuração do desempenho global da empresa necessitando, para tal, o estabelecimento de parâmetros que guiem as ações operacionais no sentido do cumprimento da meta. Assim, Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) definem os seguintes parâmetros operacionais:

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

Para o cálculo do Lucro Líquido (LL), subtrai-se a Despesa Operacional do "ganho total". A DO refere-se aos gastos fixos da empresa, ou seja, os que não são influenciados com variação do volume de produção, seja na parte industrial, seja na parte administrativa. Já o ganho total é o resultado da multiplicação da quantidade produzida e vendida pelo "ganho unitário" (*throughput*), definido por Corbett Neto (1997, p.58) como:

> A subtração do Custo Totalmente Variável (CTV) do preço do produto. Em outras palavras, é quanto cada unidade do produto está contribuindo para o ganho da empresa. O CTV é aquele custo que varia diretamente com o volume de produção: se a empresa produzir e vender uma peça a mais do

> produto ela incorrerá nesse valor. O exemplo mais óbvio é o custo da matéria-prima, custo este que a TOC trata como sendo o único variável.

De acordo com os preceitos da TOC, a definição do *mix* de produção e vendas baseia-se no critério definido por Corbett Neto (1997, p.58) como:

> A divisão do ganho unitário pela quantidade que o produto consome do RRC em cada unidade produzida. Indica quanto entra de dinheiro na empresa a cada unidade do RRC que se ocupa daquele produto. Esta é a medida que a TOC usa para ver que produtos são mais lucrativos para a empresa.

O que caracteriza a Contabilidade de Ganhos da TOC é justamente a consideração de apenas os custos de matéria-prima (material direto) na determinação da medida de rentabilidade do produto, ou seja, do ganho unitário dividido pelo consumo unitário de recurso limitante. No entanto, tal como argumentam Demmy e Talbott (1998), para muitas companhias a suposição de que materiais são os únicos custos variáveis é simplesmente não verdadeira. Desta forma, outros custos também podem ter comportamento variável e podem ser utilizados na composição do CTV (DEMMY; TALBOTT, 1998), tais como: mão-de-obra direta, embalagens, comissões para vendedores, custos de transportes, entre outros (COGAN, 2007).

A TOC e a Contabilidade de Ganhos encontraram muitos críticos. Como exemplos, podem ser citados Patterson (1992) e Plenert (1993) que analisam o método da TOC e o criticam argumentando que este não soluciona problemas com múltiplas restrições e que a programação linear é uma ferramenta mais poderosa. Ressalta-se que Patterson (1992) e Plenert (1993) não questionam a TOC como um todo, pois as análises pautam-se, exclusivamente, na maneira pela qual a TOC trata a otimização do uso da capacidade produtiva de uma empresa, ou seja, a definição do *mix* de produtos.

3.2 CUSTEIO POR ABSORÇÃO E PLENO

O custeio por absorção (do inglês, *Absorption Costing*) é um método tido como “tradicional” em que todos os custos de fabricação (variáveis e fixos) são considerados como custos inventariáveis, ou seja, o estoque absorve todos os custos de fabricação (LEONE, 2000). O custeio por absorção associa aos produtos e

serviços os custos ocorridos na área de produção, não considera as despesas como integrante dos estoques e satisfaz os princípios contábeis (HORNGREN; FOSTER; DATAR, 2000).

Tal como afirmam Foster e Baxendale (2008, p. 41), “sob o custeio por absorção, os custos indiretos fixos de fabricação são computados como custos dos produtos em vez de serem considerados como despesas do período.” Os custos indiretos ou gastos gerais de fabricação (*overhead*) são alocados aos produtos por meio de bases de rateio. Por exemplo, o *overhead* pode ser dividido pela carga horária total de mão-de-obra direta disponibilizada à produção para se determinar a taxa de *overhead* por hora de mão-de-obra direta (taxa de rateio), taxa esta que serve como base de alocação levando em consideração a quantidade de horas de mão-de-obra direta que cada produto utiliza para ser produzido (BOYD; COX III, 2003). Outras bases de rateio também podem ser utilizadas, tais como o tempo utilizado em um processo produtivo ou horas-máquina de utilização de um equipamento. Hansen e Mowen (2001, p. 665) explicam que o custeio por absorção:

> Atribui todos os custos de manufatura, materiais diretos, mão-de-obra direta, custos indiretos de fabricação variáveis e uma parte dos custos indiretos de fabricação fixos para cada unidade do produto. Cada unidade produzida absorve alguns dos custos fixos da fábrica e também os custos variáveis incorridos para fabricá-la. Quando uma unidade de produto é terminada, ela leva esses custos para o estoque. Quando o estoque é vendido, esses custos de produção aparecem na demonstração do resultado como custo dos produtos vendidos (CPV).

A figura 11 apresenta, esquematicamente, o modelo conceitual do método de custeio por absorção:

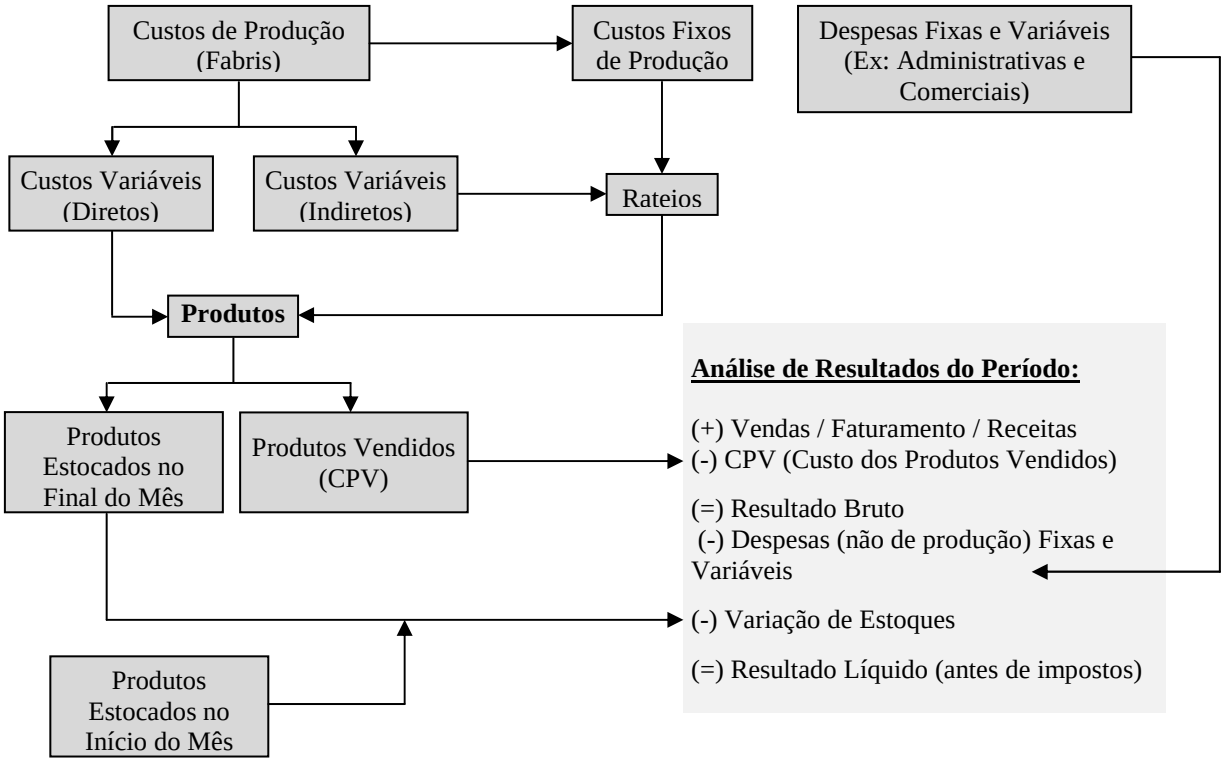

Figura 11 - Modelo conceitual do custeio por absorção com análise agregada de resultados
Fonte: Adaptado de Costa (1998)

Cooper e Kaplan (1988) e Garrison, Noreen e Brewer (2006) fazem algumas críticas a esse método de custeio por considerá-lo apto, apenas, para avaliar estoques e para o imposto de renda, não sendo adequado para apoiar decisões gerenciais por obscurecer a rentabilidade de produtos e clientes da empresa. Esse obscurecimento decorre pelo fato de o custeio por absorção realizar alocações arbitrárias de custos indiretos e fixos através de bases de rateio normalmente relacionadas com o volume de produção (ex: horas de mão-de-obra e horas-máquina de processamento).

Outro método tido como “tradicional” é denominado de custeio pleno. Este método rateia aos produtos tanto os custos fixos fabris, como também as despesas administrativas, comerciais e financeiras. Desta forma, o custeio pleno possui lógica similar ao custeio por absorção. Convém ressaltar que o custeio pleno também recebe duras críticas de alguns pesquisadores, tais como Cooper e Kaplan (1988, p. 25) que são veementes ao afirmar que os “sistemas tradicionais que atribuem custos aos produtos utilizando base simples baseadas em volume distorcem seriamente os custos dos produtos. A distorção é sistemática. Produtos com baixo volume são sub-custeados e os produtos com alto volume são super-custeados”.

3.3 CUSTEIO VARIÁVEL

Em sua concepção restrita, o método de custeio variável, também chamado por alguns autores como custeio direto (ex: FOSTER; BAXENDALE, 2008), caracteriza-se por apropriar, aos objetos de custos (ex: produtos ou serviços, clientes, pedidos, segmentos da empresa, entre outros), somente os custos que variam diretamente com o volume produzido e vendido e que podem ser mensurados e atribuídos diretamente aos objetos de custos. Segundo Martins (2006, p. 198) “no custeio variável, só são alocados aos produtos os custos variáveis, ficando os fixos separados e considerados como despesas do período, indo diretamente para o Resultado; para os estoques só vão, como consequência, custos variáveis.” Desta forma, apenas os custos indiretos variáveis e os custos diretos de material e de mão-de-obra que podem ser diretamente mensurados e atribuídos são inclusos no custo do produto e são inventariáveis (HANSEN; MOWEN, 2001; FOSTER; BAXENDALE, 2008).

O custeio direto/variável, ao identificar os custos de comportamento variável que podem ser diretamente atribuídos, permite uma análise gerencial em função do grau de participação de cada componente no custo total do objeto de custo, trazendo conclusões objetivas do ponto de vista gerencial (GARRISON; NOREEN; BREWER, 2006). Embora seja utilizado para fins de tomada de decisões gerenciais, o custeio direto/variável não é adequado em relação à legislação e às normas contábeis e fiscais brasileiras (BRUNI, 2006).

3.3.1 **Margem de Contribuição**

Derivada do custeamento direto/variável, a Margem de Contribuição (MC) é calculada pela diferença entre a receita e a soma de custos e despesas diretas/variáveis, fazendo com que seja evidenciado o valor que cada unidade produzida, linha de produto, pedido ou cliente proporciona à empresa de sobra entre a sua receita e o custo que de fato tenha provocado (MARTINS, 2006). Os custos

fixos (corriqueiramente difíceis de serem atribuídos diretamente aos objetos de custos, ou seja, são custos indiretos) são subtraídos desta margem de contribuição para se obter o lucro operacional líquido da empresa em um determinado período. Convém ressaltar que há divergências sobre a classificação da mão-de-obra como custo variável. Por exemplo, Guerreiro (2006) considera a mão-de-obra direta como um recurso com custo de comportamento fixo. Desta forma, na situação em que o custo de mão-de-obra direta é considerado fixo no período e não é considerado no custeamento do produto, a margem de contribuição assemelha-se ao conceito de ganho da TOC. Portanto, o custeamento baseado na TOC é uma forma extrema do custeio variável (KEE, 2008) e da análise da margem de contribuição (COGAN, 2007), diferenciado-se pela consideração do consumo de recurso gargalo.

A margem de contribuição propicia informações aos gestores para decidir se é coerente diminuir ou expandir uma linha de produção, para avaliar as alternativas provenientes do *mix* de produção e venda e de propagandas especiais, para verificar se é economicamente interessante aceitar um pedido ou não, além de verificar quais produtos, pedidos e clientes são mais lucrativos para a empresa (ASSEF, 2005). A figura 12 apresenta, esquematicamente, o modelo conceitual do método de custeio direto/variável com o cálculo da margem de contribuição:

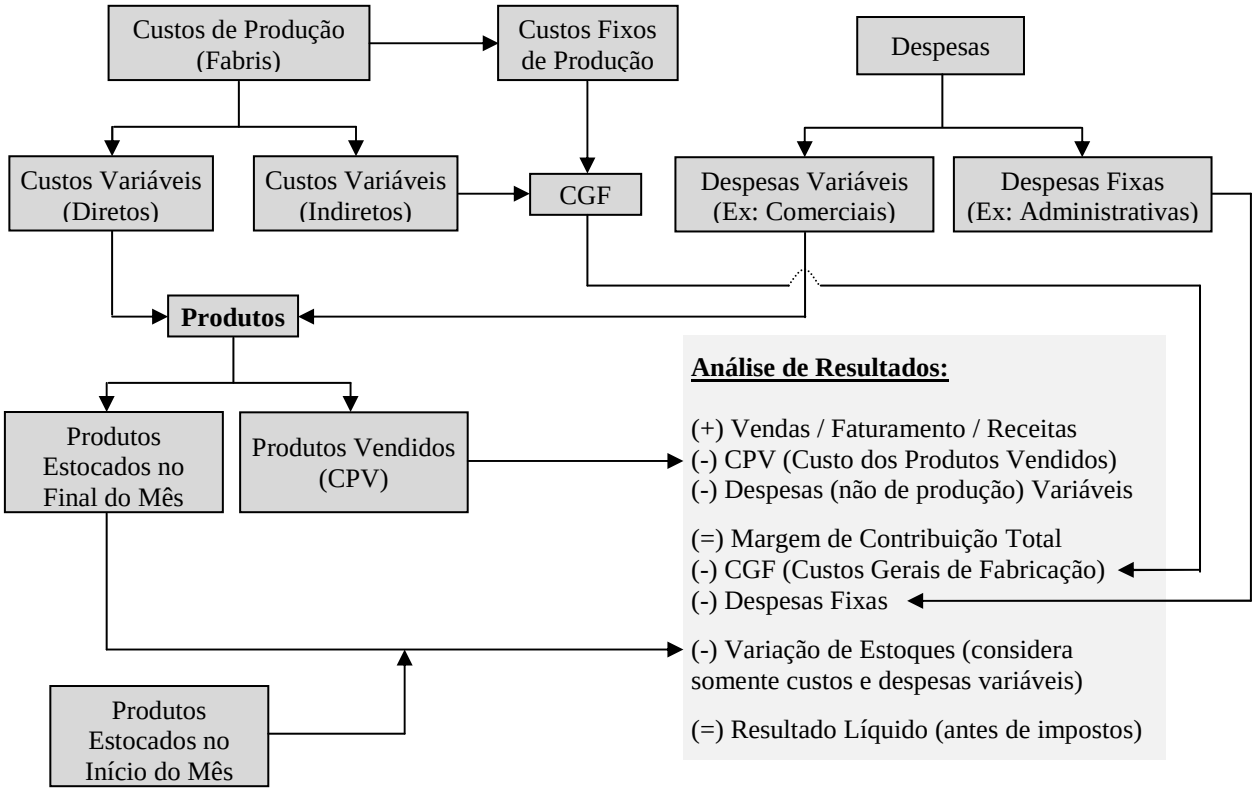

Figura 12 - Modelo conceitual do custeio direto/variável com análise de resultados por margem de contribuição
Fonte: Adaptado de Costa (1998)

Cooper e Kaplan (1988, p. 25) criticam o método de custeio direto/variável, afirmado que este “mesmo sendo corretamente implementado, não parece ser uma solução - e pode ser talvez um problema acentuado - para o custeio de produtos no ambiente contemporâneo de manufatura”. As críticas de Cooper e Kaplan (1988) dizem respeito ao pouco ou ao não tratamento dos custos indiretos que o custeio direto/variável dá, pois estes são considerados como despesas do período.

3.4 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES

A partir da década de 1980, observou-se um aumento constante da parcela dos custos indiretos em relação à estrutura de custos das organizações, por exemplo, quando comparado ao custo de mão-de-obra direta que foram decrescendo ao longo dos anos (NAKAGAWA, 2001). O aumento da variedade de produtos exigidos pelo mercado que, por conseqüência, afetou a variedade de produtos oferecidos pela empresa, acarretou em uma elevação dos custos com automação, engenharia industrial, processamento, programação, armazenagem, distribuição e inspeção (COOPER; KAPLAN, 1988; KAPLAN; ANDERSON, 2007a; 2007b), fazendo com que a proporção dos custos indiretos no total de custos empresariais aumentasse ao longo dos anos, tal como ilustra a figura 13:

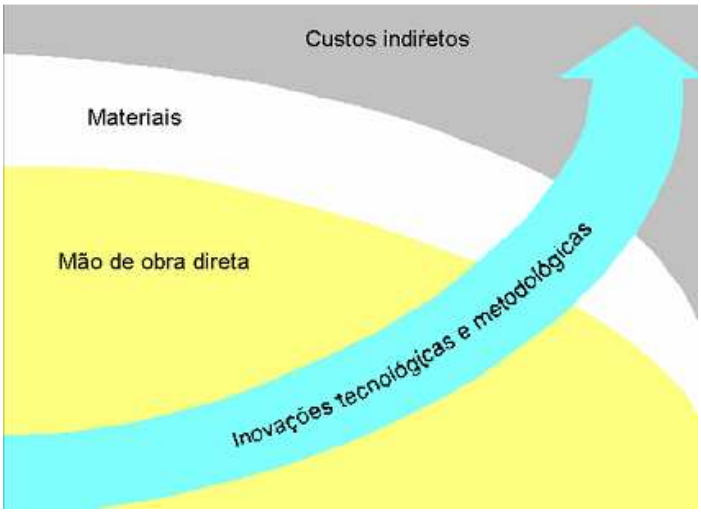

Figura 13 - Evolução da composição dos custos empresariais
Fonte: Nakagawa (2001)

Com essa mudança na composição dos custos das organizações, a alocação dos custos indiretos passou a requerer um método com maior acurácia, pois a distribuição dos custos indiretos a partir da simples adoção de critérios arbitrários (ex: bases de rateio abalizadas no tempo de mão-de-obra direta e nas horas-máquina de produção) estava acarretando distorções consideráveis no cálculo dos custos dos produtos (COOPER; KAPLAN, 1990; SHANK; GOVINDARAJAN, 1993), em especial nos ambientes de manufatura em que os custos indiretos representam uma porção significativa do custo total (TSAI *et al*., 2008).

Em uma das primeiras páginas do livro sobre gestão de custos de Shank e Govindarajan (1993, p. 4) é expressa uma frase que retrata adequadamente o novo momento em que as organizações estavam vivenciando na década de 1980 e a resposta que os estudiosos sobre métodos custeio e gestão de custos precisariam dar a esse novo contexto: "*New times often call for new thinking*". Desta forma, houve uma intensificação nos estudos sobre metodologias de custeio que reduzissem as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos. Um dos métodos concebidos foi o Custeio Baseado em Atividades (do inglês, *Activity Based Costing* - ABC) com premissas desenvolvidas, de acordo com Jones e Dudgale (2002), por um consórcio internacional de pesquisa sediado nos Estados Unidos (*Consortium for Advanced Manufacturing, International* - CAM-I). Nesse consórcio, empresas, agências do governo norte-americano e pesquisadores uniram forças para desenvolver ferramentas de gestão (entre elas o ABC) para melhorar a competitividade das empresas dos EUA em face às oportunidades e ameaças geradas por tecnologias emergentes, mercados mutantes, aumento da competição internacional e pelo processo de "japanização" dos produtos americanos (JONES; DUGDALE, 2002*)*. A figura 14 apresenta a composição do CAM-I:

Empresas	
Automotive Sector, Allied Signal	Alison Gas Turbine Division, G. Motors
Boeing Military Aircraft	British Aerospace
Eastman Kodak	Eaton Corporation
Garrett Turbine Engine	General Dynamics/Fort Worth
General Electric	Grumman Corporation
BMY Division, Harsco Corporation	Hughes Aircraft
International Computers	ITT-AMT Center
Lockheed Aeronautical Systems	Lockheed Missiles & Space
Martin Marietta Energy Systems	McDonnell Douglas
Motorola	Plessey
Pratt & Whitney Aircraft	RHP Industrial Bearings
Rockwell International	TRW
Westinghouse Electric	Williams International
Agências Governamentais	
GTE Government Systems	AFWAL/MLTC, US Airforce
US Department of Energy	US Navy
Prestadoras de Serviços de Contabilidade	
Arthur Andersen	Arthur Young
Coopers & Lybrand	Ernst & Whinney
Peat, Marwick, Main	Price Waterhouse
Membros de Universidades e de Associações Profissionais	
George Foster (Stanford)	*Robert S. Kaplan (Harvard)*
Jeffrey Miller (Boston)	Wickham Skinner (Harvard)
Michael C. Burstein (Ind. Tech. Inst.)	Bernard Coda, (North Texas State)
Robin Cooper (Harvard)	Bela Gold (Claremont)
Anthony Hopwood (LSE)	Dan Shunk (Arizona State)
William G. Sullivan (Tennesse)	Gerry Susman (Pennsylvania State)
National Association of Accountants	American Association of Accountants
American Society of Mech. Engineers	

Figura 14 - Composição do CAM-I
Fonte: Berliner e Brimson (1988) *apud* Jones e Dugdale (2002)

Dentre os pesquisadores do CAM-I, estavam os professores Robim Cooper e Robert Kaplan da *Harvard Business School* que difundiram os conceitos do ABC através de publicações acadêmicas. Cooper e Kaplan (1988) ao acompanharem a insatisfação de empresários e gestores em relação aos métodos tradicionais de custeio (ex: absorção), lançam na literatura o “custeio transacional” (tradução de *transaction costing*), com o objetivo de superar os problemas que a alocação arbitrária de custos indiretos causa em termos de distorções no cálculo dos custos e da rentabilidade de pedidos, produtos e clientes.

Cooper e Kaplan (1988, p. 25) são enfáticos ao afirmar que “um tipo diferente de base de alocação deve ser utilizado para os custos indiretos que variam com o número de transações realizadas, em oposição ao volume de produtos produzidos”. Desta forma, dois anos mais tarde, Cooper e Kaplan (1990) lançam as bases do então denominado ABC (inicialmente, custeio transacional). O ABC, considerado por

Kee (2008) como uma mudança de paradigma para os métodos tradicionais de custeio, busca diminuir os erros de alocação de custos indiretos, além de apurar custos de situações atípicas, tais como aumento do tamanho do lote de produção e fabricação de produtos customizados.

Cooper e Kaplan (1990) explicitam que no modelo ABC, os custos são atribuídos aos produtos a partir das atividades do processo produtivo com base nos consumo (transações) das mesmas. No ABC, assume-se como pressuposto que os recursos de uma empresa são consumidos por suas atividades e não pelos produtos que ela fabrica. Os objetos de custos, tais como os produtos, surgem como conseqüência da aplicação das atividades consideradas estritamente necessárias para a produção e distribuição destes (NAKAGAWA, 2001).

Antes de se realizar um detalhamento do ABC, convém definir os principais elementos que o constituem, a saber: recursos, atividades, objetos de custos e direcionadores de custos. Os “recursos” podem ser definidos como elementos econômicos (ex: pessoas, materiais, suprimentos, equipamentos, tecnologias e instalações) aplicados ou utilizados para a consecução das atividades ou para diretamente suportar os objetos de custos (MARTINS, 2006). Nakagawa (2001, p. 42) define “atividade” como “um processo que combina de forma adequada, pessoas, tecnologia, materiais, métodos e seu ambiente, tendo como objetivo a produção de produtos.” Os “objetos de custos”, de acordo com Pamplona (1997), podem ser definidos como a razão pela qual as atividades são realizadas (ex: produtos, serviços, lotes de produtos, linhas de produtos/serviços, peças, clientes, tipos de clientes, canais de distribuição, entre outros objetos que se queira custear de acordo com interesse dos gestores da empresa). Um “direcionador de custos” pode ser entendido como um fator causal que determina o consumo de recursos e o custo de uma atividade e/ou de um objeto de custos (NAKAGAWA, 2001; MARTINS, 2006).

Depois de definidos os principais elementos do ABC, a seqüência da corrente seção analisa detalhadamente e criticamente o ABC que, de forma geral, pode ser definido como (CAM-I, 1990 *apud* MAJOR, 2007, p. 160):

> Um método que aloca custos de atividades a objetos de custos tais como produtos, serviços e clientes, com base em dois estágios principais. O primeiro estágio atribui custos às atividades de acordo com o consumo que cada atividade faz de recursos. O segundo estágio atribui custos das

> atividades aos objetos de custos de acordo com o consumo que cada objeto de custos faz das atividades.

No entanto, o ABC não pode ser visto apenas como uma forma de custear objetos de custos, mas também como uma metodologia de gestão de processos e de atividades. NAKAGAWA (2001, p. 69) argumenta que o ABC pode ser dividido conceitualmente em duas visões: (i) “visão de aperfeiçoamento de processos”; e (ii) “visão econômica e de custeio”. De forma ilustrativa, a figura 15 apresenta o modelo conceitual do ABC considerando as duas visões:

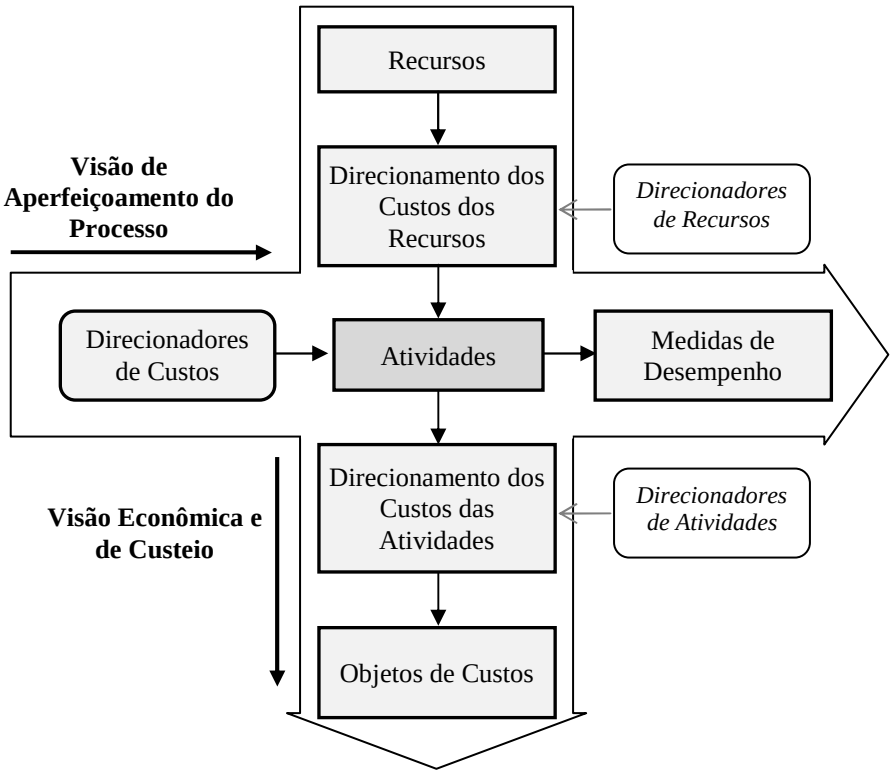

Figura 15 - Modelo conceitual do ABC
Fonte: Adaptado de Turney (1991) e Nakagawa (2001)

A visão de aperfeiçoamento de processo está relacionada com o que Kaplan e Cooper (1998) e Horngren, Datar e Foster (2003) consideram como Gestão Baseada em Atividades (do inglês *Activity-Based Management* - ABM). O ABM pode ser descrito como o conjunto de decisões gerenciais que utiliza as informações do ABC para fundamentar iniciativas de melhoria de processos (ex: reengenharia) e aumentar a lucratividade da empresa. Incluem-se como decisões gerenciais as relacionadas com apreçamento (*pricing*), redução de custos, melhoria de processo e desenvolvimento de produtos (KAPLAN; COOPER, 1998; HORNGREN; DATAR; FOSTER, 2003). Conforme argumenta Nakagawa (2001, p. 62), o ABC na visão de

aperfeiçoamento de processo dá suporte à tomada de decisão gerencial na medida em “que auxilia os gerentes a descobrirem as rotas do consumo dos recursos da empresa”.

A visão de econômica e de custeio, visão esta na qual a corrente dissertação se ancora e se aprofunda, é detalhada na figura 16:

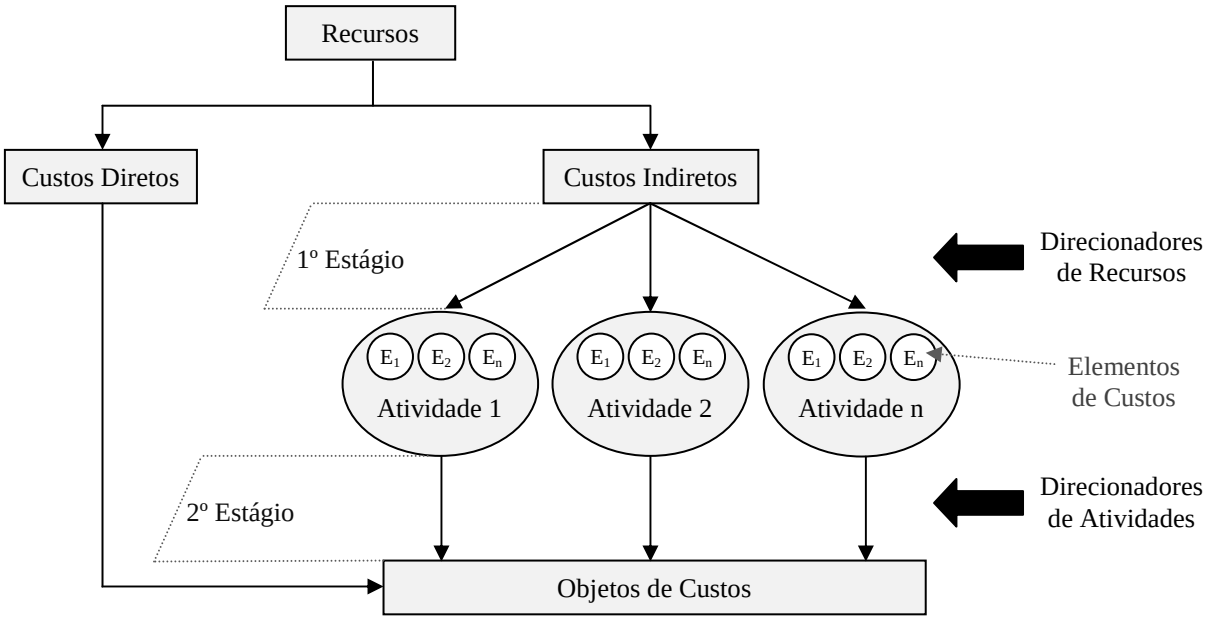

Figura 16 - Detalhamento do modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio
Fonte: Adaptado de Turney (1991) e Innes, Mitchell e Yoshikawa (1994)

O modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio assume que os objetos de custos (ex: produtos) geram a necessidade por atividades que, por sua vez, geram a necessidade por recursos da empresa. Primeiramente, os recursos são divididos em diretos e indiretos com relação ao objeto a ser custeado. No caso de produtos, por exemplo, as matérias-primas podem ser citadas como recursos diretos e o pessoal de engenharia da empresa pode ser considerado como um recurso indireto. Os custos dos recursos diretos são transferidos diretamente ao objeto de custo. Já os custos dos recursos indiretos são apropriados aos objetos de custos a partir de um procedimento de dois estágios do ABC.

No primeiro estágio, os custos dos recursos indiretos são apropriados às várias atividades da empresa a partir do uso de direcionadores de recursos (TURNEY, 1991; TSAI; LAI, 2007; TSAI *et al*., 2008). Martins (2006) explica que os direcionadores de recursos ou de primeiro estágio identificam a maneira pela qual as atividades consomem recursos e servem para custeá-las, ou seja, demonstra a

relação entre os recursos gastos e as atividades. Costa (1998) argumenta que estimativas dos recursos despendidos nas atividades podem ser obtidas através de entrevistas, questionários e cartões de apontamento de tempo. Tsai (1996) indica a amostragem de trabalho como a melhor maneira de medir os esforços (recursos) despendidos nas atividades. No entanto, Kaplan e Anderson (2007a) argumentam que as alocações dos custos dos recursos às atividades no 1º estágio ocorrem, normalmente, via entrevistas com o pessoal de cada departamento e levantamento de informações para definir as porcentagens de tempo e de recursos que são utilizadas (historicamente - três a seis meses) em cada atividade da empresa. Cada recurso apropriado a uma atividade torna-se um elemento de custo (ex: mão-de-obra de engenharia de produção, supervisão de fábrica, materiais para inspeção de qualidade, entre outros) e são representados em medidas monetárias.

No segundo estágio, cada atividade é distribuída aos objetos de custos utilizando um direcionador de atividades (TURNEY, 1991; TSAI; LAI, 2007; TSAI *et al*., 2008). Os direcionadores de atividades ou de segundo estágio identificam a maneira pela qual os objetos de custos consomem atividades e servem para custeá-los, ou seja, demonstra a relação entre as atividades demandadas e os objetos de custos (MARTINS, 2006). Kaplan e Cooper (1998) consideram três tipos de direcionadores de atividades, a saber: direcionadores de transação (*transaction drivers*), que contabilizam quantas vezes uma atividade é utilizada considerando que a mesma quantidade de recursos é requerida para cada transação/atividade; direcionadores de duração (*duraction drivers*), que representam a quantidade tempo que uma atividade usa para ser realizada; e direcionadores de intensidade (*intensity drivers*), que se aplicam a atividades idiossincráticas que não podem ser mensuradas nem pelo número de transações, nem pelo tempo de execução.

De forma ilustrativa, Tsai *et al.* (2008) argumentam que os recursos utilizados em empresas de manufatura podem incluir (i) “pessoas” (ex: operários, supervisores e engenheiros), (ii) “máquinas / equipamentos” (ex: prensas, injetoras e estufas), (iii) “utilidades” (ex: energia elétrica) e (iv) “facilidades” (ex: segurança e iluminação da planta produtiva). Os custos de cada um desses quatro tipos de recursos podem ser atribuídos às atividades, respectivamente, através dos direcionadores de atividades “tempo”, “horas-máquina”, “área” e “quilowatt-hora”.

Cooper (1990) categoriza as atividades em quatro tipos: (i) em nível de unidade; (ii) em nível de lote; (iii) em nível de produto; e (iv) em nível de facilidades. Os custos das atividades em seus diferentes níveis podem ser traçadas aos objetos de custos através de diferentes direcionadores de atividades. Tsai *et al.* (2008) exemplificam que os direcionadores "tempo de máquina", "horas de preparação (*setup*)" e "número de desenhos" podem ser usadas para as atividades "usinagem", "preparação (*setup*) de máquina" e "projeto de produto", respectivamente. Convém ressaltar que os custos de atividades em nível de facilidades (ex: depreciação da planta produtiva) são difíceis de serem traçados aos objetos de custos a partir de direcionadores, pois a relação de causa-efeito não é clara entre os objetos de custos e as atividades. Desta forma, caso não se opte pela desconsideração dos custos de atividades em nível de facilidades, faz-se necessário o uso de critérios arbitrários para que estes sejam alocados aos objetos de custos (DEMMY; TALBOTT, 1998).

Considerando tanto a visão de melhoria do processo, como também a visão econômica e de custeio, autores consideram que as informações proporcionadas pelo ABC podem ser utilizadas em várias decisões gerenciais, tal como mostra o quadro 4:

AUTOR(ES)	UTILIDADES E APLICAÇÕES DO ABC
COOPER; KAPLAN (1990); GUPTA; BAXENDALE (2008)	Auxilio no processo de decisão de *pricing*
	Auxilio no processo de *design*/desenvolvimento de novos produtos
	Auxilio no processo de decisão de *marketing* e propaganda
	Auxilio no processo de decisão de *mix* de produtos
NAKAGAWA (2001)	Custeamento de produtos, componentes, montagens e submontagens
	Definição de atividades que adicionam e não adicionam valor
	Determinação da rentabilidade de produtos, clientes e projetos específicos
	Fornecimento de uma lista de atividades da organização com seus respectivos custos
	Auxilio no processo de decisão de *outsourcing / globalsourcing*
	Auxilio no processo de decisão de integração da cadeia (verticalização)

Quadro 4 - Utilidades e aplicações do ABC
Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de fornecer informações úteis para a tomada de decisão gerencial, o ABC ainda não é unanimidade no meio acadêmico e empresarial. Tal como afirma Major (2007), o ABC não consegue custear plenamente os produtos devido à existência de custos de manutenção da estrutura geral da empresa (ex: impostos prediais, aluguel, entre outros), ou seja, custos "em nível de facilidades" que só podem ser

alocados aos produtos via critérios arbitrários. O ABC também é criticado por possuir implementação custosa por exigir uma grande quantidade de esforço para armazenar todos os custos (material, de mão-de-obra e *overhead*) e para traçar e alocar estes custos para produtos individualmente (DEMMY; TALBOTT, 1998; MAJOR, 2007). Empiricamente, esses argumentos são corroborados pela pesquisa realizada por Al-Omiri e Drury (2007, p. 45) com gestores de 900 empresas de manufatura e de serviços do Reino Unido. Na pesquisa, são apontados os fatores que influenciam a não adoção do ABC, tendo como principal fator a alegativa de que "o benefício percebido do ABC não justifica os custos de implementá-lo". Além disso, Demmy e Talbott (1998) argumentam que a implantação do ABC é um processo difícil que envolve a descrição do que uma companhia faz de uma maneira distinta à obtida por meio de uma classificação funcional por departamentos. Essa descrição é feita por meio de atividades e é residência de questionamentos da viabilidade prática de se implantar o ABC.

Outras críticas sobre a implantação do ABC são exibidas nas primeiras páginas de dois artigos e de um de livro de Robert Kaplan e Steve Anderson. A partir da exposição de situações empresariais reais em que o ABC foi implementado a partir de *softwares* especialistas, Kaplan e Anderson (2004; 2007a; 2007b) relatam que os tempos de processamento das informações geradas pelo ABC (principalmente relativas às atividades e aos direcionadores de custos) e de geração de relatórios gerenciais eram muito longos e acarretavam em altos custos, por exemplo, em termos de pessoal. Além disso, Kaplan e Anderson (2004; 2007a; 2007b) relatam que no primeiro estágio de implantação do ABC, a coleta de informações exigia um demasiado esforço por se concentrar no levantamento periódico (ex: mensal), junto aos empregados, dos tempos de trabalho dedicados às atividades. Esses problemas, segundo Kaplan e Anderson (2004; 2007a; 2007b), fizeram muitas das empresas que aderiam ao ABC deixarem de atualizar as informações necessárias à operacionalização do método ou até mesmo abandonarem por completo o uso do ABC para estimar custos e rentabilidades de produtos, processos e clientes.

As críticas remetidas ao ABC, junto às fontes bibliográficas, são sumarizadas e organizadas no quadro 5:

AUTOR(ES)	CRÍTICAS AO ABC
Demmy e	O ABC é de difícil implantação, pois exige que os processos da empresa sejam

Talbott (1998)	descritos em uma maneira distinta à obtida por meio de uma classificação funcional por departamentos (por atividades)
	O ABC possui implementação custosa
Major (2007)	O ABC não consegue custear plenamente os produtos devido à existência de custos em nível de facilidades
	Gestores podem manipular dados casos eles acreditem que o uso do ABC/ABM ameaça seus poderes e posições na organização
Kaplan e Anderson (2004; 2007a; 2007b)	No primeiro estágio do ABC, as entrevistas e os levantamentos de dados são demorados e dispendiosos
	Sistemas baseados no ABC "levam dias" para processar um mês de dados
	O ABC possui complexidade de manutenção
	O ABC apresenta dificuldades de modificação depois de implementado (baixa flexibilidade)
	Alocações de custos baseadas em estimativas individuais subjetivas sobre as porcentagens dos tempos de dedicação dos indivíduos a diferentes atividades podem ser parciais e distorcidas (dificuldade de validação)
	O ABC incorre em "erro teórico" ao ignorar a possibilidade de existir capacidade ociosa (risco de não ser detectada a ociosidade de empregados), pois poucos indivíduos relatam proporção significativa de seu tempo como ociosa ou inútil

Quadro 5 - Críticas ao ABC
Fonte: Elaborado pelo autor

Partindo das críticas dedicadas ao ABC, Kaplan e Anderson (2004) publicam um artigo na *Harvard Business Review* e apresentam uma nova forma de custeamento, o Custeio Baseado em Atividades e Tempo (*Time-Driven Activity Based Costing* - TDABC). Três anos depois, os mesmos autores publicam um livro pela *Harvard Business School Press*, traduzido para português no mesmo ano, em que é detalhado e são apresentados casos de aplicação do "novo ABC" (TDABC) que, segundo os autores, é superior ao "ABC tradicional ou convencional" em termos de direcionadores de custos utilizados, facilidade de implementação e de flexibilidade para realizar modificações/atualizações (KAPLAN; ANDERSON, 2007a).

3.5 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

Uma descrição geral do TDABC é dada por Kaplan e Anderson (2007a, p. 9):

> O TDABC simplifica o processo de custeio, ao eliminar a necessidade de pesquisas e de entrevistas com os empregados, para alocação dos custos dos recursos às atividades, antes de direcioná-los para os objetos de custos (pedidos, produtos e clientes). O novo modelo atribui os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, por meio de um referencial simples, que

> exige apenas dois conjuntos de estimativas de fácil obtenção. Primeiro, ele calcula os custos de fornecimento de capacidade de recursos [...] Nesse passo inicial, o modelo TDABC calcula os custos de todos os recursos - pessoal, supervisão, ocupação, equipamentos e tecnologia - fornecidos ao departamento ou processo. Esse custo total é dividido pela capacidade - o tempo disponível dos empregados que efetivamente executam o trabalho - do departamento, de modo a determinar a taxa do custo da capacidade. Segundo, o TDABC usa a taxa do custo da capacidade para distribuir os custos dos recursos departamentais entre os objetos de custos, estimando a demanda de capacidade de recursos por cada objeto de custos (tipicamente tempo, o qual determinou a denominação da abordagem).

O TDABC ignora a alocação de custos no 1º estágio que o ABC tradicional utiliza (ilustrado na figura 16) ao realizar os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos. Para tal, o TDABC necessita que dois parâmetros sejam estimados: (i) a taxa do custo da capacidade do departamento produtivo/operacional; e (ii) o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento produtivo/operacional. Kaplan e Anderson (2007a) argumentam que "ambos os parâmetros podem ser estimados com facilidade e objetividade", argumento este que é justificado na sequência do texto. Além disso, o TDABC faz o uso de (iii) "equações de tempo" para lidar com a complexidade das atividades da empresa em termos de variações de processos, atividades e produtos. Cada um dos três elementos que fundamentam a operacionalização do TDABC é discutido conceitualmente a seguir.

A (i) taxa do custo da capacidade do departamento pode ser calculada através do seguinte procedimento:

$$Taxa\ do\ custo\ da\ capacidade = \frac{Custo\ da\ capacidade\ fornecida}{Capacidade\ prática\ dos\ recursos\ fornecidos}$$

Para estimar o numerador, são agregados todos os custos de determinado departamento produtivo/operacional, entre eles: remuneração e encargos de supervisores, valor da área utilizada, custos de equipamentos (ex: depreciação), custos de utilidades, custos da administração central e de unidades de apoio (ex: tecnologia da informação) que presta serviços ao departamento operacional. Convém ressaltar que os custos da administração central (ex: realização de auditorias específicas) e das unidades de apoio (ex: instalação de *software*) podem ser alocados aos departamentos de acordo com trabalho efetivo (tempo) que a administração central e as unidades de apoio dedicam (ou dedicaram) ao departamento operacional.

No entanto, Kaplan e Anderson (2007a, p. 53) reconhecem que “nem todos os custos da administração central devem ser atribuídos aos departamentos operacionais”, pois algumas atividades da administração central são funções inerentes à própria administração central (ex: elaboração de demonstrações financeiras para acionistas), sendo executadas independentemente do volume e dos tipos de atividades executadas pelos departamentos produtivos/operacionais. Desta forma, Kaplan e Anderson (2007a) afirmam que os custos “não alocáveis/atribuíveis” da administração central devem ser considerados como custos de sustentação da empresa (conceito similar ao de custo de atividade em nível de facilidades), ou seja, custos inevitáveis (fixos) que independem da quantidade de transações e produtos que a empresa realiza. Convém observar que os custos dos departamentos de apoio/suporte/auxiliares cujos consumos de capacidade podem ser relacionados diretamente com os objetos de custos (ex: produtos), são passíveis de serem mensurados de forma similar aos custos dos departamentos produtivos/operacionais.

Para valorar o denominador, Kaplan e Anderson (2007a) indicam que a capacidade real dos recursos que servem para que o trabalho do departamento operacional seja realizado deve ser mensurada. Kaplan e Anderson (2007a, p. 48-49) argumentam que:

> No caso de um departamento em que o ritmo de produção seja determinado pelo trabalho dos colaboradores, [...] a capacidade real é medida pela quantidade de minutos ou horas durante as quais os colaboradores estão disponíveis para executar o trabalho. [...] Nos departamentos automatizados, o ritmo de trabalho é determinado pela capacidade dos equipamentos, onde a capacidade real é medida pela quantidade de tempo de máquina disponível para o trabalho, depois de subtrair as paradas para, digamos, manutenção e reparo.

Kaplan e Anderson (2007a) sugerem que o tempo mensal de trabalho real (capacidade prática) estimado em termos de “colaboradores”, pode ser obtido pelo seguinte procedimento (exemplo numérico entre parênteses):

$Capacidade\ prática\ dos\ colaboradores$
$= n°\ de\ dias\ no\ ano\ (365\ \text{dias})$
$-\ finais\ de\ semana\ ao\ ano\ (104\ dias)$
$-\ feriados\ ao\ ano\ (10\ dias)$
$-\ férias\ ao\ ano (20\ dias)$
$-\ faltas\ ao\ ano\ (3\ dias)$
$=\ capacidade\ prática\ de\ trabalho\ por\ ano\ (228\ dias)$
$\div\ n°\ de\ meses\ por\ ano\ (12\ meses)$
$=\ capacidade\ prática\ de\ tabalho\ por\ mês\ (19\ dias)$
$\times \{\ tempo\ disponível\ diário\ de\ trabalho\ por\ colaborador\ (8\ horas\ ou\ 480\ minutos)$
$-\ pausa\ diária\ no\ trabaho\ por\ colaborado, ex: intervalos\ e\ \ treinamentos\ (70\ minutos)$
$=\ capacidade\ prática\ diária\ de\ trabalho\ por\ colaborador\ (410\ minutos)\ \}$
$=\ capacidade\ prática\ mensal\ por\ colaborador\ (19\ dias \times 410\ minutos$
$=\ 7.790\ min.)\ \times\ n°\ de\ colaboradores\ do\ departamento\ (10)$
$=\ capacidade\ prática\ mensal\ do\ departamento\ (77.900\ minutos)$

Já o tempo mensal de trabalho (capacidade prática) estimado em termos de "equipamentos", pode ser obtido a partir do uso do método OEE (do inglês *Overall Equipment Effectiveness* ou Eficácia Global do Equipamento) que, de acordo com Dal, Tugwell e Greatbanks (2000), mede a capacidade produtiva de um equipamento em um tempo programado através da identificação e quantificação das perdas englobando três atributos: a eficácia, o desempenho e a qualidade. A eficácia está relacionada coma as perdas de produção por indisponibilidades causadas por manutenção (programada e não programada), fatores externos (ex: falta de água, de vapor e de energia) e para restabelecimento de condições operacionais (ajuste para reinício de produção). O desempenho refere-se às perdas por velocidade de operação e a qualidade é relativa à quantidade de produtos com alguma não conformidade em relação aos padrões de qualidade exigidos pelo cliente expressos nas especificações técnicas do produto definidas pelo setor de Engenharia. Deste modo, a disponibilidade do equipamento ou o Tempo Mensal Disponível de Operação (TMDO), dentro de um horizonte de análise (ex: mês), é definida como:

$$TMDO_i = \{TOMT - (TMP_i + TMC_i + TTP_i + TP + TPQ)\} \times n_i$$

Onde:

$TMDO_i$ = tempo mensal disponível de operação do equipamento i
$TOMT$ = tempo de operação mensal total
TMP_i = tempo de manutenção preventiva do equipamento i
TMC_i = tempo de manutenção corretiva do equipamento i
TTP_i = tempo total para preparação (setup) do equipamento i
TP = tempo de permissão dado aos operários para necessidades pessoais
TPQ = tempo de perdas por qualidade
n_i = quantidade de equipamentos do tipo i

Para o cálculo do Tempo de Operação Mensal Total (TOMT), faz-se o uso da seguinte expressão:

$$TOMT = N \times h \times D$$

Onde:

N = número de turnos de operação por dia.
h = tempo de trabalho por turno.
D = dias de trabalho no mês.

O $TMDO_i$ representa o tempo mensal de trabalho (capacidade prática) de um departamento produtivo/operacional quando a estimativa é feita em termos de "equipamentos" (uma aplicação do OEE com o cálculo do $TMDO_i$ pode ser visualizada no estudo de Saraiva Jr. (2007)). Vale ressaltar que Kaplan e Anderson (2007a) argumentam que o cálculo da capacidade prática, tanto em termos de colaboradores, como também em termos de equipamentos, não precisa ser absolutamente exato. Por se tratar de um sistema relacionado com a contabilidade gerencial, o TDABC preza pela acurácia das informações, não pela exatidão tal como preconizam os sistemas de contabilidade financeira.

A segunda estimativa exigida pelo TDABC, ou seja, (ii) o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento produtivo/operacional, é obtida de uma forma diferente à obtida via ABC tradicional. Kaplan e Anderson (2007a, p. 13) estabelecem as diferenças entre a mensuração de uso da capacidade feita pelos dois métodos:

> O ABC convencional usa um direcionador de transação sempre que uma atividade - como configurar máquina, emitir pedido de compra, ou processar solicitações de clientes - consome mais ou menos a mesma quantidade de tempo. O TDABC, em vez de usar esses direcionadores de transação, simplesmente requer que a equipe do projeto estime o tempo necessário para executar cada uma dessas atividades transacionais. As estimativas de

> tempo podem ser obtidas através de observação direta ou por entrevistas. Como no caso da estimativa da capacidade prática, a exatidão não é crítica, bastando uma acuracidade aproximada. E, ao contrário das porcentagens que os empregados estimam subjetivamente no modelo ABC convencional, as estimativas do consumo de capacidade no modelo *time-driven* podem ser imediatamente observadas e validadas.

Continuando a análise comparativa entre as mensurações do ABC e do TDABC, Kaplan e Anderson (2007a, p. 30) argumentam que:

> Com base em nossa experiência, os empregados consideram muito mais fácil estimar o tempo consumido por determinada atividade-padrão [tal como preconiza o TDABC] que estimar a porcentagem de seu tempo total que dedicam a uma atividade, no agregado, ao longo de um período de três a seis meses [tal como preconiza o ABC]. E, se o empregado se mostrar inseguro sobre a estimativa, o líder do projeto sempre dispõe da alternativa de observar diretamente o tempo que alguém leva para executar a transação, tarefa que talvez seja levada a cabo em minutos ou em horas [no TDABC], em vez de semanas ou em meses [no ABC].

A taxa do custo da capacidade multiplicada pelo uso (tempo) estimado para cada transação ou atividade, resulta nas "taxas de direcionadores de custos" de cada transação ou atividade. Portanto, o TDABC utiliza o tempo como principal direcionador de custos, uma vez que Kaplan e Anderson (2007a, p. 27) consideram que "a capacidade da maioria dos recursos, como pessoal e equipamentos, pode ser mensurada de imediato pela duração do tempo em que ficam disponíveis para a execução do trabalho." Entretanto, Kaplan e Anderson (2007a) ressaltam que outras medidas de capacidade podem ser utilizadas no TDABC, tais como: "metros cúbicos" para medir capacidade (volume) de veículos e espaço de depósito; e "gigabytes" para medir capacidade de armazenamento de dados.

Para determinar o custo de um objeto de custos, como no caso de um produto ou serviço, o TDABC faz o uso de (iii) "equações de tempo". Em outras palavras, o TDABC necessita que seja desenvolvida uma equação matemática que represente o tempo básico necessário ao processamento de um pedido de cliente ou produto comum, mais o tempo incremental referente a cada possível variação (ex: pedidos e produtos customizados). Matematicamente, a equação de tempo possui comportamento linear e aditivo, sendo expressa da seguinte forma (KAPLAN; ANDERSON, 2007a):

$$Tempo\ de\ processamento\ do\ objeto\ de\ custos = soma\ da\ dura\c{c}\tilde{a}o\ de\ cada\ atividade$$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_i X_i$$

Onde:

β_0 = tempo-padrão para a execução da atividade básica
β_i = tempo-padrão para a execução da atividade incremental *i*
X_i = quantidade de atividade incremental *i*

Para que a equação de tempo do TDABC possa ser utilizada em um departamento ou processo operacional, todas as atividades básicas e todas as grandes variações (atividades incrementais / adicionais) em torno delas devem ser descritas. Além disso, faz-se necessário que se identifiquem os direcionadores das variações e também que se estimem os tempos-padrão para a atividade básica e para cada variação. Fazendo uma análise comparativa com o ABC convencional, Kaplan e Anderson (2007a, p. 33-34) expõem as vantagens de se utilizar as equações de tempo do modelo TDABC para lidar com a complexidade do ambiente empresarial (possibilidade de combinações e customizações de produtos/serviços que exigem usos idiossincráticos de recursos):

> [No TDABC] o tamanho do modelo aumenta linearmente, em função da complexidade do mundo real, não exponencialmente, como no modelo do ABC convencional. Esse é um enorme benefício decorrente do uso de equações de tempo, em vez de quantidades de transações. [...] se o modelo inicial por acaso omitir algumas variações importantes de um processo ou subprocesso, o analista simplesmente acrescenta novo termo à equação de tempo, para refletir a necessidade de aumento da capacidade de recursos (em geral, tempo) para atender a essa alteração não considerada no início. No ABC convencional, em contraste, uma nova subatividade exige que se estimem de novo todas as alocações percentuais, antes da inclusão da nova subatividade no modelo. Assim, torna-se evidente a maneira como os sistemas ABC convencionais inibem as reavaliações do modelo e sua adaptação constante às mudanças nas operações da empresa.

Para que as equações de tempo do TDABC não sejam afetadas por mudanças decorrentes de reengenharia ou de grandes melhorias nos processos, os analistas do TDABC recalculam e introduzem os novos tempos-padrão das atividades de forma a garantir a acurácia das equações de tempo de maneira contínua (KAPLAN. ANDERSON, 2007a).

Na sequência desta seção, são utilizados o exemplo didático/numérico exposto por Kaplan e Anderson (2007a; 2007b) e o estudo de caso da empresa Wilson-Mohr trabalhado por Kaplan e Anderson (2007a) para ilustrar os três elementos que fundamentam a operacionalização do TDABC, além de elucidar as diferenças conceituais entre o TDABC e o ABC convencional.

O exemplo numérico de Kaplan e Anderson (2007a, p. 9-16; 2007b, p. 8-12) trata-se de um departamento de serviços ao cliente, cujas despesas operacionais (custos) totais são de $ 567.000,00 por trimestre que incluem gastos com pessoal de serviço ao cliente, com supervisores, com tecnologia da informação, com telecomunicações e com ocupação. Os gestores necessitam calcular os custos que cada usuário (cliente) do departamento representa para a empresa. Primeiramente, as atividades que o departamento realiza são mapeadas:

A. Processar pedidos dos clientes;
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes;
C. Analisar créditos dos clientes.

Para custear as atividades pela ótica do ABC convencional (1º estágio), é solicitado que os empregados estimem a porcentagem do tempo que eles dedicam às três atividades. Para tal, os empregados fazem estimativas tomando como base um horizonte de três a seis meses. Após alguns dias esperando o resultado das estimativas, os seguintes percentuais são obtidos: 70% para a atividade A, 10% para a atividade B e 20% para a atividade C. Desta forma, as despesas operacionais são alocadas para cada atividade através das porcentagens de tempo. Além disso, são coletadas informações sobre a carga de trabalho de cada atividade durante o semestre, o que trouxe 49.000 pedidos de clientes, 1.400 dúvidas de clientes e 2.500 análises de crédito. De forma a simplificar a análise, considera-se que cada transação executada em cada atividade no departamento consome o mesmo tempo.

Em seguida, são calculadas as taxas de direcionadores de custos das atividades pela ótica do ABC convencional, obtendo os valores expressos no quadro 6:

Atividade	Tempo consumido (%)	Custo atribuído	Quantidade de direcionadores de custo	Taxa do direcionador de custo
A. Processar pedidos dos clientes	70%	$ 396.900	49.000	$8,10 por pedido
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	10%	$ 56.700	1.400	$40,50 por ocorrência
C. Analisar créditos dos clientes	20%	$ 113.400	2.500	$45,36 por análise de crédito
TOTAL	100%	$ 567.000	-	-

Quadro 6 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do ABC convencional
Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Pela ótica do ABC convencional, as taxas de direcionadores de custos seriam utilizadas para distribuir as despesas do departamento para cada cliente com base

no número de pedidos, de dúvidas ou queixas, ou de análises de crédito referentes a cada um deles.

Pela lógica do TDABC, o 1º estágio de alocação de custos é ignorado, eliminando a necessidade de se alocar os custos do departamento entre as várias atividades por ele executadas. Desta forma, o TDABC "evita o trabalho dispendioso, demorado e subjetivo de pesquisa de atividades do ABC convencional. Para tanto, usa equações de tempo que, de maneira direta e automática, distribuem recursos de custo das atividades executadas e as transações processadas" (KAPLAN; ANDERSON, 2007a, p. 11). Antes disso, a (i) taxa do custo da capacidade para o departamento e o (ii) uso da capacidade por cada transação processada no departamento são estimados.

O numerador da expressão que calcula (i) é igual ao custo total da capacidade fornecida pelo departamento, ou seja, $ 567.000,00. O denominador da expressão é obtido através do estudo da capacidade de trabalho real dos empregados do departamento. O departamento possui 28 empregados de "linha de frente" (executores do serviço) que trabalham, em média, 20 dias por mês (60 dias por trimestre) e que são remunerados com base em 7,5 horas de trabalho por dia. Desta forma, cada empregado está presente no departamento por cerca de 450 horas ou 27.000 minutos por trimestre. No entanto, nem todo o tempo remunerado é aproveitado em trabalho produtivo, pois os empregados do departamento passam, aproximadamente, 75 minutos por dia em intervalos, em treinamentos e em formação profissional. Portanto, a capacidade prática de cada empregado é de cerca de 22.500 minutos por trimestre (375 minutos por dia, multiplicados por 60 dias de trabalho por trimestre) e do departamento como um todo é de 630.000 minutos por trimestre. De posse dessas informações, a taxa do custo da capacidade para o departamento resulta em:

$$Taxa\ do\ custo\ da\ capacidade = \frac{\$567.000}{630.000\ minutos} = \$0{,}90\ por\ minuto$$

A partir da estimação dos tempos médios unitários de execução de cada atividade, o parâmetro (ii) do TDABC é calculado. Os tempos estimados são: 8 minutos para processar pedidos dos clientes, 44 minutos para lidar com dúvidas e queixas dos

clientes e 50 minutos para analisar créditos dos clientes. A partir da multiplicação de (i) por (ii), para cada atividade, são calculadas as taxas dos direcionadores de custos das atividades executadas no departamento de serviços ao cliente pela lógica do TDABC. O quadro 7 apresenta os valores obtidos:

Atividade	Direcionador de custo do TDABC	
	Unidade de tempo (minutos)	Taxa ($0,90 por minuto)
A. Processar pedidos dos clientes	8	$ 7,20
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	44	$ 39,60
C. Analisar créditos dos clientes	50	$ 45,00

Quadro 7 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do TDABC
Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Pode ser notado que as taxas dos direcionadores de custo do TDABC são um pouco mais baixas do que as estimadas pelo modelo ABC convencional. Para encontrar as razões das diferenças, alguns procedimentos são realizados. Primeiramente, o tempo total de serviço executado pela ótica do ABC convencional é obtido pelo uso da seguinte equação de tempo:

$$\begin{aligned} &Tempo\ de\ serviço\ aos\ clientes\ (minutos) \\ &= 8\ \times \text{nº de pedidos processados} \\ &+ 44\ \times \text{nº de dúvidas dos clientes} \\ &+ 50\ \times \text{nº de análises de crédito dos clientes} \end{aligned}$$

Desta forma, pode-se calcular tanto o custo total da capacidade efetivamente utilizada para executar as atividades, como também o custo total da capacidade ociosa, como mostra o quadro 8:

Atividade	Unidade de tempo (minutos)	Quantidade	Total de minutos	Custo total
A. Processar pedidos dos clientes	8	49.000	392.000	R$ 352.800
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	44	1.400	61.600	R$ 55.440
C. Analisar créditos dos clientes	50	2.500	125.000	R$ 112.500
Capacidade utilizada	-	-	578.600	R$ 520.740
Capacidade não utilizada (8,2%)	-	-	51.400	R$ 46.260
TOTAL	-	-	630.000	R$ 567.000

Quadro 8 - Cálculo dos custos das atividades, da capacidade utilizada e da capacidade ociosa
Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Analisando o quadro 8, pode-se observar que apenas 92% da capacidade prática dos recursos fornecidos (578.600 dividido por 630.000) durante o trimestre são

usadas em trabalho produtivo. Como consequência, apenas 92% das despesas (gastos) totais de $567.000 são atribuídas aos clientes durante esse período. Desta forma, conclui-se que o sistema ABC convencional superestima os custos de execução das atividades, pois suas pesquisas sobre distribuição do esforço (de empregados, por exemplo) abrangem tanto os custos de capacidade dos recursos utilizados, como também os custos dos recursos não utilizados. Por sua vez, o TDABC, ao especificar as unidades de tempo para a execução de cada atividade, proporciona informações mais válidas à organização na medida em que possibilita a visualização dos custos e do consumo de recursos (tempo) das atividades, da capacidade efetivamente utilizada e da capacidade ociosa do período.

O estudo de caso exposto por Kaplan e Anderson (2007a, p. 34-38) trata-se de um departamento de vendas da empresa americana de equipamentos de controle industrial Wilson-Mohr que é utilizado para ilustrar a utilização das (iii) equações de tempo do TDABC. O departamento recebe os pedidos dos clientes, abre novas contas, prepara as cotações, confirma a disponibilidade de itens sob encomenda e transmite os pedidos aceitos e concluídos ao depósito para entrega. As duas atividades básicas do departamento são: entrada/registro de pedidos e preparação de cotação. A Wilson-Mohr estima o tempo médio necessário para executar cada uma das atividades, como mostra a figura 17:

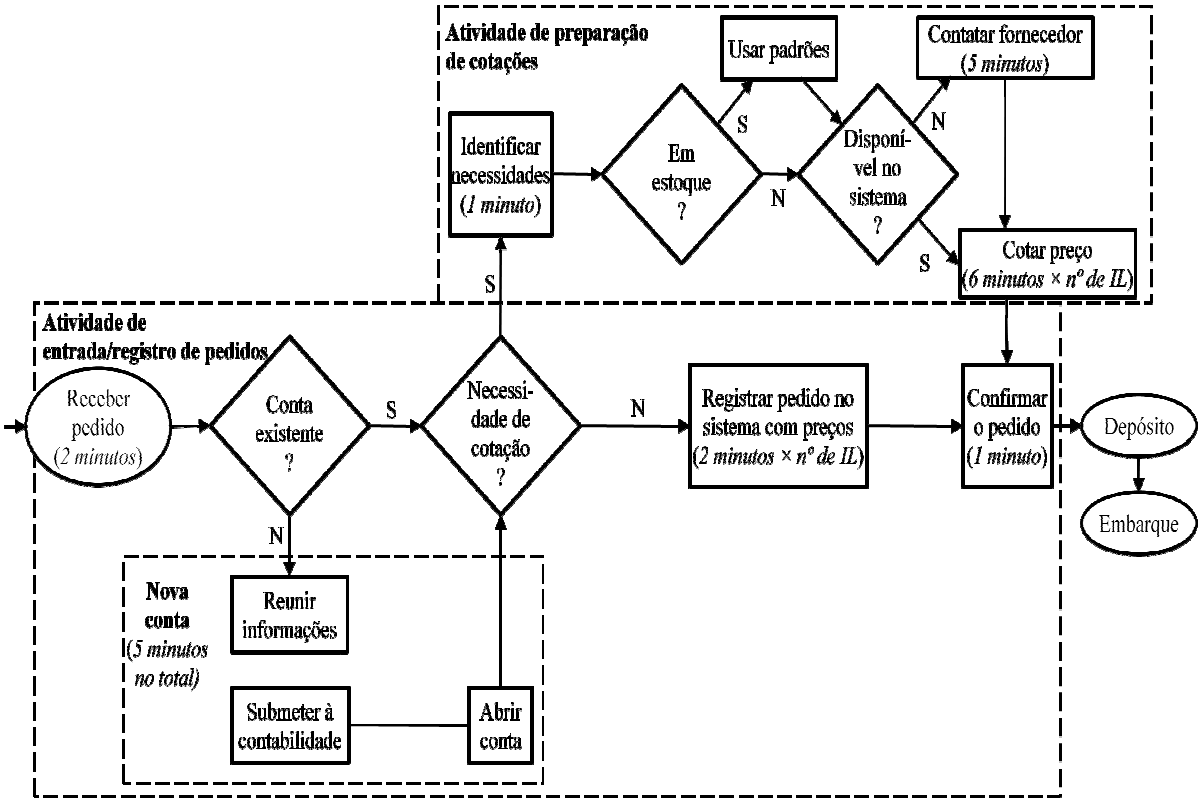

Figura 17 - Diagrama do processo de vendas da Wilson-Mohr
Fonte: Adaptado de Kaplan e Anderson (2007a)

Convém ressaltar que a entrada de pedidos é realizada por meio de um pacote de *software* específico. Como os representantes de vendas da Wilson-Mohr passam pelo mesmo treinamento, os tempos das atividades são padronizados e facilmente estimados. As variações nos tempos de entrada de pedidos resultam das próprias características dos pedidos, seguindo o diagrama de processo apresentado na figura 17.

A construção da equação de tempo, conforme Kaplan e Anderson (2007a, p. 36), “exige que se descrevam as atividades básicas e todas as grandes variações em torno delas, se identifiquem os direcionadores das variações e também que se estimem os tempos-padrão para a atividade básica e para cada variação.” Desta forma, para o processo de vendas da empresa Wilson-Mohr, é montado o quadro 9 que faz referência às atividades básicas, aos direcionadores de cada atividade e aos tempos-padrão de cada etapa descrita na figura 17. Esse quadro, ainda, faz alusão às variáveis matemáticas que compõem a equação de tempo.

Atividade	Direcionadores-chave	Tempo por etapa
Registrar pedido	· Receber pedido	2 minutos (β_0)
	· Abrir nova conta	5 minutos (β_1)
	· Registrar pedido	2 minutos por item de linha (IL) (β_2)
	· Confirmar pedido	1 minuto (β_3)
Preparar Cotação	· Identificar necessidade de cotação	2 minutos (β_4)
	· Contatar fornecedor sobre itens fora de estoque (FE)	5 minutos (β_5)
	· Cotar preço	6 minutos por item de linha (IL) (β_6)

Quadro 9 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo de vendas da Winson-Mohr
Fonte: Adaptado de Kaplan e Anderson (2007a)

Com base no quadro 9, a equação de tempo para o processo de venda da empresa Wilson-Mohr pode ser expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Tempo\ do\ processo\ de\ vendas\ (em\ minutos) = {} & 2_{receber\ pedido} \\ & + \left(2_{registrar\ pedido} \times IL\right) \\ & + 1_{confirmar\ pedido} \\ & + \{5_{se\ for\ conta\ nova}\} \\ & + \{1_{se\ cotação\ for\ necessária}\} \\ & + \{5_{se\ contatar\ fornecedor}\} \\ & + \{6_{se\ cotar\ preço} \times IL\} \end{aligned}$$

Convém observar que, caso sejam identificados outros fatores que ajudem a explicar as variações nos tempos dos processos de vendas, estes fatores podem ser incorporados à equação a partir do simples acréscimo de tempo. Como exemplo, Kaplan e Anderson (2007a) conjecturam a necessidade de mais 10 minutos de trabalhos para lidar com pedidos urgentes. Desta forma, para mensurar o tempo total do processo de vendas da Wilson-Mohr, basta que seja acrescentado o seguinte termo à equação de tempo previamente expressa:

$$+ 10_{se\ pedido\ for\ urgente}$$

Desta forma, conforme argumentam Kaplan e Anderson (2007, p. 37), o TDABC possibilita que os analistas ajustem as equações de tempo “à medida que aprendem mais sobre os fatores sistemáticos que causam variações nos processos, ou à medida que a empresa acrescenta novos atributos, canais e serviços.”

Antes de se finalizar esta seção, vale comentar uma frase expressa por Kaplan e Anderson (2007a, p. 20; 2007b, p. 14): TDABC - “vinho venho (direcionadores de duração) em novas garrafas?” (*old wine (duraction drivers) in new bottles?*). Essa

frase retrata a inquietação de “algumas pessoas que tentam minimizar o grau de inovação do TDABC, alegando que o ABC convencional sempre teve a capacidade de usar o tempo como direcionador de custo”. No entanto, Kaplan e Anderson (2007a, p. 20-21; 2007b, p. 14) explicitam as diferenças entre o TDABC e o ABC convencional no tocante ao uso do “tempo” como direcionador de custos das atividades (2º estágio), argumentando que:

> Os sistemas ABC convencionais usam direcionadores de duração de maneira fundamentalmente diferente do papel do “tempo” no TDABC. Os sistemas [ABC] convencionais aplicam direcionadores de duração na segunda fase do processo de alocação de custos, depois de os custos dos recursos já terem sido direcionados para diferentes atividades, por meio da abordagem demorada e dispendiosa de entrevistas ou levantamentos. [...] Os direcionadores de duração aumentam a exatidão do modelo ABC convencional, mas também aumentam os custos de mensuração. A distinção importante é que os custos mais elevados decorrentes do uso de direcionadores de duração no ABC convencional, superam e ultrapassam os custos já elevados ainda necessários para direcionar os custos de recursos às atividades, antes do uso de direcionadores de duração. Os direcionadores de duração aumentam a exatidão, mas, nos modelos de ABC convencional, não eliminam o alto custo da primeira alocação de custos às atividades. A inovação do TDABC, ao contrário, consiste em usar o tempo para alocar custos diretamente dos recursos aos objetos de custos, suprimindo inteiramente o estágio monótono e propenso a erros de alocar anteriormente os custos de recursos às atividades.

3.6 RESUMO DE CARACTERÍSTICAS E PREMISSAS DOS MÉTODOS DE CUSTEIO ABORDADOS

De forma sintetizada, o quadro 10 apresenta as principais características e premissas dos métodos de custeio abordados:

MÉTODO DE CUSTEIO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E PREMISSAS
Contabilidade de Ganhos da TOC	– Apesar de teoricamente não considerar o conceito de custos dos produtos, calcula o ganho unitário (*throughput*) de cada produto, definindo-o como a diferença entre o preço de venda e o custo de material direto; – Todos os custos que não são de material direto (ex: mão-de-obra, *overhead*, despesas comerciais e despesas administrativas) não são inseridos no cálculo do ganho unitário, sendo considerados como despesas do período.
Custeio por Absorção (tradicional)	– Os custos do produto incluem material direto, mão-de-obra direta e *overhead* (fixo e variável), sendo as despesas administrativas e comerciais (fixas e variáveis) consideradas como do período;

	– O *overhead* (fixo e variável) é alocado aos produtos por meio de bases de rateio (ex: horas de mão-de-obra direta e horas-máquina de processamento).
Custeio Pleno (tradicional)	– Os custos do produto incluem material direto, mão-de-obra direta, *overhead* (fixo e variável), despesas administrativas e despesas comerciais; – *Overhead* (fixo e variável) e despesas comerciais e administrativas (fixas e variáveis) são alocados aos produtos por meio de bases de rateio (ex: horas de mão-de-obra direta e horas-máquina de processamento).
Custeio Direto/Variável	– Os custos do produto incluem material direto, mão-de-obra direta e porção do *overhead* e das despesas que variam com o volume de produção e vendas; – *Overhead* (fixo) e despesas comerciais e administrativas (fixas) não são alocados ao produto para fins de custeio, sendo considerados como despesas do período.
ABC	– Os custos dos produtos incluem material direto, mão-de-obra direta e *overhead* (dado através de atividades que consomem recursos e que, por sua vez, são utilizadas pelos produtos). Existem trabalhos que incorporam tanto a porção fixa, como também a variável do *overhead* nos custos do produto (ex: KEE, 1995). No entanto, também existem trabalhos que consideram apenas a porção variável do *overhead* nos custos do produto (ex: KEE, 2001) para fins de tomada de decisão; – As atividades (portadoras de *overhead*) são divididas em quatro níveis: (i) em nível de unidade: ocorrem a cada vez que uma unidade é produzida e podem ser relacionadas com mão-de-obra (ex: supervisão de produção) e com equipamentos (ex: manutenção e energia); (ii) em nível de lote: ocorrem a cada vez que um lote de produtos é produzido (ex: *setup*/preparação de máquina, manipulação e recepção de material); (iii) em nível de produto: ocorrem como suporte no projeto de produção de cada tipo de produto ou linha de produtos (ex: projeto de engenharia); (iv) em nível de facilidades: ocorrem com as facilidades que dão suporte ao processo geral de fabricação (ex: aluguel, segurança e iluminação da fábrica). – As despesas comerciais e administrativas são consideradas com despesas do período. No entanto, alguns autores expõem que o ABC pode considerar as despesas comerciais e administrativas no cálculo dos custos do produto (ex: JONES; DUDGALE, 2002).
TDABC	– Custos dos recursos são alocados diretamente aos objetos de custos; – Utiliza os parâmetros “taxa do custo da capacidade para o departamento” e o “uso (tempo) da capacidade por cada transação processada no departamento” para custear produtos, serviços, atividades e processos de um departamento operacional. – O principal direcionador dos custos dos recursos é o tempo; – Utiliza equações de tempo para lidar com variações de produtos, serviços e processos de um departamento operacional

Quadro 10 - Resumo das principais características e premissas dos métodos de custeio
Fonte: Elaborado pelo autor

4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Este capítulo destina-se a apresentar e a analisar criticamente a evolução histórica das publicações sobre conceitos, heurísticas e modelos matemáticos que alicerçam a decisão *mix* de produtos em ambientes de manufatura. Para tal, inicialmente são apresentadas e discutidas as principais contribuições dos artigos internacionais prospectados na análise bibliométrica e de outras fontes bibliográficas (ex: livros) que abrangem a decisão de *mix* de produtos. Convém observar que a análise crítica da literatura sobre decisão de *mix* de produtos visa cumprir o objetivo secundário (3) da corrente pesquisa. Além disso, serve como base de composição da lacuna teórica que o modelo de decisão proposto na dissertação se propõe a preencher. Em seguida, a aplicação de diferentes métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos é trabalhada a partir de um exemplo didático tendo em vista a sedimentação e a plena compreensão dos conceitos apresentados no capítulo.

4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA SOBRE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Analisando o histórico de estudos sobre decisão de *mix* de produtos, pode-se concluir que considerações sobre métodos de custeio neste tipo de decisão datam, pelo menos, da década de 1970. Como exemplo, pode ser citado o artigo de Grinnell (1976) publicado no periódico acadêmico *Management Accounting* que discute a aplicação dos métodos de custeio por absorção e direto na determinação do *mix* ótimo de produtos utilizando programação matemática. No entanto, convém observar que a decisão de *mix* de produtos é um assunto já discutido na literatura do campo da Pesquisa Operacional mesmo antes da década de 1970. A justificativa para tal afirmação reside no fato de os artigos de Hodges e Moore (1970), Byrd e Moore (1978) e Reeves e Sweigart (1981) já anunciarem a existência de um “modelo convencional” de decisão de *mix* de produtos, modelo esse baseado em

programação linear com variáveis determinísticas. O modelo pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{Função Objetivo (Maximizar Lucro)} = \sum_i P_i \; x_i$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\text{De capacidade de equipamentos.} \ldots\ldots \sum_{\text{i}} t_{ij} \; x_i \leq C_j \qquad \text{para todo } j$$

$$\text{De material disponível.} \ldots\ldots \sum_i r_{ik} \; x_i \leq M_k \qquad \text{para todo } k$$

$$\text{De mão–de–obra disponível} \ldots\ldots \sum_i s_{iw} \; x_i \leq MO_w \qquad \text{para todo } w$$

$$\text{De demanda.} \ldots\ldots I_i \leq \text{x}_i \leq \text{S}_i \qquad \text{para todo } i$$

Onde:

x_i = número de unidades dos produtos do tipo *i* a ser manufaturado
P_i = lucro unitário do produto do tipo *i*
t_{ij} = tempo requerido do equipamento do tipo *j* por unidade produzida do produto do tipo *i*
C_j = disponibilidade/capacidade do equipamento do tipo *j*
r_{ik} = material requerido do tipo *k* por unidade produzida do produto do tipo *i*
M_k = disponibilidade do material do tipo *k*
s_{iw}= tempo requerido da mão-de-obra do tipo *w* por unidade produzida do produto do tipo *i*
MO_w = disponibilidade/capacidade da mão-de-obra do tipo *w*
I_i = limite inferior da demanda do produto do tipo *i*
S_i = limite superior da demanda do produto do tipo *i*

Convém observar que a função objetivo a ser maximizada possui a variável “lucro unitário” (medida/métrica de rentabilidade) que é expressa pela diferença entre o preço de venda e os custos de cada tipo de produto. No entanto, o texto de Byrd e Moore (1978) não explicita a forma como se calcula os custos dos produtos para fins de determinação do lucro unitário. O trabalho de Reeves e Sweigart (1981) e de Hodges e Moore (1970) utilizam a margem de contribuição provinda do método de custeio direto/variável como medida de rentabilidade de produtos. Já o trabalho de Grinnell (1976) utiliza tanto o custeio por absorção, como também o custeio

direto/variável para determinar a métrica de rentabilidade a ser maximizada na função objetivo do modelo de programação matemática.

No trabalho de Hodges e Moore (1970), a demanda no modelo matemático para determinar o *mix* ótimo de produtos é considerada como uma variável probabilística. Como resultado, é gerado um modelo chamado de “programação linear sob incerteza” que é aplicado em um exemplo didático. Reeves e Sweigart (1981) propõem um modelo matemático para determinação do *mix* ótimo de produtos com a incorporação de efeitos de aprendizado no processo produtivo. Como efeito de aprendizado, entende-se a diminuição da quantidade de recursos utilizados para produzir um mesmo produto devido à aprendizagem obtida com a repetição da produção. Como resultado, Reeves e Sweigart (1981) expõem um modelo de programação matemática não-linear que considera a margem de contribuição como medida de rentabilidade na função objetivo.

Em um artigo publicado no formato de memorando no *International Journal of Management Science*, Reeves (1976) propõe um modelo de programação linear que considera na função objetivo o custo total de estoques de um período, determinado a partir da fórmula do lote econômico de compra (para saber mais detalhes sobre o cálculo do lote econômico de compra, ver Corrêa, Gianesi e Caon (2001)).

Knolmayer (1982) e Knolmayer (1983) utilizam o contexto da decisão de *mix* de produtos para fazer considerações sobre métodos de programação linear. Nos textos, são discutidas formas de se melhorar a resolução dos problemas de programação linear em termos de procedimentos matemáticos. Beged-Dov (1983) utiliza dados de uma empresa americana produtora de materiais de construção para expor a aplicação de um programa computacional que utiliza informações de custos, capacidade, preços e demanda para determinar o *mix* de produtos em um determinado período. Vale destacar que Beged-Dov (1983) utiliza o método de custeio por absorção para determinar os custos dos produtos, pois o *overhead* do processo produtivo é alocado aos produtos com base no custo de mão-de-obra de cada produto.

Tomando como embasamento teórico publicações do campo da economia (ex: GABSZEWICZ *et al*., 1986), Chander e Leruth (1991) propõem um modelo matemático para decisão de *mix* de produtos para empresas ou instituições

monopolistas, como no caso de instituições de serviços de utilidade pública (ex: metrô de Paris). No modelo, assume-se que os custos fixos não são considerados na decisão. No entanto, Chander e Leruth (1991) não explicitam quais são os elementos que constituem os custos fixos.

Bahl, Taj e Corcoran (1991) formulam um modelo matemático baseado em programação linear para determinar o *mix* ótimo de produtos em um ambiente de manufatura em que há a possibilidade de se contratar hora extra de trabalho (com custos superiores aos custos de processamento "normal"). Na função objetivo do modelo, Bahl, Taj e Corcoran (1991) consideram com medida de rentabilidade a diferença entre o preço de venda e os custos variáveis. No entanto, o artigo não explicita os elementos que constituem os custos variáveis e, por conseqüência, a medida de rentabilidade utilizada no modelo.

Paralelamente aos modelos de programação matemática desenvolvidos para lidar com problemas de decisão de *mix* de produtos, outras abordagens foram desenvolvidas tendo como base a proposição de heurísticas de decisão. Entre elas, está a lógica de determinação de *mix* de produtos que considera como prioritária a produção e venda dos produtos com as maiores margens. Esta lógica é denominada por Linhares (2009) como heurística da margem (*margin heuristic*) e incluem as abordagens baseadas no custeio por absorção (margem = lucro unitário), no custeio variável (margem = margem de contribuição) e no ABC (margem = lucro unitário). Outra lógica de priorização, desenvolvida por Goldratt e Cox (1984), parte da premissa de que a empresa opera com algum tipo de restrição e está inserida em um processo geral de tomada de decisão empresarial denominado como "cinco passos de focalização" que tem como pano de fundo teórico a TOC. Os cindo passos de focalização da TOC podem ser expressos da seguinte forma (GOLDRATT, 1990a)

- 1° Passo: identificar a restrição do sistema, ou seja, onde se localiza o recurso de menor capacidade que define a capacidade máxima de todo o sistema.
- 2° Passo: decidir como explorar a restrição do sistema, pois, para maximizar o desempenho de todo o sistema, é necessário tirar o máximo proveito possível do recurso que o restringe;

- 3° Passo: subordinar todo o sistema ao que foi dec idido no 2º passo;
- 4° Passo: elevar a restrição do sistema;
- 5° Passo: voltar ao primeiro passo se a restrição for eliminada em algum passo anterior e não permitir que a inércia atue no processo.

Goldratt (1990a), corroborados por Luebbe e Finch (1992) e Lee and Plenert (1993), ressaltam que, dos cinco passos propostos, apenas os dois primeiros relacionam-se à definição de *mix* de produtos e à geração do planejamento mestre da produção (MPS - *Master Production Schedule*). Ressalta-se que Goldratt (1990a) utiliza um exemplo didático com os "produtos P e Q" (considerado como "clássico" por Lee e Plenert (1996)) para ilustrar a aplicação dos dois primeiros passos da TOC. Já os três últimos passos são consagrados a questões de planejamento da capacidade produtiva numa ótica de longo prazo e de melhoria no processo produtivo, conforme apontam Souren, Ahn e Schmitz (2005). Desta forma, apenas os dois primeiros passos são abordados e aprofundados na corrente dissertação, sendo considerados como componentes da "heurística da TOC" para decisão de *mix* de produtos. A figura 18 apresenta um detalhamento da "heurística da TOC":

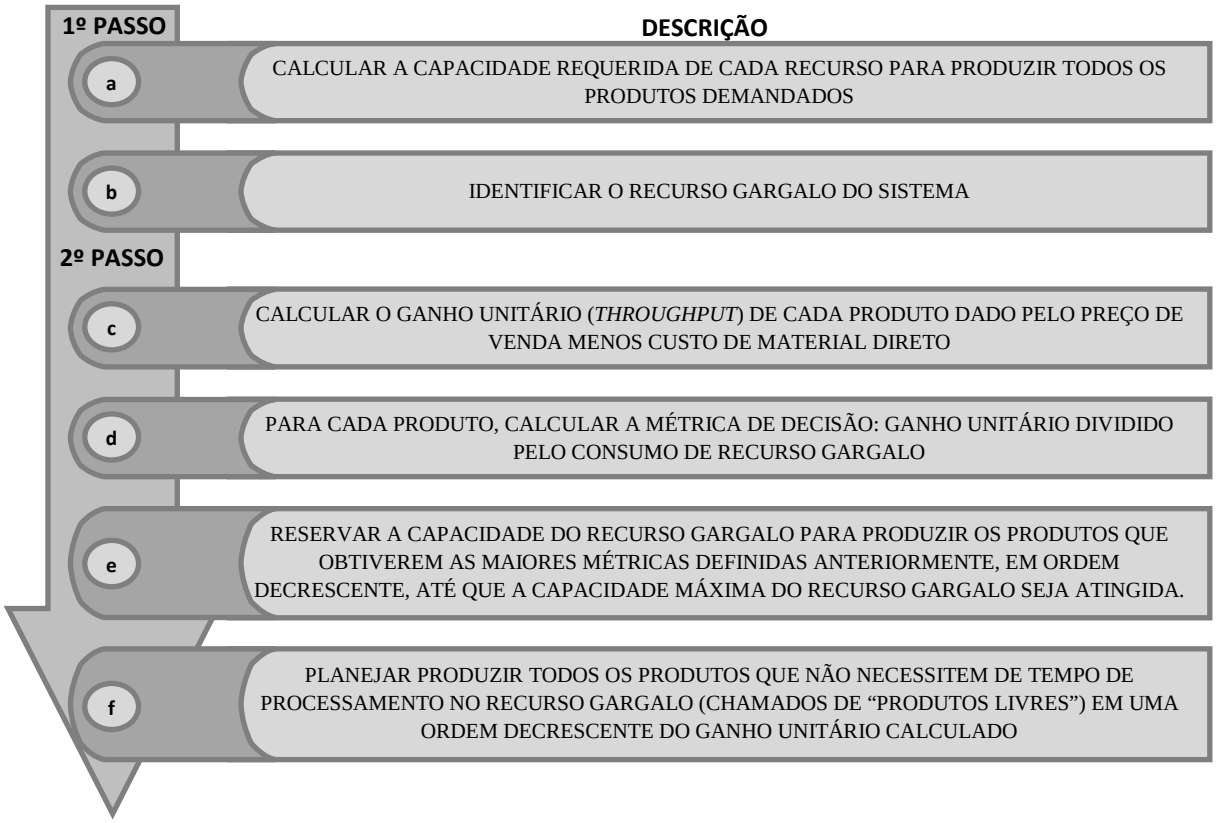

Figura 18 - Heurística da TOC para decisão de *mix* de produtos
Fonte: Adaptado de Goldratt (1990a), Luebbe e Finch (1992) e Lee e Plenert (1993)

No passo 1, são identificadas as restrições que limitam a empresa de gerar mais ganhos. Tais restrições possuem relação com o mercado (demanda menor que a capacidade disponibilizada), com fornecedores (material fornecido insuficiente para cumprir plano de produção) ou com recursos internos da empresa (capacidade insuficiente para atender demanda). No passo 2, o tomador de decisão (ex: responsável pelo setor de planejamento da produção da empresa) decide como programar a seqüência de produção de forma a explorar a restrição ou gargalo do sistema. Como exemplo, tem-se a situação em que a restrição do sistema é interna ao processo produtivo, exigindo que o programador desenvolva um plano mestre de produção de forma tal que se priorize a manufatura de produtos que tenham os maiores ganhos unitários (*throughputs*) por tempo de utilização do recurso gargalo (SINGH *et al*., 2006).

Convém relembrar que, sob a abordagem da TOC, apenas o material direto é tratado como um custo variável e inserido no cálculo do ganho unitário, sendo os custos de mão-de-obra e os indiretos tratados, *a priori*, como “comprometidos” com processo produtivo da empresa, sendo contabilizados como despesas do período (GOLDRATT; 1990a; GOLDRATT; FOX, 1992; NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996) e considerados como irrelevantes para a priorização de produção e custeamento de produtos (COOPER; SLAGMULDER; 1999; KEE; SCHMIDT; 2000; TSAI *et al*., 2008).

Após o desenvolvimento da heurística da TOC, diversos trabalhos acadêmicos são desenvolvidos para analisá-la. Em um ensaio teórico, Bakke e Hellberg (1991) analisam a relevância de decisões baseadas, isoladamente, na TOC (no artigo, ainda sob a nomenclatura de OPT - *Optimized Product Technology* - filosofia de planejamento de produção que deu origem à TOC) e no ABC em relação ao horizonte temporal de planejamento. De forma conclusiva, Bakke e Hellberg (1991) pontuam que as decisões de *mix* de produtos com base na TOC (priorização de produtos com maior ganho unitário dividido pelo consumo de recurso gargalo) são mais apropriadas para um horizonte temporal de curto prazo pelo fato da TOC considerar custos de mão-de-obra e custos indiretos como despesas operacionais (fixas) do período, enquanto que as decisões de *mix* de produtos baseadas no ABC (priorização de produtos com maior lucro unitário) são mais relevantes no longo

prazo pelo fato do ABC considerar que parte dos custos de mão-de-obra direta e de *overhead* pode ser variável.

Com base nessas conclusões, Bakke e Hellberg (1991) sugerem que tanto a abordagem da TOC, como a do ABC para decisão de *mix* de produtos precisariam ser mais bem elaboradas. Além disso, Bakke e Hellberg (1991) recomendam que combinações de diferentes modelos, tais como a TOC e o ABC, deveriam ser desenvolvidas de forma a produzir melhores informações para a tomada de decisão. A mesma recomendação é feita por Spoede, Henkee e Umble (1994). A partir daí, pesquisas são realizadas com vistas ao desenvolvimento de modelos e algoritmos integrando a TOC e o ABC. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Kee (1995), de Yahya-Zadeh (1998), de Kee e Schmidt (2000) e de Kee (2001) que são discutidos na parte final desta seção.

A partir da utilização de um exemplo numérico ilustrativo e fazendo uma analogia com a programação linear, Luebbe e Finch (1992) concluem que tanto a programação linear e a heurística baseada na TOC podem levar a uma solução ótima de *mix* de produtos. Em outras palavras, mesmo deixando claro que a TOC é uma filosofia de produção (comparável à filosofia de produção japonesa *Just in Time*) e que a programação linear é uma "mera" técnica de otimização, Luebbe e Finch (1992) não explicitam as diferenças entre a heurística da TOC e a programação linear no tocante à decisão de *mix* de produtos. Um benefício da programação linear quando comparada à heurística da TOC, segundo Luebbe e Finch (1992), diz respeito à possibilidade que a primeira oferece de se realizar análises de sensibilidade (*analysis via shadow prices*).

South e Oliver (1992) utilizam um exemplo numérico para analisar comparativamente *mix* de produtos (horizonte de planejamento de uma semana) gerados a partir de duas métricas econômicas: (i) margem bruta de lucro ou lucro unitário (baseada no método de custeio por absorção), obtida pela diferença entre o preço de venda e os custos de material direto, de mão-de-obra direta e de *overhead* alocado ao produto; e (ii) valor adicionado, calculado pela diferença entre o preço de venda e o custo de material direto (mesmo conceito de ganho unitário da TOC). Como resultados, South e Oliver (1992) expõem que utilizar a métrica (i) acarreta em um *mix* de produtos inferior ao obtido pela adoção da métrica (ii) em termos de lucro líquido do período. Convém ressaltar que, apesar de considerarem a restrição de

capacidade do sistema produtivo, South e Oliver (1992) não fazem o uso da heurística da TOC para priorização de produção, ou seja, *throughput* dividido pelo consumo do recurso gargalo.

Nos primeiros anos de desenvolvimento da heurística baseada na TOC, acreditou-se que esta poderia proporcionar a melhor combinação de produtos em todas as situações, quando comparado, por exemplo, à heurística baseada no custeio por absorção em que os custos indiretos são alocados aos produtos por meio de rateios (BLACKSTONE, 2001; LINHARES, 2009). Convém observar que, doravante, para fazer referência à heurística que utiliza como métrica econômica para decisão de *mix* de produtos o lucro unitário calculado a partir da lógica do custeio por absorção sem a consideração do consumo de recurso gargalo, será utilizada a denominação “modelo do custeio por absorção”. Já para a heurística que considera o consumo de recurso gargalo na definição da métrica de decisão, será utilizada a denominação “modelo do custeio por absorção com capacidade”.

Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) analisam a utilização do custeio pleno em decisões de planejamento de produção, entre elas a de *mix* de produtos. No estudo, são considerados dois exemplos didáticos em que as restrições do processo produtivo são *hard* (com impossibilidade de expansão da capacidade produtiva no curto prazo). No cenário de restrições do tipo *hard*, cenário este utilizado na maioria dos estudos considerados na corrente dissertação, Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) concluem que o custeio pleno não é economicamente útil para calcular a rentabilidade de produtos e, conseqüentemente, o *mix* de produtos devido às alocações arbitrárias de custos indiretos e de despesas.

Tomando como base o clássico exemplo didático dos “produtos P e Q” apresentados no livro *The Hairstick Sindrome* de Goldratt (1990a), Lee e Plenert (1996, p. 553) adicionam um produto (T) no exemplo e concluem que a heurística da TOC e a programação linear são “muito mais eficientes para a determinação dos cálculos de *mix* de produtos do que os métodos tradicionais de custeio que apenas se atêm a custos ou margens”, ou seja, leva em consideração apenas a rentabilidade de produtos sem considerar o consumo de recurso gargalo na definição da métrica de decisão de *mix* de produtos. No entanto, os artigos desenvolvidos três anos antes por Plenert (1993) e por Lee e Plenert (1993) mostram que a heurística derivada da TOC é limitada na determinação do *mix* de produtos ótimo quando o processo

produtivo envolve a produção de quantidades inteiras de produtos para um determinado período e é caracterizada pela existência de múltiplas restrições. Como resposta a essa limitação da heurística da TOC, Plenert (1993) e Lee e Plenert (1993) recomendam que o *mix* ótimo de produtos seja definido através do uso de programação linear inteira. Convém observar que os três artigos publicados por Gerhard Plenert, mesmo os em parceria com Terry Lee, são semelhantes e possuem a mesma essência conceitual, sendo diferenciáveis entre si devido a alterações realizadas na forma, nos exemplos (produto adicionado) utilizados para realizar as análises e dos modelos de decisão de *mix* de produtos postos em análise.

Utilizando dados de uma empresa de pequeno porte real, Patterson (1992) chega às mesmas conclusões de Lee e Plenert (1993). Posnack (1994) contestam as conclusões de Lee e Plenert (1993) argumentando que a heurística baseada na TOC não é utilizada de forma correta no exemplo didático, pois esta não se restringe apenas a problemas envolvendo a produção de produtos inteiros. Desta forma, Posnack (1994), corroborado por Maday (1994), argumenta que a solução obtida pela heurística da TOC pode atingir a otimalidade quando a produção pode ser completada no período seguinte, ou seja, em situações em que as quantidades dos produtos geradas pelo *mix* calculado não são inteiras.

A partir de modificações feitas no exemplo empregado por Luebbe e Finch (1992), Balakrishnan e Cheng (2000) confirmam as conclusões de Lee e Plenert (1993) de que a abordagem baseada na programação linear é superior à heurística baseada na TOC para se determinar o *mix* ótimo de produtos em situações que envolvem a existência de múltiplas restrições. Em um artigo-resposta, Finch e Luebbe (2000) reconhecem que, na situação (exemplo) apresentada por Balakrishnan e Cheng (2000), a solução oferecida pela heurística da TOC não é ótima quando comparada à proporcionada pela programação linear e que, conseqüentemente, a otimalidade da TOC não é mandatória em todas as situações. Uma explicação para a obtenção do resultado ótimo via heurística da TOC no exemplo de Luebbe e Finch (1992) relaciona-se ao fato de que o *ranking* de priorização de produção (ganho unitário divido pelo consumo de recurso gargalo) foi igual para cada uma das restrições, como bem apontam Sourerm, Ahn e Schmitz (2005).

Em um artigo publicado no *Production and Inventory Management Journal*, Balakrishnan (1999) também analisa comparativamente os resultados obtidos pelos *mix* de produtos calculados através da heurística da TOC e da programação linear. Para tal, um exemplo numérico em que múltiplas restrições são consideradas é utilizado e trabalhado através da função SOLVER do software Excel® e de análise gráfica. Como conclusão, Balakrishnan (1999) expõe que o resultado do *mix* obtido via heurística da TOC é inferior ao calculado através de programação linear em situações que envolvem múltiplas restrições. A explicação desse fenômeno reside no fato de que a heurística da TOC explora (maximiza o uso) apenas a restrição dominante do sistema, enquanto que a programação linear explora todas as restrições do sistema. Desta forma, as conclusões de Balakrishnan (1999), Balakrishnan e Cheng (2000) e de Finch e Luebbe (2000) corroboram com a tese defendida por Plenert (1993) de que, em problemas de decisão de *mix* de produtos envolvendo múltiplas restrições, a heurística baseada na TOC oferece soluções inferiores às extraídas a partir de programação matemática linear em termos de resultado econômico (lucro), ou seja, as soluções obtidas com heurística da TOC são sub-ótimas.

Mabin (2001) realiza uma análise crítica do artigo publicado por Balakrishnan (1999) e afirma que este autor faz considerações erradas sobre a TOC ao minimizá-la à heurística de decisão de *mix* de produtos. No entanto, Mabin e Davies (2003) reconhecem que a heurística da TOC para decisão de *mix* de produtos, apesar de se demonstrar claramente superior às abordagens tradicionais (ex: custeio por absorção), é marginalmente inferior à programação linear. Desta forma, Mabin (2001) sugere que a heurística de decisão de *mix* de produtos pode ser utilizada conjuntamente com a programação linear, pois é apenas uma parte da TOC. Seguindo essa linha de raciocínio, Coman e Ronen (2000) utilizam conjuntamente a TOC e a programação linear para propor um modelo de decisão que integra *mix* de produtos (produção interna) com terceirização (produção externa) de forma a maximizar o *throughput* total da empresa em um cenário em que existem empresas que podem realizar contratos de produção terceirizada (do inglês *contractors*). Vale ressaltar que o cenário de estudo de Coman e Ronen (2000) em que a empresa produtora se compromete a satisfazer 100% da demanda de produtos com a contratação de empresas terceirizadas de produção, difere do cenário normalmente

abordado pelos pesquisadores de decisão de *mix* de produtos abordados na corrente dissertação, ou seja, a produção é limitada à capacidade produtiva sem se considerar terceirização de atividades.

A partir de análises comparativas realizadas em sete exemplos numéricos, Souren, Ahn e Schmitz (2005) expõem e discutem as premissas que são mandatórias para que os *mix* de produtos gerados com base na TOC apresentem soluções ótimas. As premissas são apresentadas na figura 19:

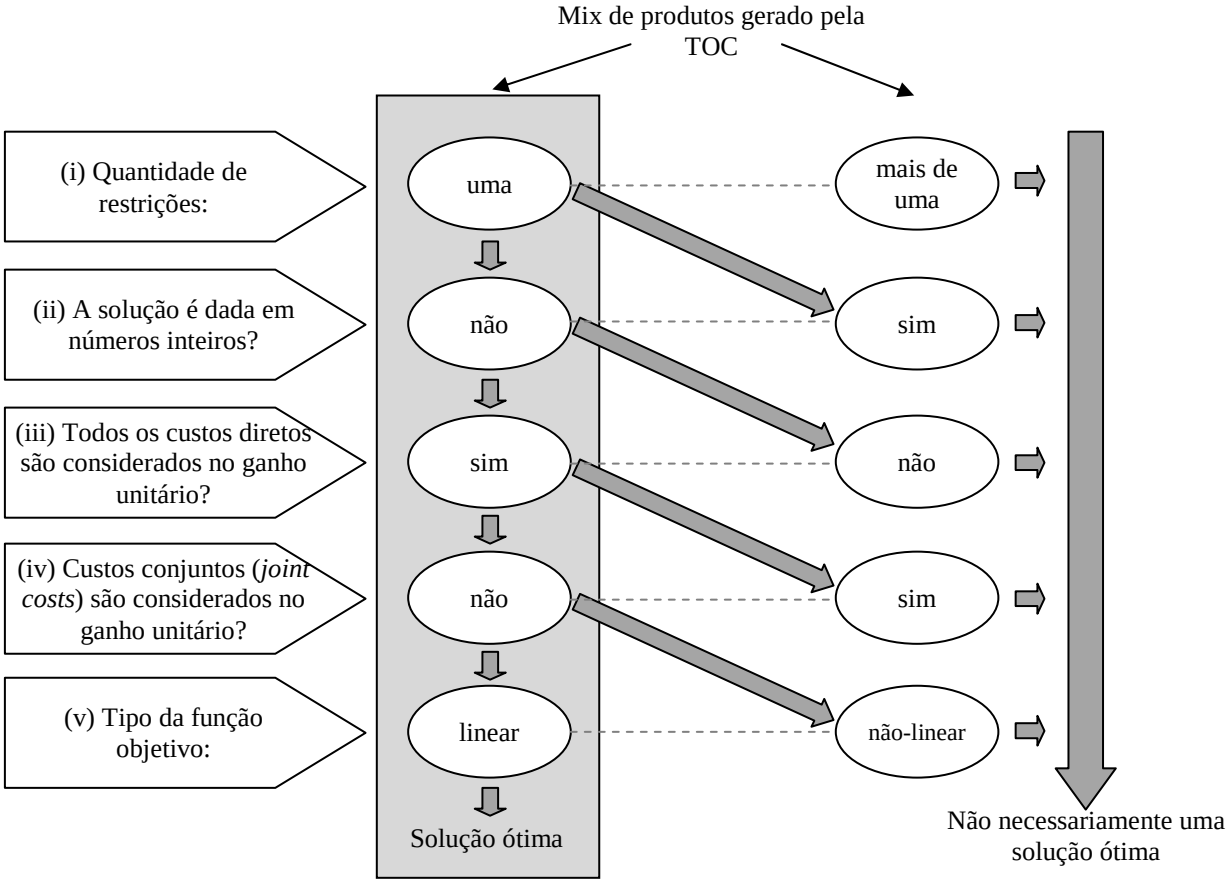

Figura 19 - Premissas para geração de solução ótima de *mix* de produtos com base na TOC
Fonte: Adaptado de Souren, Ahn e Schmitz (2005)

Com base na figura 19, pode-se visualizar que, via de regra, (i) em sistemas produtivos com mais de uma restrição, a solução de *mix* de produtos gerado pela TOC não é ótima. O mesmo ocorre (ii) caso a solução seja dada em números inteiros, salvo algumas exceções (para obter mais detalhes das exceções, ver Souren, Ahn e Schmitz (2005, p. 365 - 367)). Além disso, (iii) levar em consideração somente custos de materiais como diretos para se calcular o ganho unitário (*throughput*) dos produtos pode leva a decisões não ótimas ou equivocadas de *mix*

de produtos. (iv) Caso diferentes tipos de produtos consumam o mesmo tipo de recurso concomitantemente (ex: matéria-prima), ou seja, de forma conjunta, os custos desse recurso não podem ser atribuídos individualmente aos produtos, pois esse procedimento leva a um *mix* não ótimo de produtos. Convém ressaltar que (v) nem sempre a função objetivo do modelo de decisão de *mix* de produtos tem comportamento linear com solução passível de otimização A não linearidade pode advir tanto do preço de venda, como também dos custos (diretos) do produto. Como exemplo de não-linearidade discreta, tem-se a ocasionada pela existência de descontos no preço de venda (custos) em relação à quantidade vendida (comprada). Como exemplo de não-linearidade contínua, tem-se a configuração da curva de demanda (preço *versus* quantidade vendida) e da curva de compra (preço *versus* quantidade adquirida), que podem apresentar formatos não-lineares (SOUREN; AHN; SCHMITZ, 2005).

Como as soluções para lidar com o problema de decisão *mix* de produtos (ex: heurística da TOC) que envolvem múltiplas restrições e quantidades inteiras de produtos não apresentavam resultados ótimos em todas as situações por se tratar de um problema polinomial não-determinístico (*non-deterministic polynomial* - NP - *problem*), conforme afirmam Linhares (2009) e Wang *et al*. (2009), diversos estudos com novos métodos de determinação de *mix* de produtos foram publicados. Como exemplos, podem ser citados as publicações que propõem a utilizaram técnicas matemáticas e heurísticas avançadas, tais como: algoritmos genéticos (ONWUBOLU; MUTINGI, 2001a; 2001b); *tabu search* (ONWUBOLU, 2001); modelo analítico hierárquico *fuzzy* (BAYOU; REINSTEIN, 2005); algoritmo baseado na integração entre *tabu-search* e *simulated annealing* (MISHRA et al., 2005); programação linear *fuzzy* (VASANT; BARSOUM, 2006); algoritmo *psyco-clonal* (SINGH et al., 2006); programação não-linear (WU; CHANG; CHIOU, 2006) e algoritmos *immune-based* (WANG *et al.*, 2009).

Os principais elementos de análise desses estudos sobre *mix* de produtos relacionam-se com a qualidade da solução em termos de resultados obtidos e de tempo de processamento computacional. Apesar das dificuldades e limitações encontradas pelos modelos de decisão de *mix* de produtos que envolvem múltiplas restrições e comprometidos com a produção de produtos inteiros em um determinado período, os modelos que consideram a produção de itens de forma

parcial (a serem finalizados no período seguinte) podem, de fato, trazer soluções ótimas (LINHARES, 2009). Para tal, a quantidade de produção deve ser dada na forma de números reais, e não de inteiros (HSU; CHUNG, 1998; WANG *et al.* 2009).

A não otimalidade oferecida pela solução baseada na heurística da TOC de Goldratt (1990a), também denominada por Aryanezhad e Komijan (2004) como “algoritmo tradicional da TOC”, em ambientes com múltiplas restrições credenciou pesquisadores a proporem novas heurísticas para decisão de *mix* de produtos. Em um artigo publicado no *International Journal of Production Research*, Fredendall e Lea (1997) propõem a “heurística revisada da TOC para decisão de *mix* de produtos” (*revised TOC product mix heuristic*), também denominada por Aryanezhad e Komijan (2004) como “algoritmo revisado da TOC”. A heurística revisada utiliza o método *neighbouhood search* para realizar interações e concentra os esforços de decisão no recurso gargalo dominante (*dominant bottleneck*), ou seja, o com maior diferença entre a demanda e a capacidade oferecida por um determinado recurso. Fredendall e Lea (1997) apresentam uma aplicação do algoritmo revisado a partir de um exemplo numérico.

Seguindo a mesma linha, Aryanezhad e Komijan (2004) também veiculam no *International Journal of Production Research* um artigo em que são contrastadas as soluções obtidas (dadas em termos de ganho total ou *total throughput* gerado) por quatro formas distintas de se determinar o *mix* de produtos: algoritmo tradicional da TOC; algoritmo revisado da TOC; programação linear inteira; e algoritmo melhorado da TOC (proposto pelos autores). Ao verificarem que a inferioridade do ganho total gerado pelo algoritmo revisado em relação ao gerado pelo algoritmo tradicional em um caso específico (exemplo didático), Aryanezhad e Komijan (2004) propõem um novo algoritmo, denominado como “algoritmo melhorado da TOC” (*improved algorithm*). O algoritmo melhorado concentra os esforços de decisão não somente no recurso gargalo dominante, mas também nos outros gargalos do sistema. Aryanezhad e Komijan (2004) aplicam o algoritmo melhorado no mesmo exemplo didático, obtendo um ganho total superior aos obtidos pelos outros algoritmos. Para verificar a otimalidade da solução gerada pelo algoritmo melhorado, Aryanezhad e Komijan (2004) calculam o ganho total do caso estudado através de programação linear inteira e constatam que o ganho total auferido é mesmo.

Desta forma, Aryanezhad e Komijan (2004) concluem que o algoritmo melhorado da TOC é mais eficiente que o algoritmo revisado tanto em termos de resultado (ganho total), como também em termos de tempo de processamento computacional exigido, sendo eficiente na busca pela solução ótima de *mix* de produtos em ambientes dotados tanto de apenas uma restrição, como também de múltiplas restrições. Convém ressaltar que Hsu e Chung (1998) também propõem um algoritmo baseado na TOC para lidar com decisão de *mix* de produtos em ambientes de manufatura com múltiplas restrições. No entanto, não existem estudos que comparam o algoritmo de Hsu e Chung (1998) com outros algoritmos de decisão de *mix* de produtos. Mesmo que o algoritmo melhorado de Aryanezhad e Komijan (2004) apresente um ganho total otimizado, este não garante que o lucro líquido do período seja maximizado. A justificativa para essa afirmação reside no fato de a TOC considerar os custos de mão-de-obra direta e os custos indiretos como despesas operacionais do período, mesmo em se tratando de *mix* de produtos diferentes. Desta forma, para qualquer *mix* de produtos definido, as despesas do período são debitadas integralmente do ganho total para se determinar o lucro líquido. Caso os custos de mão-de-obra e os custos indiretos fossem investigados para se determinar quais deles poderiam ser evitados em cada *mix* de produtos, então o algoritmo de Aryanezhad e Komijan (2004) poderia gerar resultados ótimos em termos de lucro líquido do período.

Corroborando com a premissa (iii) do estudo de Souren, Ahn e Schmitz (2005), há trabalhos que consideram outros custos diretos além do considerado pela TOC na determinação do *mix* ótimo de produtos. Estes trabalhos integram a TOC com a margem de contribuição do método de custeio direto/variável considerando não somente o material direto como custo variável, mas também os custos relacionados com o consumo de mão-de-obra direta e de utilidades (ex: energia elétrica dos equipamentos de produção) na determinação da métrica econômica de priorização de produção e venda de produtos com base no consumo de recurso gargalo do sistema (ex: NOREEN; SMITH; MACLEY, 1996; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2008). Nesta dissertação, essa lógica de determinação do *mix* de produtos é denominada como “modelo do custeio direto/variável com capacidade”.

Tomando como base um ambiente de manufatura em que há restrição de capacidade produtiva, Boyd e Cox III (2002) realizam comparações entre o método

de custeio por absorção (tradicional), o custeio direto/variável, o ABC e a contabilidade de ganhos da TOC no tocante a tomada de decisão gerencial, entre elas, a decisão de *mix* de produtos. Boyd e Cox (2002) concluem que um sistema de contabilidade de custos deve ater-se a restrições do processo produtivo e não deve fazer o uso de alocações arbitrárias de custos para gerar informação com vistas à tomada de decisão gerencial.

Há trabalhos que consideram tanto a premissa (iii) de Souren, Ahn e Schmitz (2005), como também a sugestão de Boyd e Cox III (2002) de não se realizar alocações arbitrárias de custos na decisão de *mix* de produtos. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Saraiva Jr. (2007) e de Saraiva Jr., Rodrigues e Sampaio (2007) que comparam a utilização de métricas econômicas para decisão de *mix* de produtos provindas do "modelo do custeio direto/variável com capacidade", com métricas obtidas com base no custeio direto/variável "tradicional" em que restrições de capacidade produtiva não são levadas em consideração. Ressalta-se que o custeio direto/variável tem como premissa não alocar custos aos produtos de forma arbitrária. Doravante, a utilização do custeio direto/variável "tradicional" para determinação do *mix* ótimo de produtos será denominada de "modelo do custeio direto/variável".

No entanto, de forma idêntica à da heurística da TOC, tanto o "modelo do custeio direto/variável", como também o "modelo do custeio direto/variável com capacidade", consideram os custos indiretos como despesas (fixas) do período que são integralmente debitadas da margem de contribuição total (conceito semelhante ao de "ganho total" da TOC) para se determinar o lucro líquido do período. Portanto, a otimalidade desses modelos em termos de lucro líquido também é questionável, pois nenhuma análise é realizada nos custos indiretos para saber se alguns deles poderiam ser evitados quando diferentes *mix* de produtos fossem definidos.

Diversos artigos sobre decisão de *mix* de produtos são publicados considerando contextos empresariais específicos e outras variáveis de análise de resultados além do lucro líquido ou do ganho total gerado no período. Como primeiro exemplo, pode ser citado o trabalho de Lea e Fredendall (2002) que, considerando um ambiente de manufatura com produção feita para estoque, realizam simulações computacionais para analisar a decisão de *mix* de produtos com demanda, tempo de processamento e preço de matéria-prima dados estocasticamente. No estudo, medidas não-

financeiras, tais como o estoque em processo (WIP - *work in process*) e o nível de serviço ao cliente, são consideradas conjuntamente ao lucro líquido (medida econômico-financeira) para avaliar os resultados obtidos com a decisão de *mix* de produtos em um horizonte de 36 meses de análise.

Por sua vez, Haka, Jacobs e Marchal (2002) abordam os benefícios que a alocação de custos fixos aos produtos pode oferecer a decisões de *mix* de produtos de empresas inseridas em uma estrutura de mercado oligopolista. Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) também analisam os benefícios da alocação de custos fixos para fins de decisão de *mix* de produtos para empresas inseridas em uma estrutura de mercado de concorrência perfeita. O “benefício” da alocação de custos fixos ao qual Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) e Haka, Jacobs e Marchal (2002) se referem, diz respeito à possibilidade dos custos fixos representarem o custo de oportunidade do capital nas decisões de *mix* de produtos, pois os outros trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos até aqui referenciados não fazem alusão ao custo do capital.

Tomando como base de discussão um estudo de caso em uma indústria de alimentos, Mabin e Davies (2003) apresentam outras metodologias para se determinar o *mix* de produtos, tais como a Árvore de Realidade Atual e o Diagrama de Resoluções de Conflitos. Estas metodologias são proposições de caráter qualitativo que foram desenvolvidas e divulgadas na literatura por Goldratt no início da década de 1990 (para mais detalhes, consultar Goldratt (1990b) e Cogan (2007)). Também considerando aspectos qualitativos, Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) utilizam abordagens de rede analítica de processo (ANP - *analytic network process*) e de hierarquia analítica de processo (AHP - *analytic hierarchy process*) na determinação do *mix* de produtos em um ambiente de manufatura de semicondutores. Além de utilizar as abordagens de AHP e ANP, Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) realizam comparações entre diversos *mix* de produtos gerados incorporando a opinião de *experts* para projetar um *ranking* do desempenho obtido com cada um dos *mix* obtidos e selecionar o melhor entre eles em termos de eficiência produtiva e indicadores financeiros. Desta forma, a abordagem de Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) incorpora tanto aspectos objetivos e quantitativos (ex: custos), como também aspectos qualitativos e subjetivos (ex: opinião de *experts*) na decisão de *mix* de produtos. Ainda utilizando o contexto de fabricantes de

semicondutores, Chung *et al.* (2008) tratam a decisão de *mix* de produtos utilizando como unidade de análise não os tipos de produto a serem priorizados individualmente, e sim as “famílias de produtos” devido à dificuldades de se obter previsões de demanda para produtos individualmente no tipo de empresa abordada.

Questionando o poder da abordagem baseada na TOC para lidar com questões e decisões de melhoria da qualidade de processos, Köksal (2004) propõe um modelo para seleção conjunta de um *mix* ótimo de produtos e de projetos de melhoria de qualidade. O modelo toma como base a TOC e é representado na forma de programação linear que objetiva maximizar o ganho total e minimizar as perdas de qualidade. O modelo proposto é ilustrado a partir do uso de dois exemplos didáticos.

Vasant e Barson (2006) utilizam dados coletados em uma empresa produtora de chocolates e aplicam programação linear *fuzzy* para determinar um *mix* ótimo de produtos em ambientes caracterizados por incertezas (ex: demanda instável). Seguindo a mesma linha, Bhattacharya e Vasant (2007) e Bhattacharya *et al.* (2008) abordam a decisão de *mix* de produtos em ambientes com múltiplas restrições utilizando programação linear *fuzzy* com a incorporação de uma função de pertinência (*membership function*) para trabalhar níveis de satisfação do tomador de decisão. Desta forma, aspectos qualitativos também são considerados por Bhattacharya e Vasant (2007) e Bhattacharya *et al.* (2008) na decisão de *mix* de produtos.

Letmathe e Balakrishnan (2005) apresentam dois modelos matemáticos para determinação do *mix* ótimo de produtos considerando, além de restrições de capacidade produtiva, a presença de diferentes tipos de restrições decorrentes de regulação ambiental. O primeiro modelo baseia-se na programação linear e assume que cada produto pode ser manufaturado a partir de apenas um tipo de processo produtivo. O segundo modelo faz o uso de uma programação linear inteira mista e aborda a situação em que um mesmo tipo de produto pode ser produzido a partir de diferentes processos. Por sua vez, Lockhart e Taylor (2007) realizam comparações entre resultados obtidos por *mix* de produtos sob a abordagem da TOC e do ABC considerando custos internos decorrentes de regulação ambiental (ex: tratamento de efluentes e controle de emissões gasosas). A partir de um exemplo numérico, Lockhart e Taylor (2007) concluem que o resultado econômico (lucro líquido) obtido pelo *mix* de produtos sob a ótica da TOC é superior ao gerado sob a ótica do ABC,

que não considera o consumo de recurso gargalo na determinação da métrica de priorização dos produtos.

Tsai e Lai (2007), focando ambientes de produção conjunta (ex: refinarias de petróleo e usinas sucroalcooleiras), propõem um algoritmo de sete etapas baseado na TOC para auxiliar na decisão de *mix* de produtos. Ainda focando a produção conjunta, Tsai, Lai e Chang (2007) examinam a aplicação do ABC na produção conjunta de produtos e os efeitos econômicos da elevação da capacidade produtiva (via recursos internos ou via terceirização de atividades) na determinação do *mix* ótimo de produtos. Wang, Du e Wen (2007) utilizam programação linear inteira mista para propor um modelo de decisão de *mix* de produtos a ser aplicado em indústrias de telas de cristal líquido com múltiplas plantas produtivas. A partir de um estudo de caso realizado em uma empresa tailandesa com quatro plantas produtivas, Wang, Du e Wen (2007) expõem as quantidades ótimas de produtos a serem manufaturadas em cada uma das fábricas.

Em um artigo publicado no *International Journal of Production Economics*, Kee (2008) propõe um modelo baseado em programação linear que integra a decisão de *mix* de produtos com decisões de preço e de terceirização de atividades em ambientes de manufatura, considerando múltiplas restrições com comportamento *soft* (possibilidade de expansão de capacidade) e efeitos da economia de escopo. Kee (2008, p. 683) utiliza o seguinte argumento para definir os efeitos da economia de escopo: “quando dois ou mais produtos utilizam o mesmo recurso, pode ser mais barato produzi-los conjuntamente do que produzir cada um deles de forma separada.” Além disso, Kee (2008) considera que os custos dos recursos (ex: material direto) podem ter desconto de acordo com o volume de compra negociado com o fornecedor, o que confere um caráter não-linear dos custos na modelagem matemática realizada. Vale ressaltar que Kee (2008) apresenta apenas um modelo de programação linear específico para o exemplo numérico trabalhando no artigo, ou seja, não é fornecido nenhum modelo conceitual que pode ser generalizado ou aplicado em outras situações.

Modelos de decisão de *mix* de produtos recentemente propostos, tais como os de Hasuike e Ishii (2009a; 2009b) utilizam uma abordagem probabilística baseada na teoria do portfólio (para mais detalhes sobre a teoria do portfólio, ver Markovits (1952)) para seleção de *mix* de produtos. Uma das variáveis-chave dos modelos que

compõe a função a ser maximizada, denominada como retorno futuro do produto (*future return of product*), é dada como a diferença entre o preço e o custo do produto. No entanto, os modelos não explicitam como os custos dos produtos são determinados, ou seja, se consideram ou não, além dos custos de matéria-prima, outros custos tais como os de mão-de-obra, de utilidades e indiretos.

De forma paralela ao desenvolvimento dos estudos até aqui apresentados, uma linha de pesquisa sobre decisões de *mix* de produtos ganha força a partir da metade da década de 1990 após a publicação dos artigos de Bakke e Helberg (1991) e de Spoede; Henkee e Umble (1994) que recomendam a integração das abordagens baseadas na TOC e no ABC para definir métricas para tomada de decisão de *mix* de produtos. Outros fatores que condicionam o surgimento dessa linha de pesquisa relacionam-se às fortes críticas postadas ao longo da primeira metade da década de 1990 tanto à (i) heurística da TOC, como também às (ii) heurísticas da margem (nos termos de Linhares (2009)) incluindo as baseadas no ABC, que considera como prioritários os produtos com maior lucratividade, dada pela diferença entre o preço de venda e os custos de atividades que os produtos consumiram (nos níveis de unidade, de lote e de produto), sem considerar os efeitos do recurso gargalo do sistema (SRIDHARAM *et al*., 2009).

Como primeiro destaque dessa linha de pesquisa que une a TOC e o ABC, pode ser citado o artigo de Kee (1995) que, utilizando programação inteira mista (para modelar receitas, custos de atividades e restrições de produção e de demanda), propõe um modelo matemático incorporando a capacidade das atividades de produção que oferece um *mix* de produtos melhor, em termos de lucro líquido, tanto quando comparado ao obtido com a utilização isolada do ABC (não considera consumo do recurso gargalo na definição da métrica de priorização), como também quando comparado ao obtido com a utilização isolada da heurística da TOC (considera como custo variável apenas o custo de material). Seguindo a linha de integração entre a TOC e o ABC, Hall, Galambos e Karlsson (1997) propõem a utilização da análise de rentabilidade baseado em restrição (*constrained-based profitability analysis*) na decisão de *mix* de produtos que incorpora custos em nível de unidade (além dos custos de material direto), de lote e de produto na tomada de decisão.

Malik e Sullivan (1995) também propõem um modelo de decisão de *mix* de produtos considerando o ABC e atividades restritivas (abordagem da TOC) a partir da utilização de programação inteira mista. A partir de um exemplo numérico, Malik e Sullivan (1995) mostram que a solução obtida pelo modelo matemático proposto considerando informações detalhadas das atividades advindas do ABC é superior quando comparada à solução obtida pelas abordagens de custeio que (i) não considera *overhead* nos custos dos produtos por tratá-lo como despesas do período (custeio direto/variável) ou que (ii) traçam o *overhead* aos produtos com bases de rateio arbitrárias (custeio por absorção e pleno). Por sua vez, Yahya-Zadeh (1998) estende o trabalho de Kee (1995) e aborda a definição de *mix* de produtos através de um exemplo ilustrativo em que os custos indiretos das atividades possuem componentes fixos e variáveis, e envolvem curvas de aprendizado que implicam em custos de atividades não-lineares. Além disso, é considerada a capacidade das atividades, pois Yahya-Zadeh (1998) utiliza programação inteira mista seleção do *mix* ótimo de produtos.

Todos esses desenvolvimentos integrando o ABC e a TOC fazem com que Robim Cooper, um dos entusiastas e desenvolvedores do ABC (fortemente criticado pelo criador da TOC, Elyahu Goldratt), afirme que a TOC e o ABC são técnicas de gestão de custos complementares, não concorrentes, pois podem ser usadas conjuntamente para identificar *mix* ótimos de produtos tanto no curto prazo, como também no longo prazo (COOPER; SLAGMULDER, 1999). No entanto, ainda há trabalhos acadêmicos que “insistem” em utilizar a TOC e o ABC de forma isolada para determinar o *mix* ótimo de produtos, tal como o artigo recentemente publicado na Revista Produção por Sinisgalli, Urbina e Alves (2009). Apesar de o *mix* de produtos da TOC apresentar lucros líquidos superiores aos do ABC no estudo de caso do artigo, o fato de os custos indiretos serem integralmente considerados como despesas operacionais fixas do período faz com o que a otimalidade do resultado da TOC seja questionável.

Em um artigo publicado no *International Journal of Production Economics*, Kee e Schmidt (2000) integram conceitos do ABC e da TOC para construir o que eles chamam de “modelo geral” para decisão de *mix* de produtos, expresso no formato de programação linear inteira mista. Para tal, é considerada a seguinte notação para as variáveis do modelo:

i = índice do produto;
j = índice da atividade
k = índice do nível da atividade (k = 1 denota atividades em nível de unidades e k = 2 atividades em nível de produto);
X_{i1} = unidades produzidas do produto *i*;
X_{i2} = Variável Binária (X_{i2} = 1 denota que o tipo de produto é produzido e X_{i2} = 0 que o produto não é produzido);
q_{ij1}= Quantidade da atividade em nível de unidade que é usada na produção do produto *i*;
q_{ij2}= Quantidade da atividade em nível de produto que é usada na produção do produto *i*;
Q_{jk} = Capacidade da atividade j no nível k disponível para a produção;
D_i = Demanda de mercado do produto *i*;
c_{io} = Custos das matérias-primas utilizada para produzir uma unidade do produto *i*;
c_{jk} = Custo da atividade *j* no nível *k*;
p_i = preço de venda do produto *i*;
Z = Resultado da função objetivo;
X_{ik}^{ABC} = solução ótima do modelo (1);
X_{ik}^{TOC} = solução ótima do modelo (2);
Z_{ABC} = valor ótimo do modelo (1);
Z_{TOC} = valor ótimo do modelo (2);
R_{jk} = quantidade de Q_{jk} sujeito ao controle gerencial (discricionário);
N_{jk} = quantidade de Q_{jk} não sujeito ao controle gerencial (não-discricionário);
R^*_{jk} = quantidade de Q_{jk} que é utilizado na produção e está sujeito ao controle gerencial;
N^*_{jk} = quantidade de Q_{jk} que é utilizado na produção e não está sujeito ao controle gerencial.

Na primeira parte do artigo, Kee e Schmidt (2000) ilustram a decisão de *mix* de produto sob a ótica do ABC através de um modelo matemático (1) que tem a seguinte formulação:

$$\text{Função Objetivo (maximizar)} \quad Z_{ABC} = \sum_{i} (p_i - c_{i0})\, X_{i1}^{ABC} - \sum_{i,j,k} C_{jk}\; q_{ijk}\, X_{ik}^{ABC}$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\text{De capacidade de atividades} \ldots\ldots \sum_{i} X_{ik}\; q_{ijk} \leq Q_{jk} \qquad \text{para todo } j,k$$

$$\text{De demanda} \ldots\ldots X_{i1} \leq D_i\, X_{i2} \qquad \text{para todo } i$$

$$\text{De quantidade de produção} \ldots\ldots X_{i1} \geq 0 \qquad \text{para todo } i$$

$$\text{De realização ou não de produção (binária)} \ldots X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \qquad \text{para todo } i$$

A função objetivo do modelo (1) visa maximizar o lucro líquido do período, ou seja, a soma dos lucros líquidos unitários (preço unitário menos custos do produto), multiplicado pela quantidade produzida e vendida de cada produto. No modelo do ABC, o produto incorpora os custos do material direto, da mão-de-obra direta e das atividades (*overhead*) que são efetivamente necessários à sua produção para avaliar se o produto deve ou não ser incluído no *mix* ótimo de produtos. Os custos das atividades são alocados aos produtos por meio de direcionadores de custos. No entanto, Kee e Schmidt (2000) consideram apenas atividades em nível de unidades e em nível de produtos, deixando as atividades em nível de lote e em nível de facilidades fora do modelo de decisão de *mix* de produtos. Convém observar que a função objetivo faz iteração tanto com os recursos limitativos, como também com os não limitativos. Na seqüência do artigo, Kee e Schmidt (2000) ilustram a decisão de *mix* de produto sob a ótica do TOC através de um modelo matemático (2) que tem a seguinte formulação:

$$\text{Função Objetivo (maximizar)} \quad Z_{TOC} = \sum_{i} (p_i - c_{i0})\, \mathrm{X}_{i1}^{TOC} - \sum_{j,k} \mathrm{C}_{jk}\ Q_{ijk}$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\text{De capacidade de atividades} \ldots\ldots \sum_{\mathrm{i}} X_{ik}\ q_{ijk} \leq Q_{jk} \qquad \text{para todo } j, k$$

$$\text{De demanda} \ldots\ldots X_{i1} \leq D_i\, \mathrm{X_{i2}} \qquad \text{para todo } i$$

$$\text{De quantidade de produção} \ldots\ldots X_{i1} \geq 0 \qquad \text{para todo } i$$

$$\text{De realização ou não de produção (binária)} \ldots\ldots X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \qquad \text{para todo } i$$

A função objetivo do modelo (2) corresponde, também, à maximização lucro líquido do período. O modelo da TOC diverge do modelo baseado no ABC por considerar, no cálculo do lucro líquido unitário dos produtos, apenas os custos de material direto, sendo os custos de mão-de-obra direta e os indiretos computados como despesas operacionais do período. Desta forma, Kee e Schmidt (2000) entendem que o modelo baseado na TOC exclui do produto os custos da mão-de-obra direta e das atividades (*overhead*) que são efetivamente necessários à sua produção para avaliar se o produto deve ou não ser incluído no *mix* ótimo de produtos. Em outras

palavras, apenas o valor do ganho unitário de cada produto (preço subtraído do custo de material direto utilizado na produção) influencia a seleção do *mix* ótimo de produtos.

Depois de apresentar os modelos baseados exclusivamente no ABC e na TOC, Kee e Schmidt (2000) expõem o modelo geral de decisão de *mix* de produtos que é construído com base em programação linear inteira mista e que confronta variáveis e premissas provindas do ABC e da TOC. Convém ressaltar que o modelo desenvolvido por Kee e Schmidt (2000) é denominado como "modelo geral" porque os autores o consideram superior aos modelos de decisão de *mix* de produtos exclusivamente baseados na TOC ou no ABC. O modelo geral proposto por Kee e Schmidt (2000) é expresso através da seguinte formulação matemática:

$$\text{Função Objetivo (maximizar)} \quad Z = \sum_{i} (p_i - c_{i0})\, \mathrm{X}_{i1} - \sum_{j,k} \mathrm{C}_{jk} \left(N_{jk} + \mathrm{R}^{*}_{jk}\right)$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\text{De capacidade de atividades} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \sum_{\mathrm{i}} X_{ik}\; q_{ijk} - \mathrm{N}^{*}_{jk} - \mathrm{R}^{*}_{jk} = 0 \quad \text{para todo } j, k$$

$$\text{De atividade utilizada na produção com controle gerencial} \ldots \mathrm{N}^{*}_{jk} \leq \mathrm{N}_{jk} \quad \text{para todo } j, k$$

$$\text{De atividade utilizada na produção sem controle gerencial.} \ldots \mathrm{R}^{*}_{jk} \leq \mathrm{R}_{jk} \quad \text{para todo } j, k$$

$$\text{De demanda} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots X_{i1} \leq D_i\, \mathrm{X}_{\mathrm{i2}} \quad \text{para todo } i$$

$$\text{De quantidade de produção} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots X_{i1} \geq 0 \quad \text{para todo } i$$

$$\text{De realização ou não de produção (binária)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \quad \text{para todo } i$$

O modelo geral considera que os gestores dispõem de informações relacionadas à elaboração de cada produto, a saber: quantidade de matérias-primas (obtida através de listas de materiais, do inglês *bill of materials*), tempo de execução de cada processo ou atividade, tipo e capacidade das atividades, níveis de ociosidade, demanda por produtos, entre outros. No modelo geral, as restrições contemplam os recursos limitantes e não limitantes. Além disso, o conceito de recursos discricionários é inserido na função objetivo. Em suma, no modelo geral, a função objetivo é similar à da TOC, enquanto as restrições são similares às do modelo baseado no ABC (restrições das atividades). O modelo geral difere da TOC e do

ABC ao considerar que os gerentes têm poder discricionário sob os recursos de mão-de-obra e de *overhead*.

O poder discricionário refere-se à condição do gestor de decidir sob as quantidades de recursos ou os níveis de capacidade a serem mantidos na empresa, ou seja, o "controle gerencial" que o gestor possui sobre a capacidade dos recursos e das atividades. Atkinson *et al.* (2000, p. 214) abordam o conceito de custos discricionários e não discricionários:

> O uso dos recursos discricionários não está diretamente relacionado ao volume de produção. Tais custos discricionários resultam de decisões táticas e estratégicas dos gerentes e incluem, por exemplo, as despesas feitas com propaganda, publicidade e pesquisa e desenvolvimento. Nestes casos, as despesas com os recursos de atividades influenciam o nível de produção no longo prazo ao invés de este influenciar o consumo dos recursos da atividade. Os custos das atividades não discricionárias são considerados fixos em relação ao volume de produção.

Para Kee e Schmidt (2000), os recursos não discricionários não podem ser distribuídos para outras áreas ou serem eliminados, ou seja, são recursos já comprometidos com a produção. Os discricionários podem ser redistribuídos para outras áreas da empresa e não são deduzidos como custos fixos. Desta forma, Kee e Schmidt (2000, pág. 15) justifica o desenvolvimento do modelo geral, argumentando que:

> Quando a empresa possui graus variados de controle sobre os recursos de mão-de-obra e overhead, nem o modelo da TOC e nem o baseado no ABC podem levar ao mix ótimo de produtos. Um modelo mais geral foi desenvolvido que sobrepuja os rigorosos requisitos dos modelos baseados na TOC e no ABC.

Kee e Schmidt (2000) consideram o ABC e a TOC como modelos alternativos para avaliar as conseqüências econômicas de decisões de *mix* de produtos em contraponto ao uso de sistemas convencionais de custeio (ex: custeio por absorção e direto/variável). Kee e Schmidt (2000) tratam os modelos da TOC e do ABC como casos especiais de aplicação do modelo geral no tocante à decisão de *mix* de produtos. A TOC e o ABC podem conduzir a *mix* ótimos de produtos quando a empresa não possui poder discricionário sobre os custos dos recursos e quando possui total poder discricionário sobre os custos dos recursos, respectivamente. Por outro lado, à medida que a gerência tem poder discricionário sob os recursos de mão-de-obra e *overhead*, o modelo geral origina o melhor *mix* de produto explorando ao máximo os recursos limitantes/gargalos (KEE; SCHMIDT, 2000). Convém

ressaltar que o artigo de Kee e Schmidt (2000) é bem referenciado tanto na literatura internacional (ver seção 2.3 da análise bibliométrica), como também na brasileira, pois foi citado em uma tese de doutorado recentemente defendida (NÉLO, 2008).

Seguindo na linha de pesquisa sobre métodos de decisão de *mix* ótimos de produtos, Kee (2001) propõe uma heurística de decisão em que o ABC é utilizado conjuntamente à TOC com a incorporação dos conceitos de custos “flexíveis” e “comprometidos” desenvolvidos por Kaplan e Atkinson (1998), conceitos estes que são equivalentes aos conceitos de custos discricionários e não discricionários, respectivamente. Kee (2001) parte da idéia de que a TOC, quando utilizada isoladamente, pode subestimar o custo dos produtos ao considerar gastos com mão-de-obra e *overhead* como despesas do período (por exemplo, custos com trabalhadores temporários, energia e algumas atividades indiretas podem ser variáveis mesmo no curto prazo) e, conseqüentemente, acarretar em decisões subótimas de alocação de recursos. Por outro lado, Kee (2001) considera que o ABC, ao desprezar os efeitos do consumo de recurso gargalo, também pode gerar decisões subótimas de *mix* de produtos.

Os custos flexíveis considerados na heurística proposta por Kee (2001) referem-se à parcela de uma atividade que é passível de controle gerencial em um determinado período, ou seja, pode ser realocada ou até mesmo não utilizada, tendo comportamento semelhante ao de um custo variável e sendo relevante para a decisão de *mix* de produtos. Já os custos comprometidos referem-se à parcela de uma atividade que é não passível de controle gerencial em um determinado período, ou seja, é um custo irrecuperável (*sunk cost*) que tem comportamento semelhante ao de um custo fixo, sendo irrelevante para a tomada de decisão de *mix* de produtos no curto prazo (KEE, 2001). Convém ressaltar que o curto prazo referido por Kee (2001) remete a um período de aproximadamente um ano, sendo coerente com o horizonte de planejamento em que Bahl, Taj e Corcoran (1991) inserem a decisão de *mix* de produtos (um a três anos).

O modelo proposto por Kee (2001) para definição de *mix* de produtos no curto prazo é denominado de “modelo ABC operacional” e considera nos custos dos produtos, além dos custos diretos de material, os custos flexíveis de mão-de-obra direta e de atividades (produtivas e auxiliares). Quando os custos dos produtos são confrontados com o preço de venda, tem-se o lucro unitário. Para definir a métrica

econômica para priorização de produção e venda de produtos sob a ótica do modelo ABC operacional, Kee (2001) realiza o seguinte cálculo para cada tipo de produto: lucro unitário dividido pelo consumo da atividade com menor capacidade produtiva (restrição do sistema). Convém ressaltar que essa métrica é semelhante à utilizada pela TOC, diferenciando-se ao considerar no cálculo do ganho unitário, outros custos além do material direto consumido pelo produto.

Kee (2001) faz referência à logica de decisão de *mix* de produtos proposta por Kee (1995) que considera tanto os custos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades e da mão-de-obra na determinação do lucro unitário que, por sua vez, é dividido pelo consumo da atividade com menor capacidade produtiva (restrição do sistema) para definir a métrica de priorização de produção e venda de produtos. A lógica de Kee (1995) é denominada por Kee (2001) como “modelo ABC com capacidade”. Outra lógica de decisão considerada no estudo de Kee (2001) é denominada como “modelo ABC tradicional”. Neste modelo, todos os custos (comprometidos e flexíveis) de atividades e de mão-de-obra são considerados na determinação do lucro unitário, porém a atividade restritiva do sistema não é levada em consideração para definir a métrica de decisão do *mix* de produtos. Convém ressaltar que os três modelos propostos, apesar de poderem ser considerados como heurísticas, possuem natureza quantitativa e são trabalhados por meio de procedimentos matemáticos.

A partir de um exemplo numérico ilustrativo, Kee (2001) analisa comparativamente a solução gerada, em termos de lucro líquido (*net income*), pelos *mix* de produtos determinados pelos três modelos de decisão. Com base nos lucros líquidos obtidos no exemplo numérico, Kee (2001) conclui que o *mix* de produtos obtido pela ótica do modelo ABC operacional sobrepuja os outros dois modelos. Convém observar que o estudo de Kee (2001) abrange ambientes em que se considera a existência de apenas uma restrição no sistema com comportamento *hard* (impossibilidade de expansão de capacidade) no curto prazo. Desta forma, as condições de contorno atendidas por Kee (2001) buscam mitigar o problema que heurísticas de decisão (ex: heurística da TOC) possuem no tocante à otimização de *mix* de produtos em sistemas com múltiplas restrições, tal como apontam Plenert (1993), Balakrishnan e Cheng (2000), Souren, Ahn e Schmitz (2005), Linhares (2009) e Wang *et al.* (2009). Para situações que envolvem múltiplas restrições *hard* (também chamadas de

binding bottenecks), Kee (2001) sugere a adoção do modelo geral de Kee e Schmidt (2000) para a definição do *mix* ótimo de produtos no curto prazo, apesar das limitações do modelo geral devido à não consideração de atividades em nível de lote.

Em um artigo recentemente publicado no *International Journal of Production Economics*, Tsai *et al.* (2008) propõem um modelo matemático baseado em programação linear para definir um *mix* ótimo de produtos em ambientes de produção conjunta. O modelo integra conceitos da TOC e do ABC considerando diversos níveis de controle gerencial (poder discricionário) sobre os custos das atividades. Vale ressaltar que o trabalho de Tsai *et al.* (2008) pode ser visto como uma integração dos artigos previamente publicados por Tsai e Lai (2007), Tsai, Lai e Chang (2007) que utilizaram de forma isolada, respectivamente, a TOC e o ABC na decisão de *mix* de produtos em ambientes de produção conjunta.

Visando ilustrar o emprego dos modelos de decisão estabelecidos sob a ótica dos vários métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos (com exceção do TDABC que ainda não foi trabalhado na literatura sobre decisão de *mix* de produtos) e proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos até aqui discutidos, a próxima seção apresenta um exemplo didático em que a decisão de *mix* de produtos é posta em análise.

4.2 EXEMPLO DIDÁTICO PARA ILUSTRAR A APLICAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CUSTEIO NA DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Esta seção utiliza o estudo de caso didático de Kee (2001), com modificações, para ilustrar as diferenças existentes entre as soluções obtidas pelos *mix* de produtos determinados sob a ótica de oito modelos ou heurísticas de decisão. Vale ressaltar que os modelos analisados possuem métricas econômicas de priorização de produtos que são balizadas pelos métodos de custeio que as fundamentam. Os modelos a serem analisados no estudo de caso didático, com alguns exemplos de publicações acadêmicas que às utilizaram, são elencados a seguir:

i). Modelo do custeio direto/variável (SARAIVA JR; 2007; SARAIVA JR., RODRIGUES; SAMPAIO, 2007);

ii). Modelo do custeio direto/variável com capacidade (SARAIVA JR.; RODRIGUES; SAMPAIO, 2007; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2008);

iii). Modelo do custeio por absorção (BLACKSTONE, 2001; LINHARES; 2009);

iv). Modelo do custeio por absorção com capacidade;

v). Heurística da TOC (GOLDRATT, 1990; LEE; PLENERT, 1993);

vi). Modelo ABC tradicional (KEE; 2001);

vii). Modelo ABC com capacidade (KEE, 1995; KEE, 2001);

viii). Modelo ABC operacional (KEE; 2001)

A empresa XYZ Ltda. trabalha na manufatura de suportes metálicos. Para facilitar a discussão conceitual que o exemplo se propõe a ilustrar, são considerados apenas três tipos de produtos (X1, X2 e X3) e quatro atividades operacionais, sendo uma de produção (Montagem) e três de apoio/suporte/auxiliares (Preparação de Equipamento/*SETUP*; Compra de Material; e Engenharia de Produtos). Os gestores da empresa precisam decidir qual é o *mix* de produtos a serem produzidos e vendidos no próximo período contábil (horizonte de um ano). Para tal, os gestores realizam um levantamento de informações referentes ao processo produtivo e aos custos da empresa XYZ Ltda.

Os gestores reúnem informações sobre o comportamento e os valores dos custos de material direto, de mão-de-obra direta e de *overhead*, além da capacidade produtiva dos recursos da empresa. Os custos de material direto são considerados como flexíveis (variáveis) para o período em análise, enquanto que os custos de mão-de-obra direta são tratados como comprometidos (fixos). Todos os outros custos, inicialmente, foram considerados como *overhead*, totalizando R$9.330.000. Desse total, 74% dos custos foram tratados como *overhead* flexível (discricionário/variável) e 26% como *overhead* comprometido (não discricionário/fixo).

Considerando as premissas do ABC, os gestores detalham o *overhead* a partir do estudo das atividades da empresa. A partir daí, as três atividades auxiliares e a atividade de produção da empresa são determinadas. Após coletarem informações

junto aos empregados (não dedicados diretamente à operação produtiva da empresa) sobre os tempos de dedicação e recursos indiretos destinados às diversas atividades da empresa, os gestores conseguem custear as atividades. Além disso, os gestores verificam que, em cada atividade, os custos flexíveis e comprometidos de *overhead* não são proporcionais à distribuição do overhead total (74% de custos flexíveis e 26% de custos comprometidos). Convém observar que a atividade "Montagem" ocorre em nível de unidade, as atividades "Preparação de Equipamento" e "Compra de Material" ocorrem em nível de lote e a atividade (Engenharia) ocorre em nível de produto.

Além das informações sobre custos, são levantadas informações sobre o consumo dos produtos em relação a cada recurso do processo produtivo (material direto, mão-de-obra direta e *overhead*/atividades). A disponibilidade ou capacidade produtiva de cada recurso também é identificada, com exceção do recurso "material direto" que não possui limitações de fornecimento. O quadro 11 apresenta, esquematicamente, as informações coletadas sobre o processo produtivo, a demanda, os preços e os custos dos produtos em termos de material e de mão-de-obra estimados para o período em análise:

	PRODUTO		
RECURSO (Flexível)	X1	X2	X3
Material Direto unitário (MDu)	R$ 20,00	R$ 20,00	R$ 30,00

	PRODUTO		
RECURSO (Comprometido)	X1	X2	X3
Mão-de-Obra Direta unitária (MODu em horas)	0,25	0,25	0,13
Capacidade (horas)	168.000		
Custo por Hora de MOD *	R$ 32,00		
Custo Total de MOD (ano)	R$ 5.376.000,00		

*Custo comprometido com uma capacidade de 168.000 horas por

	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Demanda Esperada	400.000	210.000	110.000
Preço de Venda	R$ 61,00	R$ 100,00	R$ 190,00

		RECURSOS PRODUTIVOS SUJEITOS À LIMITAÇÃO DE CAPACIDADE (MOD E ATIVIDADES)									
		MOD (horas)		MONTAGEM (horas-máquina)		SETUP (horas de setup)		COMPRA (ordens)		ENGENHARIA (desenhos)	
PRODUTO	**DEMANDA**	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total
X1	**400.000**	0,25	100.000	0,5	200.000	0,001	400	0,002	800	-	100
X2	**210.000**	0,25	52.500	1	210.000	0,0025	525	0,0125	2625	-	200
X3	**110.000**	0,13	13.750	2	220.000	0,0125	1.375	0,075	8250	-	700
SOMA DOS CONSUMOS REQUERIDOS		166.250		630.000		2.300		11.675		1.000	
CAPACIDADE DISPONIBILIZADA		168.000		200.000		4.300		11.800		1.000	
EXCESSO DE CAPACIDADE		1.750		-430.000		2.000		125		0	
RESTRIÇÃO ???		**NÃO**		**SIM**		**NÃO**		**NÃO**		**NÃO**	

Quadro 11 - Informação sobre mercado, processo produtivo, preços e custos dos produtos da empresa XYZ Ltda.
Fonte: adaptado de Kee (2001)

Com base nas informações levantadas e levando em consideração as premissas dos diversos métodos de custeio e modelos/heurísticas para decisão de *mix* de

produtos, os gestores necessitam realizar cálculos para determinar o lucro líquido máximo que a empresa poderia alcançar no período de análise. Desta forma, já possuindo informações sobre os custos unitários de material direto e de mão-de-obra direta de cada tipo de produto, os gestores passam a realizar cálculos para tratar os custos indiretos (*overhead*).

Com base no método de custeio por absorção, os custos indiretos são alocados aos produtos através da utilização da base de rateio “horas-máquina consumidas no setor de montagem”. Assim, tanto o custo indireto total (R$ 9.330.000,00), como também a parcela flexível (26% = R$ 2.425.800) e a parcela comprometida (74% = R$ 6.904.200), são divididos pelo total disponibilizado de horas-máquina para o processo produtivo “Montagem” (200.000 horas-máquina) para se determinar a “taxa de rateio”. Para cada unidade produzida, a taxa de rateio é multiplicada pelo consumo de horas-máquina de cada tipo de produto para se determinar o custo indireto. Com base no ABC, os gestores mapeiam as atividades da empresa (antes distribuídos em “setores” pela lógica do custeio por absorção), classificam-nas em relação ao nível de ocorrência (de unidade, de lote ou de produto) e as valoram em termos de custos indiretos (flexíveis e variáveis). Convém ressaltar que os custos atribuídos às atividades são obtidos por meio de entrevistas com os empregados da empresa.

Para cada atividade, é designado um direcionador de custos (de segundo estágio) que é utilizado como base de alocação do custo indireto da atividade aos produtos. O custo indireto estimado para cada atividade (total, flexível e comprometido) é dividido pela capacidade total (período de um ano) do direcionador de custo para se determinar a “taxa do direcionador de custos” (*cost drive rate*, nos termos de Kee (2001)). Para cada unidade produzida, a taxa do direcionador de custos é multiplicada pelo consumo de unidades do direcionador de custos realizada por cada tipo de produto para se determinar o custo indireto. O quadro 12 apresenta, esquematicamente, os cálculos de custos indiretos realizados com base no custeio por absorção e no ABC:

CUSTOS INDIRETOS (OVERHEAD) PELA ÓTICA DO CUSTEIO POR ABSORÇÃO			
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
	R$ 9.330.000	26,00%	74,00%
		R$ 2.425.800	R$ 6.904.200
Base de Rateio (total de horas de Montagem disponível)	200.000		
Taxa de Rateio (R$ por hora de Montagem utilizada)	R$ 46,65	R$ 12,13	R$ 34,52
CUSTOS INDIRETOS (OVERHEAD) PELA ÓTICA DO ABC			
	PRODUTO		
ATIVIDADE (em nível de unidade)	X1	X2	X3
Montagem (em horas)	0,5	1	2
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos Indiretos de Montagem	R$ 4.800.000	R$ 1.600.000	R$ 3.200.000
Direcionador de custos (DC) = Capacidade (em horas-máquina)	200.000		
taxa do DC = Custo por Hora-máquina	R$ 24,00	R$ 8,00	R$ 16,00
	PRODUTO		
ATIVIDADE (em nível de lote)	X1	X2	X3
Preparação de Equipamento/SETUP (em horas / setup)	1	2	5
Quantidade de produtos por lote	1000	800	400
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos Indiretos de Montagem	R$ 2.150.000	R$ 215.000	R$ 1.935.000
Direcionador de custos = Capacidade (em horas)	4.300		
taxa do DC = Custo por Hora de Setup	R$ 500,00	R$ 50,00	R$ 450,00
	PRODUTO		
ATIVIDADE (em nível de lote)	X1	X2	X3
Compra de Material (em nº de ordens de compra / setup)	2	10	30
Quantidade de produtos por lote	1000	800	400
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos Indiretos de Montagem	R$ 1.180.000	R$ 472.000	R$ 708.000
Direcionador de custos = Capacidade (em nº de ordens de compra)	11.800		
taxa do DC = Custo por ordem de compra	R$ 100,00	R$ 40,00	R$ 60,00
	PRODUTO		
ATIVIDADE (em nível de produto)	X1	X2	X3
Engenharia de Produto (em desenhos / tipo de produto)	100	200	700
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos Indiretos de Engenharia	R$ 1.200.000	R$ 180.000	R$ 1.020.000
Direcionador de custos = Capacidade (em desenhos)	1.000		
taxa do DC = Custo por desenho	R$ 1.200,00	R$ 180,00	R$ 1.020,00

Quadro 12 - Tratamento dos custos indiretos da empresa XYZ Ltda. pela ótica do custeio por absorção e do ABC
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 12, o valor da taxa de direcionador de custos totais (*total cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) da atividade “Montagem” é calculado pela divisão do

custo estimado total da atividade (R$ 4.800.000,00) pela capacidade prática total do direcionador de custos (200.000 horas-máquina), resultando em uma taxa de R$ 24,00 por hora-máquina de montagem. A atividade “Montagem” é desagregada em dois componentes de custos: flexível e comprometido. O custo indireto flexível e o custo indireto comprometido foram divididos pela capacidade prática da atividade, gerando, respectivamente, uma “taxa de direcionador de custos flexíveis” (*flexible cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) de RS 8,00 por hora-máquina e uma “taxa de direcionador de custos comprometidos” (*commited cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) de R$ 16,00 por hora-máquina de montagem. Procedimento similar é utilizado para determinar a taxa de direcionador de custos (total, flexíveis e comprometidos) das outras três atividades. Conforme argumenta Kee (2001, p. 144 - 146):

> A taxa de direcionador de custos totais representa o custo da atividade de montagem mensurado pelo modelo ABC tradicional, enquanto que a taxa de direcionador de custos flexíveis representa os custos mensurados pelo modelo ABC operacional. Conceitualmente, a taxa de direcionador de custos totais mensura os custos de todos os recursos utilizados para produzir uma hora de serviço de máquina, enquanto que a taxa de direcionador de custos flexíveis reflete o custo incremental de produzir uma hora de serviço de máquina no curto prazo. A diferença entre as duas taxas é a taxa de direcionador de custos comprometidos. Os custos comprometidos da atividade de montagem incorrerão no curto prazo independentemente se as horas de serviço de máquina são utilizadas na produção ou não. Portanto, custos comprometidos não são relevantes para decisões de curto prazo. Contudo, eles são relevantes no longo prazo e são incluídos na taxa de direcionador de custos do modelo ABC tradicional.

De posse das taxas de rateio e das taxas de direcionador de custos das atividades, os gestores realizam cálculos de rentabilidade de produtos a serem utilizados na determinação das métricas econômicas dos oito modelos de decisão de *mix* de produtos. Primeiramente (passo 1), a margem de contribuição unitária (custeio direto/variável) e o lucro unitário (custeio por absorção) são determinados para cada tipo de produto. Neste caso, os custos de material direto e de mão-de-obra direta são traçados diretamente para cada produto, enquanto que os custos indiretos são alocados por meio da taxa de rateio calculada com base nas horas de montagem. Como exemplo, o custo indireto alocado ao produto X3 é obtido pela multiplicação da taxa de rateio (R$ 45,46 por hora de montagem) pelo tempo que o produto X3 consume do processo de montagem (2 horas), o que remete a um valor de R$ 93,30. O quadro 13 apresenta o cálculo realizado para todos os produtos:

PASSO 1: CALCULAR MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA E LUCRO UNITÁRIO COM BASE NO CUSTEIO VARIÁVEL E NO CUSTEIO POR ABSORÇÃO, RESPECTIVAMENTE									
	PRODUTO X1			PRODUTO X2			PRODUTO X3		
ITEM (POR UNIDADE)	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Custo com Material Direto unitário	R$ 20,00	R$ 20,00	-	R$ 20,00	R$ 20,00	-	R$ 30,00	R$ 30,00	-
(2) Custo com MODu	R$ 8,00	-	R$ 8,00	R$ 8,00	-	R$ 8,00	R$ 4,00	-	R$ 4,00
(3) Custo Indireto com base nas horas de Montagem utilizada	R$ 23,33	R$ 6,06	R$ 17,26	R$ 46,65	R$ 12,13	R$ 34,52	R$ 93,30	R$ 24,26	R$ 69,04
(4) Custo Unitário (Custeio Variável) = (1) + (2)	R$ 28,00	R$ 20,00	R$ 8,00	R$ 28,00	R$ 20,00	R$ 8,00	R$ 34,00	R$ 30,00	R$ 4,00
(5) Custo Unitário (Custeio por Absorção) = (1) + (2) + (3)	R$ 51,33	R$ 26,06	R$ 25,26	R$ 74,65	R$ 32,13	R$ 42,52	R$ 127,30	R$ 54,26	R$ 73,04
(6) Preço de Venda	**R$ 61,00**			**R$ 100,00**			**R$ 190,00**		
Margem de Contribuição Unitária = (6) - (4)	**R$ 33,00**	R$ 41,00	R$ 53,00	R$ 72,00	R$ 80,00	R$ 92,00	R$ 156,00	R$ 160,00	R$ 186,00
Lucro Unitário = (6) - (5)	**R$ 9,68**	R$ 34,94	R$ 35,74	**R$ 25,35**	R$ 67,87	R$ 57,48	**R$ 62,70**	R$ 135,74	R$ 116,96

Quadro 13 - Cálculo da margem de contribuição unitária e do lucro unitário dos produtos
Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida (passo 2), são determinados o lucro unitário com base nos custos totais das atividades e o lucro unitário com base nos custos flexíveis das atividades. Neste caso, os custos de material direto e de mão-de-obra direta são traçados diretamente para cada produto, enquanto que os custos indiretos das atividades são alocados através das taxas de direcionador de custos calculadas. No caso do produto X2, por exemplo, os custos indiretos alocados (totais e flexíveis) da atividade “Montagem” (em nível de unidade) são obtidos pela multiplicação das taxas de direcionador de custos totais e flexíveis (R$ 24,00 e R$ 8,00 por hora-máquina de montagem, respectivamente) pelo tempo que o produto X2 consome da atividade de montagem (1 hora), o que remete aos valores de R$ 24,00 (custos totais da atividade) e de R$ 8,00 (custos flexíveis da atividade).

No caso das atividades em nível de lote, tanto a taxa de direcionador de custos totais, como a de custos flexíveis, são multiplicadas pelas horas de *setup* requeridas para a produção de um lote de cada tipo de produto e divididas pelo tamanho (em unidades) do lote de produção para determinar o custo unitário de *setup* de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de uma hora de *setup* para produzir um lote de 1.000 unidades. Portanto, os custos indiretos totais e flexíveis de *setup* a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R$ 0,50 [(R$ 500,00 por hora de *setup* × 1 hora) / 1.000 unidades] e a R$ 0,05 [(R$ 50 por hora de *setup* × 1 hora) / 1.000 unidades]. Procedimento similar é realizado para alocar, unitariamente, custos indiretos totais e flexíveis da atividade “Compra de Material” aos produtos manufaturados pela empresa XYZ Ltda.

No caso da atividade “Engenharia”, com ocorrência em nível de produto, tanto a taxa de direcionador de custos totais, como a de custos flexíveis, são multiplicadas pela quantidade de desenhos requerida para o projeto/melhoria de cada tipo de produto e divididas pela demanda esperada de cada produto (em unidades) para determinar o custo unitário de engenharia de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de 100 desenhos de engenharia no período e possui uma demanda de 400.000 unidades estimada para o período. Desta forma, os custos indiretos totais e flexíveis de engenharia a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R$ 0,30 [(R$ 1.200,00 por desenho × 100 desenhos) ÷ 400.000 unidades] e a R$ 0,045 [(R$ 180,00 por desenho × 100 desenhos) ÷ 400.000 unidades]. O quadro 14 apresenta o cálculo lucro unitário realizado para todos os produtos pela ótica do ABC:

PASSO 2: CALCULAR LUCRO UNITÁRIO COM BASE NO ABC (OPERACIONAL E TRADICIONAL)									
	PRODUTO X1			PRODUTO X2			PRODUTO X3		
ITEM (POR UNIDADE)	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Custo com Material Direto unitário	R$ 20,00	R$ 20,00	-	R$ 20,00	R$ 20,00	-	R$ 30,00	R$ 30,00	-
(2) Custo com MODu	R$ 8,00	-	R$ 8,00	R$ 8,00	-	R$ 8,00	R$ 4,00	-	R$ 4,00
(3) Custo Indireto de Montagem (em nível de unidade)	R$ 12,00	R$ 4,00	R$ 8,00	R$ 24,00	R$ 8,00	R$ 16,00	R$ 48,00	R$ 16,00	R$ 32,00
(4) Custo Indireto de SETUP (em nível de lote)	R$ 0,50	R$ 0,05	R$ 0,45	R$ 1,25	R$ 0,13	R$ 1,13	R$ 6,25	R$ 0,63	R$ 5,63
(5) Custo Indireto de Compra de Material (em nível de lote)	R$ 0,20	R$ 0,08	R$ 0,12	R$ 1,25	R$ 0,50	R$ 0,75	R$ 7,50	R$ 3,00	R$ 4,50
(6) Custo Indireto de Engenharia (em nível de produto)	R$ 0,300	R$ 0,045	R$ 0,255	R$ 1,143	R$ 0,171	R$ 0,971	R$ 7,636	R$ 1,145	R$ 6,491
(7) Custo Unitário (ABC) = (1) +(2) + (3) + (4) +(5) + (6)	R$ 41,000	R$ 24,175	R$ 16,825	R$ 55,643	R$ 28,796	R$ 26,846	R$ 103,386	R$ 50,770	R$ 52,616
(8) Preço de Venda	**R$ 61,00**			**R$ 100,00**			**R$ 190,00**		
Lucro Unitário = (8) - (7)	**R$ 20,00**	**R$ 36,83**	R$ 44,18	**R$ 44,36**	**R$ 71,20**	R$ 73,15	**R$ 86,61**	**R$ 139,23**	R$ 137,38

Quadro 14 - Cálculo do lucro unitário (total e flexível) com base no ABC (operacional e tradicional)
Fonte: Elaborado pelo autor

De posse das informações da capacidade produtiva de cada recurso e atividade (quadro 11) e das métricas econômicas de rentabilidade (quadros 13 e 14), os gestores iniciam o processo de determinação do *mix* ótimo de produtos a serem produzidos e vendidos no próximo ano de operação da empresa com base nos oito modelos de decisão considerados. Primeiramente (passo 3), é utilizado o modelo do custeio por absorção, como mostra o quadro 15:

PASSO 3: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO DO CUSTEIO POR ABSORÇÃO			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	***Lucro Unitário (TOTAL) calculado pelo Custeio por Absorção***		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro Unitário	R$ 9,68	R$ 25,35	R$ 62,70
Ranking	3°	2°	1°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)	200.000		
Realização de Produtos (unidades)	0	0	100.000
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	200.000	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**0**	**100.000**

Quadro 15 - Determinação do mix ótimo de produtos com base no modelo do custeio por absorção
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 15, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total)” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Portanto, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos. Depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto X3, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X1(3º lugar no *ranking*). Tal como preconiza Kee (2001), mesmo que o recurso limitante do sistema seja ignorado na priorização de produção, este restringe a capacidade total de manufatura dos produtos no curto-prazo (capacidade não pode ser expandida). Desta forma, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Portanto, com base no modelo do custeio por absorção, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 100.000 produtos do tipo X3, não sendo considerada a produção de nenhuma unidade dos produtos X2 e X1.

Em seguida (passo 4), os gestores utilizam o modelo do custeio por absorção com capacidade para determinar o *mix* ótimo de produtos, como mostra o quadro 16:

PASSO 4: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO DO CUSTEIO POR ABSORÇÃO COM CAPACIDADE			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	*Lucro Unitário (TOTAL) calculado pelo Custeio por Absorção dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante*		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro Unitário	R$ 9,68	R$ 25,35	R$ 62,70
Consumo unitário da restrição (Horas-máquina de Montagem por Unidade)	0,5	1	2
Lucro por Hora-máquina (restrição)	R$ 19,35	R$ 25,35	R$ 31,35
Ranking	3°	2°	1°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)	200.000		
Realização de Produtos (unidades)	0	0	100.000
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	200.000	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**0**	**100.000**

Quadro 16 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio por absorção com capacidade
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 16, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Portanto, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, considerando o modelo do custeio por absorção com capacidade, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 100.000 produtos do tipo X3 e nenhuma unidade dos produtos X2 e X1.

Na sequência do estudo (passo 5), os gestores determinam o *mix* ótimo de produtos através da aplicação do modelo do custeio direto/variável, como mostra o quadro 17:

PASSO 5: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO DO CUSTEIO DIRETO/VARIÁVEL			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	*Margem de Contribuição Unitária calculada pelo Custeio Direto/Variável*		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem de Contribuição Unitária	R$ 33,00	R$ 72,00	R$ 156,00
Ranking	3°	2°	1°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)	200.000		
Realização de Produtos (unidades)	0	0	100.000
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	200.000	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**0**	**100.000**

Quadro 17 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio direto/variável
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 17, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “margem de contribuição unitária” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). Porém, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, como base no modelo do custeio direto/variável, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, sendo desprezada a produção dos produtos X2 e X1.

Em seguida (passo 6), os gestores utilizam o modelo do custeio direto/variável com capacidade para determinar o *mix* ótimo de produtos, como mostra o quadro 18:

PASSO 6: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO DO CUSTEIO DIRETO/VARIÁVEL COM CAPACIDADE			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	***Margem de Contribuição Unitária calculada pelo Custeio Direto/Variável dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante***		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem de Contribuição Unitária	R$ 33,00	R$ 72,00	R$ 156,00
Consumo unitário da restrição (Horas-máquina de Montagem por Unidade)	0,5	1	2
Lucro por Hora-máquina (restrição)	R$ 66,00	R$ 72,00	R$ 78,00
Ranking	3°	2°	1°
Demanda	200.000	210.000	220.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)	200.000		
Realização de Produtos (unidades)	0	0	100.000
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	100.000	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**0**	**100.000**

Quadro 18 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 18, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “margem de contribuição unitária dividida pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X1.

Na sequência do estudo (passo 7), os gestores determinam o *mix* ótimo de produtos através da aplicação do modelo do ABC operacional, como mostra o quadro 19:

PASSO 7: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO ABC OPERACIONAL			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	*Lucro Unitário (FLEXÍVEL) calculado pelo ABC dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante*		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro Unitário (flexível)	R$ 36,83	R$ 71,20	R$ 139,23
Consumo unitário da restrição (Horas-máquina de Montagem por Unidade)	0,5	1	2
Lucro por Hora-máquina (restrição)	R$ 73,65	R$ 71,20	R$ 69,61
Ranking	1°	2°	3°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)		200.000	
Realização de Produtos (unidades)	400.000	0	0
Capacidade Restante do Recurso Limitante	0	0	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**400.000**	**0**	**0**

Quadro 19 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do ABC operacional
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 19, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (flexível) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X1 (1º lugar no ranking). Convém observar que, para respeitar as premissas do ABC operacional (KEE, 2001), apenas os custos indiretos flexíveis das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos. Com base no *ranking* de priorização, a produção do produto X1 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos. Depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto X1, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X3 (3º lugar no *ranking*). Ao confrontarem a demanda do produto X1 (400.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que todas as 400.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade da atividade “Montagem” para manufaturar os demais produtos. Desta forma, pela ótica do modelo ABC operacional, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 400.000 produtos do tipo X1, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X3.

O passo 8 é realizado com a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos baseado no ABC com capacidade, como mostra o quadro 20:

PASSO 8: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO ABC COM CAPACIDADE			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	*Lucro Unitário (TOTAL) calculado pelo ABC dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante*		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro Unitário	R$ 20,00	R$ 44,36	R$ 86,61
Consumo unitário da restrição (Horas-máquina de Montagem por Unidade)	0,5	1	2
Lucro por Hora-máquina (restrição)	R$ 40,00	R$ 44,36	R$ 43,31
Ranking	3°	1°	2°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)		200.000	
Realização de Produtos (unidades)	0	200.000	0
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	0	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**200.000**	**0**

Quadro 20 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do ABC com capacidade
Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 20 mostra que o produto X2 apresenta o maior valor da métrica de decisão "lucro unitário (total) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante". Convém observar que, para respeitar as premissas do modelo ABC com capacidade (KEE, 1995; KEE, 2001), tanto os custos indiretos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos. Com base no *ranking* de priorização, a produção do produto X2 deve ser priorizada em detrimento da produção de X3 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X2 (210.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 200.000 unidades do produto X2 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade de montagem para manufaturar os demais produtos. Desta forma, tomando como base o modelo do ABC com capacidade, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 200.000 produtos do tipo X2 e nenhuma unidade dos produtos X1 e X3.

O sétimo modelo de decisão de *mix* de produtos considerado foi o baseado no ABC tradicional (passo 9), como mostra o quadro 21:

PASSO 9: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO ABC TRADICIONAL			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	*Lucro Unitário (TOTAL) calculado pelo ABC*		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro Unitário	R$ 20,00	R$ 44,36	R$ 86,61
Ranking	3°	2°	1°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)		200.000	
Realização de Produtos (unidades)	0	0	100.000
Capacidade Restante do Recurso Limitante	200.000	200.000	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**0**	**0**	**100.000**

Quadro 21 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo do ABC tradicional
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 21, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total)” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). Porém, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, com base no modelo do ABC tradicional, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, sendo desprezada a produção dos produtos X2 e X1. Convém observar que, para respeitar as premissas do modelo ABC tradicional (KEE, 2001), tanto os custos indiretos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos.

Na sequência do estudo (passo 10), os gestores executam o procedimento para determinação do *mix* ótimo de produtos com base na heurística da TOC, como mostra o quadro 22:

PASSO 10: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO / HEURÍSTICA DA TOC			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	***Ganho Unitário (throughput) dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante***		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Preço de Venda	R$ 61,00	R$ 100,00	R$ 190,00
Custo de Material Direto (MDu)	R$ 20,00	R$ 20,00	R$ 30,00
Ganho Unitário (throughput)	R$ 41,00	R$ 80,00	R$ 160,00
Consumo unitário da restrição (Horas-máquina de Montagem por Unidade)	0,5	1	2
Ganho por Unidade de Restrição	82,00	80,00	80,00
Ranking	1°	2°	3°
Demanda	400.000	210.000	110.000
Uso Total do Recurso Limitante (horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do Recurso Limitante (horas)		200.000	
Realização de Produtos (unidades)	400.000	0	0
Capacidade Restante do Recurso Limitante	0	0	0
***Mix* Ótimo de Produtos**	**400.000**	**0**	**0**

Quadro 22 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base na heurística da Teoria das Restrições
Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 22 apresenta uma linha em que é determinado o “ganho unitário (*throughput*)” de cada produto que é igual ao preço de venda menos o custo de material direto, tal como advoga Goldratt (1990a). Ao se dividir o ganho unitário pelo consumo unitário do recurso limitante, tem-se a métrica que a TOC utiliza para definir o *mix* ótimo de produtos. Desta forma, a produção do produto X1 deve ser

priorizada em detrimento da produção dos outros produtos, pois este apresenta o maior valor da métrica de decisão. Depois de findada a produção de todas as unidades demandas do produto X1, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X3 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda do produto X1 (400.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que todas as 400.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade de montagem para manufaturar os demais produtos. Portanto, como base na heurística da TOC, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 400.000 produtos do tipo X1, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X3.

De posse dos *mix* de produtos obtidos pela aplicação de cada um dos oito modelos de decisão, os gestores precisam projetar o resultado econômico de cada *mix*, em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre a renda, para o período em análise (passo 11). O quadro 23 mostra os resultados obtidos com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional”:

PASSO 11: DETERMINAR RESULTADO ECONÔMICO DO PERÍODO (UM ANO) OBTIDO COM CADA MODELO DE DECISÃO						
	MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS					
	ABC OPERACIONAL		ABC COM CAPACIDADE		ABC TRADICIONAL	
	Realização	Pr. Venda	Realização	Pr. Venda	Realização	Pr. Venda
X1	400.000	R$ 61,00	0	R$ 61,00	0	R$ 61,00
X2	0	R$ 100,00	200.000	R$ 100,00	0	R$ 100,00
X3	0	R$ 190,00	0	R$ 190,00	100.000	R$ 190,00
RECEITA ESPERADA	R$ 24.400.000,00		R$ 20.000.000,00		R$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **UTILIZADOS**						
Custo Total de Material Direto	R$ 8.000.000,00		R$ 4.000.000,00		R$ 3.000.000,00	
Custo Total de Mão-de-obra Direta	R$ 3.200.000,00		R$ 1.600.000,00		R$ 400.000,00	
Custo Indireto de Montagem (Flexível)	R$ 1.600.000,00		R$ 1.600.000,00		R$ 1.600.000,00	
Custo Indireto de Montagem (Comprometido)	R$ 3.200.000,00		R$ 3.200.000,00		R$ 3.200.000,00	
Custo Indireto de SETUP (Flexível)	R$ 20.000,00		R$ 25.000,00		R$ 62.500,00	
Custo Indireto de SETUP (Comprometido)	R$ 180.000,00		R$ 225.000,00		R$ 562.500,00	
Custo Indireto de Compra de Material (Flexível)	R$ 32.000,00		R$ 100.000,00		R$ 300.000,00	
Custo Indireto de Compra de Material (Comprometido)	R$ 48.000,00		R$ 150.000,00		R$ 450.000,00	
Custo Indireto de Engenharia (Flexível)	R$ 18.000,00		R$ 36.000,00		R$ 126.000,00	
Custo Indireto de Engenharia (Comprometido)	R$ 102.000,00		R$ 204.000,00		R$ 714.000,00	
TOTAL	R$ 16.400.000,00		R$ 11.140.000,00		R$ 10.415.000,00	
(3) MARGEM BRUTA (RECURSOS UTILIZADOS) = (1) - (2)	R$ 8.000.000,00		R$ 8.860.000,00		R$ 8.585.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **NÃO UTILIZADOS**						
Custo Total de Material Direto	R$ 0,00		R$ 0,00		R$ 0,00	
Custo Total de Mão-de-obra Direta	R$ 2.176.000,00		R$ 3.776.000,00		R$ 4.976.000,00	
Custo Indireto de Montagem (Flexível)	R$ 0,00		R$ 0,00		R$ 0,00	
Custo Indireto de Montagem (Comprometido)	R$ 0,00		R$ 0,00		R$ 0,00	
Custo Indireto de SETUP (Flexível)	R$ 195.000,00		R$ 190.000,00		R$ 152.500,00	
Custo Indireto de SETUP (Comprometido)	R$ 1.755.000,00		R$ 1.710.000,00		R$ 1.372.500,00	
Custo Indireto de Compra de Material (Flexível)	R$ 440.000,00		R$ 372.000,00		R$ 172.000,00	
Custo Indireto de Compra de Material (Comprometido)	R$ 660.000,00		R$ 558.000,00		R$ 258.000,00	
Custo Indireto de Engenharia (Flexível)	R$ 162.000,00		R$ 144.000,00		R$ 54.000,00	
Custo Indireto de Engenharia (Comprometido)	R$ 918.000,00		R$ 816.000,00		R$ 306.000,00	
TOTAL	R$ 6.306.000,00		R$ 7.566.000,00		R$ 7.291.000,00	
(5) CUSTOS **EVITÁVEIS** (FLEXÍVEIS)	R$ 797.000,00		R$ 706.000,00		R$ 378.500,00	
(6) **LUCRO LÍQUIDO = (3) - (4) + (5)**	**R$ 2.491.000,00**		**R$ 2.000.000,00**		**R$ 1.672.500,00**	

Quadro 23 - Resultado econômico obtido com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional”

Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 23, a receita para cada modelo do ABC é calculada pela multiplicação do *mix* de produtos pelos preços de venda dos produtos. Tanto os custos indiretos das quatro atividades, como também os custos de material direto e de mão-de-obra direta, são calculados a partir da multiplicação da quantidade dos produtos constantes nos *mix* pelos custos unitários (flexíveis e comprometidos) das atividades e pelos custos unitários de material direto e de mão-de-obra direta exibidos no quadro 14. A soma desses custos representa os gastos que a empresa incorrerá com os recursos a serem efetivamente utilizados na produção do *mix* de produtos

definido em cada modelo de decisão do ABC. No tocante aos custos dos recursos não utilizados na produção, Kee (2001, p. 149) argumenta que:

> No curto prazo, as atividades da empresa que não são recursos gargalos podem apresentar capacidade não utilizada que acarretam em custos adicionais para a empresa. O custo dos recursos não utilizados de uma atividade é dado pela sua capacidade não utilizada vezes a sua taxa do direcionador de custos comprometidos. Os recursos flexíveis são adquiridos conforme necessidade de produção. Portanto, os custos flexíveis de recursos não utilizados podem ser evitados.

Como exemplo, pode ser citado o recurso “mão-de-obra direta” que é dotado de uma capacidade de 168.000 horas que representa um custo de comportamento comprometido de R$ 5.376.000,00 para a empresa no período em análise. No caso do *mix* de produtos do modelo ABC operacional, os 400.000 produtos do tipo X1 consomem apenas 100.000 horas de mão-de-obra, o que acarreta uma capacidade de mão-de-obra não utilizada de 68.000 horas. Como cada hora de mão-de-obra equivale a R$ 32,00, então o custo da capacidade não utilizada deste recurso é igual a R$ 2.176.000,00.

Já a atividade “Preparação de Equipamento/*SETUP*”, dotada de uma capacidade de 4.300 horas (parte flexível, parte comprometida), é requerida por apenas 400 horas pelos produtos X1 do *mix* do modelo ABC operacional, o que acarreta em uma capacidade não utilizada de 3.900 horas de *setup*. Como a taxa de direcionador de custos comprometidos dessa atividade é igual a R$ 450,00 por hora de *setup*, então o custo de recursos não utilizados da atividade “*SETUP*” é de R$ 1.755.000. Os custos indiretos referentes aos recursos não utilizados da atividade com comportamento flexível não representam gastos para a empresa, ou seja, são “custos flexíveis evitáveis”. No caso da atividade “*SETUP*”, os custos flexíveis evitáveis são valorados em R$ 195.000,00, valor esse obtido pela multiplicação da taxa de direcionadores de custos flexíveis (R$ 50,00 por hora de setup) pelo número de horas de *setup* não utilizadas não produção das 400.000 unidades do produto X1 (3.900 horas de *setup*).

Os custos dos recursos não utilizados das atividades “Montagem”, “Compra de Material” e “Engenharia” são computados de maneira similar, considerando as premissas de cada modelo de decisão com base no ABC. Por fim, os custos dos recursos não utilizados (comprometidos) são subtraídos da “margem bruta” (receita

de vendas menos custos dos recursos utilizados na produção) para se obter o “lucro líquido” do período para cada modelo de decisão.

Seguindo a execução do passo 11, os gestores calculam o resultado econômico do período utilizando os modelos de decisão de *mix* de produtos baseados no “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade”, como mostra o quadro 24:

		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS			
		ABSORÇÃO		ABSORÇÃO COM CAPACIDADE	
		Realização	Pr. Venda	Realização	Pr. Venda
	X1	0	R$ 61,00	0	R$ 61,00
	X2	0	R$ 100,00	0	R$ 100,00
	X3	100.000	R$ 190,00	100.000	R$ 190,00
(1)	RECEITA ESPERADA	R$ 19.000.000,00		R$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **UTILIZADOS**					
Custo Total de Material Direto		R$ 3.000.000,00		R$ 3.000.000,00	
Custo Total de Mão-de-obra Direta		R$ 400.000,00		R$ 400.000,00	
Custo Indireto (Flexível) = Tx. Rateio x horas de Montagem		R$ 2.425.800,00		R$ 2.425.800,00	
Custo Indireto (Comprometido) = Tx. Rateio x horas de Montagem		R$ 6.904.200,00		R$ 6.904.200,00	
(2)	TOTAL	R$ 12.730.000,00		R$ 12.730.000,00	
(3) MARGEM BRUTA (RECURSOS UTILIZADOS) = (1) - (2)		R$ 6.270.000,00		R$ 6.270.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **NÃO UTILIZADOS**					
Custo Total de Material Direto		R$ 0,00		R$ 0,00	
Custo Total de Mão-de-obra Direta		R$ 4.976.000,00		R$ 4.976.000,00	
Custo Indireto (Flexível) = Tx. Rateio x horas de Montagem		R$ 0,00		R$ 0,00	
Custo Indireto (Comprometido) = Tx. Rateio x horas de Montagem		R$ 0,00		R$ 0,00	
(4)	TOTAL	R$ 4.976.000,00		R$ 4.976.000,00	
(5)	CUSTOS **EVITÁVEIS** (FLEXÍVEIS)	R$ 0,00		R$ 0,00	
(6)	**LUCRO LÍQUIDO = (3) - (4) + (5)**	**R$ 1.294.000,00**		**R$ 1.294.000,00**	

Quadro 24 - Resultado econômico obtido com os modelos “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade”

Fonte: Elaborado pelo autor

As receitas e os custos de material direto e de mão-de-obra direta (utilizados na produção) exibidos no quadro 24 são computados de forma idêntica aos valores exibidos no quadro 23. Já os custos indiretos flexíveis e comprometidos são calculados pela multiplicação das taxas de rateio de custos flexíveis e de custos comprometidos (respectivamente, R$ 12,13 e R$ 34,52 por hora-máquina de montagem) pelo total de horas-máquina consumida pelos produtos do *mix* definido.

Como exemplo, os custos indiretos flexíveis do *mix* de produtos definido pelo modelo do custeio por absorção totalizam R$ 2.425.800,00, valor esse obtido pela multiplicação da taxa de rateio de custos indiretos flexíveis pelo consumo total de horas de montagem do produto X3 (2 horas por unidade × 100.000 unidades). A

soma dos custos indiretos (flexíveis e comprometidos) com os custos diretos de material e de mão-de-obra direta perfaz o custo total de recursos utilizados na produção. Esse valor, quando subtraído da receita de vendas, resulta na margem bruta de lucro do período. Para se chegar ao lucro líquido do período, é debitado da margem de contribuição o total de custos comprometidos dos recursos não utilizados na produção (no caso, igual ao custo comprometido de mão-de-obra ociosa). Convém observar que, como a base de rateio que os gestores utilizam é a hora-máquina de montagem e que esta é totalmente utilizada pelos produtos definidos nos *mix* dos dois modelos de decisão baseados no custeio por absorção, não são computados quaisquer custos indiretos de recursos não utilizados e são nulos os custos flexíveis evitáveis.

A execução do passo 11 segue com o cálculo do resultado econômico do período através do uso dos modelos de decisão de *mix* de produtos baseados no “custeio direto/variável” e no “custeio direto/variável com capacidade”. Os resultados obtidos são exibidos no quadro 25:

		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS			
		DIRETO / VARIÁVEL		DIRETO / VARIÁVEL COM CAPACIDADE	
		Realização	Pr. Venda	Realização	Pr. Venda
	X1	0	R$ 61,00	0	R$ 61,00
	X2	0	R$ 100,00	0	R$ 100,00
	X3	100.000	R$ 190,00	100.000	R$ 190,00
(1)	RECEITA ESPERADA	R$ 19.000.000,00		R$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **UTILIZADOS**					
Custo Total de Material Direto		R$ 3.000.000,00		R$ 3.000.000,00	
Custo Total de Mão-de-obra Direta		R$ 400.000,00		R$ 400.000,00	
(2)	TOTAL	R$ 3.400.000,00		R$ 3.400.000,00	
(3) MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL = (1) - (2)		R$ 15.600.000,00		R$ 15.600.000,00	
DESPESAS DO PERÍODO - RECURSOS **UTILIZADOS**					
Custo Indireto (Total)		R$ 9.330.000,00		R$ 9.330.000,00	
DESPESAS DO PERÍODO - RECURSOS **NÃO UTILIZADOS**					
Custo Total de Mão-de-obra Direta		R$ 4.976.000,00		R$ 4.976.000,00	
(4)	DESPESAS DO PERÍODO TOTAL	R$ 14.306.000,00		R$ 14.306.000,00	
(5)	CUSTOS **EVITÁVEIS** (FLEXÍVEIS)	R$ 0,00		R$ 0,00	
(6)	**LUCRO LÍQUIDO = (3) - (4) + (5)**	**R$ 1.294.000,00**		**R$ 1.294.000,00**	

Quadro 25 - Resultado econômico obtido com os modelos “custeio direto/variável” e “custeio direto/variável com capacidade”

Fonte: Elaborado pelo autor

As receitas e os custos de material direto e de mão-de-obra direta (utilizados na produção) exibidos no quadro 25 são computados de forma idêntica aos valores exibidos no quadro 23. Quando são subtraídos da receita de vendas os custos

diretos do material e da mão-de-obra utilizada pelos itens produzidos previstos no *mix* de produtos, obtém-se a margem de contribuição total do período. Convém observar que os modelos de decisão baseados no custeio direto/variável diferenciam-se dos outros modelos por não considerar custos indiretos no cálculo dos custos dos produtos e determinação do *mix* ótimo de produtos. Tanto os custos tidos como indiretos (tanto os de recursos utilizados, como os de recursos não utilizados na produção) nos modelos baseados no ABC e no custeio por absorção, como também os custos de mão-de-obra não utilizada na produção, são considerados como "despesas do período" pelo custeio direto/variável. O valor das despesas do período quando subtraído da margem de contribuição total, resulta no lucro líquido do período. Coincidentemente, os lucros líquidos obtidos no quadro 24 valoram-se identicamente aos apresentados no quadro 25 (R$ 1.294.000,00). No entanto, isso só ocorre neste exemplo didático porque tanto os *mix* de produtos determinados pela ótica do custeio por absorção, como também os determinados via custeio direto/variável, são iguais (100.000 unidades do produto X3).

Por fim, os gestores completam a execução do passo 11 com o cálculo do lucro líquido do período para o *mix* de produtos gerado pela aplicação da "heurística da TOC". O resultado obtido é apresentado no quadro 26:

			MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS	
			TEORIA DAS RESTRIÇÕES	
			Realização	Pr. Venda
		X1	400.000	R$ 61,00
		X2	0	R$ 100,00
		X3	0	R$ 190,00
(1)	RECEITA ESPERADA		R$ 24.400.000,00	
(2)	Custo Total de Material Direto		R$ 8.000.000,00	
(3)	GANHO (THROUGHPUT) TOTAL = (1) - (2)		R$ 16.400.000,00	
	DESPESAS OPERACIONAIS			
	Custo Total de Mão-de-obra Direta		R$ 5.376.000,00	
	Custos Indiretos do processo produtivo		R$ 9.330.000,00	
(4)	TOTAL DE DESPESAS OPERACIONAIS		R$ 14.706.000,00	
(5)	CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R$ 0,00	
(6)	**LUCRO LÍQUIDO = (3) - (4) + (5)**		**R$ 1.694.000,00**	

Quadro 26 - Resultado econômico obtido com a "heurística da TOC"
Fonte: Elaborado pelo autor

Tanto as receitas, como também os custos de material direto (utilizados na produção) exibidos no quadro 26, são computados a partir de um procedimento similar ao utilizado no quadro 23. A diferença entre as receitas de venda e o total de

custos de material direto utilizados na produção resulta no “ganho (*throughput*) total”. Convém ressaltar que, seguindo as premissas da TOC postuladas por Goldratt (1990a), outros custos tais como os indiretos e os de mão-de-obra direta não são considerados no cálculo do ganho total, pois são computados como “despesas operacionais” e tratados, *a priori*, como custos fixos do período. Desta forma, para se chegar ao valor do lucro líquido pelo modelo da TOC, são subtraídas do ganho total as despesas operacionais de mão-de-obra e de recursos indiretos. Vale observar que tanto os recursos utilizados, como também os não utilizados na produção (que não sejam de material) são debitados do ganho unitário para se determinar o lucro líquido do período.

Depois de findados os cálculos dos resultados econômicos proporcionados por cada um dos oito modelos de decisão de *mix* de produtos (prospectados a partir da pesquisa bibliográfica), os gestores da empresa comparam os resultados obtidos para decidir qual modelo adotar. A figura 20 apresenta na forma de gráficos de barra os lucros líquidos obtidos com cada modelo:

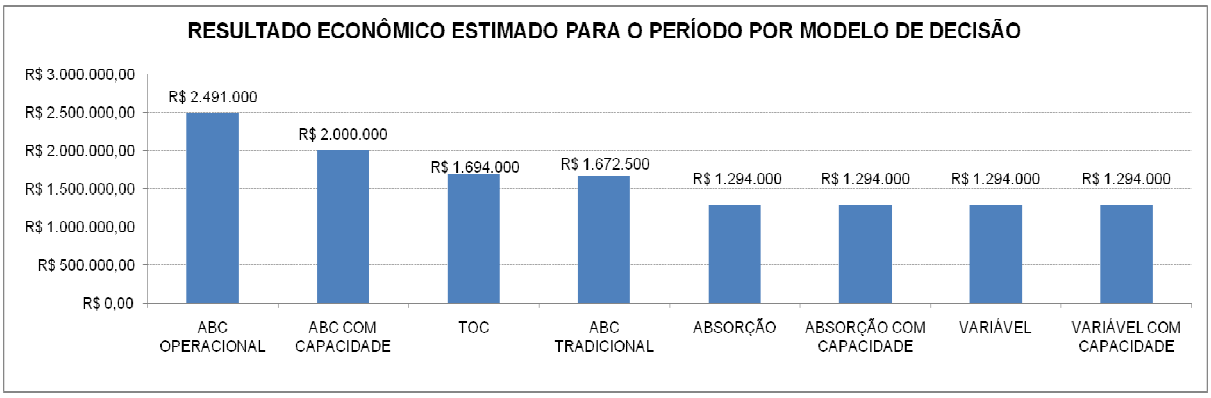

Figura 20 - Lucro líquido da empresa XYZ Ltda. gerado por cada modelo de decisão
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na figura 20, pode-se concluir que o maior lucro líquido é o gerado pelo modelo ABC operacional. Convém observar que a mesma conclusão é exibida pelo artigo de Kee (2001), porém o artigo analisa apenas os três modelos de decisão fundamentados no ABC. Desta forma, a consideração dos modelos baseados na TOC, no custeio por absorção e no custeio direto/variável na análise, é um suplemento desenvolvido pelo autor da corrente dissertação.

A explicação para o maior lucro líquido apresentado pelo modelo ABC operacional ancora-se no fato de o modelo considerar na métrica de decisão de *mix* de produtos apenas os custos diretos e flexíveis com a incorporação do consumo unitário do

recurso com restrição de capacidade. Além disso, a divisão dos custos das atividades em flexíveis e comprometidos faz com que sejam visualizados os recursos não utilizados na produção que podem ser evitados. Quando comparado à heurística da TOC, por exemplo, o modelo ABC operacional é superior em pelo menos dois aspectos: (i) como no exemplo didático são considerados recursos indiretos de comportamento flexível, o modelo ABC operacional reflete estes recursos como custos incrementais, enquanto que o modelo da TOC não o faz por considerá-los, *a priori*, como despesas operacionais (fixas) do período; e (ii) enquanto que o ABC operacional para decisões de curto prazo está alinhado conceitualmente com o ABC tradicional que é um modelo adequado para decisões de alocação de recursos no longo prazo por considerar que a capacidade produtiva pode ser ajustada, o modelo da TOC não está.

Uma explicação para o menor lucro líquido proporcionado pelo ABC tradicional quando comparado aos outros dois modelos alicerçados no ABC, relaciona-se com a consideração ou não do consumo unitário de recurso limitante na determinação da métrica para determinação do *mix* ótimo de produtos. Enquanto que o modelo ABC tradicional não considera o consumo do recurso gargalo, os outros dois modelos do ABC o consideram, o que resulta em *mix* de produtos diferentes. Já o menor lucro líquido obtido pelo modelo ABC com capacidade quando comparado ao obtido via modelo ABC operacional pode ser explicado pela consideração de custos indiretos comprometidos na determinação do lucro unitário. O modelo ABC operacional, ao considerar apenas os custos flexíveis no cálculo do lucro unitário (quanto maior o lucro, melhor) e o consumo de recurso com restrição de capacidade (quanto menor o consumo, melhor), consegue refletir o real valor incremental que uma unidade produzida e vendida de um produto gera à empresa para esta abater os custos fixos e obter lucro. Já o ABC com capacidade, mesmo considerando o consumo de recurso limitante, insere no cálculo do lucro unitário os custos indiretos comprometidos das atividades que “mascaram”, de certa forma, o real valor incremental que um produto pode gerar para a empresa (KEE, 2001).

No tocante aos resultados apresentados pelos modelos construídos à luz do custeio por absorção e do custeio variável, pode-se aduzir que a não distribuição dos custos dos recursos indiretos em atividades e a consequente falta de compreensão da forma pela qual esses recursos são consumidos pelos produtos são as principais

causas da obtenção de baixos valores de lucro líquido quando comparados, por exemplo, ao resultado proporcionado pelo modelo ABC tradicional (mesmo *mix* de produtos). No exemplo didático, como o modelo do custeio por absorção estabelece que os recursos indiretos sejam alocados aos produtos por meio de uma base de rateio medida em horas-máquinas do processo de montagem, e que esse processo é totalmente utilizado pelos 100.000 produtos X3 definidos pelo *mix*, então todos os recursos indiretos são considerados como “utilizados na produção”, tendo o custo integralmente debitado do lucro bruto.

Processo similar ocorre no modelo do custeio direto/variável por este não distribuir os custos às diversas atividades produtivas da empresa para identificar quais custos podem ser atribuídos de forma incremental aos produtos e quais não podem. Desta forma, todos os custos que são diferentes dos de material direto e de mão-de-obra direta são considerados como despesas do período e são integralmente debitados da margem de contribuição total para se calcular o lucro líquido. Apesar de os custos computados no modelo da TOC serem semelhantes aos custos dos modelos do custeio por absorção e do custeio direto/variável, o *mix* de produtos determinado pela métrica da TOC (200.000 unidades do produto X2) gera receitas consideravelmente superiores, o que explica o sobrepujado valor do lucro líquido obtido pelo modelo da TOC. Convém ressaltar que não há diferenças entre os lucros líquidos gerados pelos modelos baseados no custeio por absorção e no custeio direto/variável devido ao fato de que estes coincidentemente geram, no exemplo didático, os mesmos *mix* de produtos, apesar de utilizarem diferentes métricas econômicas de decisão.

Com o intuito de preencher a lacuna teórica relativa a não existência de um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC de forma explícita na literatura, o próximo capítulo apresenta a proposição de modelo quantitativo para tal, ilustrando a sua utilização a partir de um exemplo didático similar ao trabalhado na corrente seção.

5 PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

5.1 CONDIÇÕES DE CONTORNO DO MODELO A SER PROPOSTO

A pergunta que guia a formulação do modelo a ser proposto pode ser explicitada da seguinte forma: dado que a capacidade produtiva é insuficiente para produzir todos os produtos exigidos pela demanda do mercado, como os recursos devem ser alocados à produção de tal forma que o resultado econômico (em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre venda) seja maximizado? De forma geral, os elementos e as condições de contorno que compõem o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto são apresentados na figura 21:

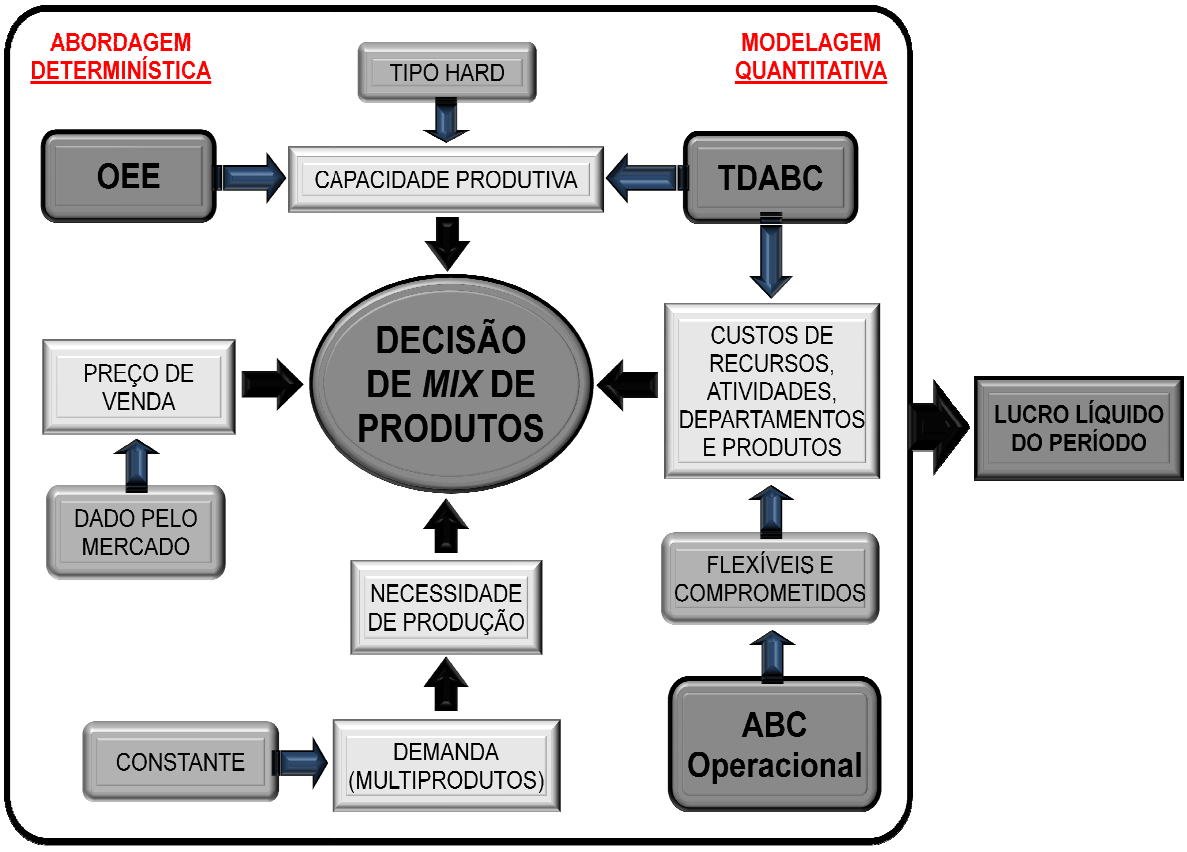

Figura 21 - Visão geral dos elementos e das condições de contorno que compõem o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto
Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da figura 21, observa-se que o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto considera quatro elementos-chave (variáveis de controle) na sua formulação: (ii) demanda/necessidade de produção; (ii) preço de venda; (iii) capacidade produtiva; e (iv) custos de recursos, atividades, departamentos e produtos. De forma aderente a vários procedimentos e exemplos apresentados na literatura sobre decisão de *mix* de produtos, o modelo a ser proposto considera o lucro líquido (antes de impostos incidentes sobre renda) como a variável de desempenho (resultado econômico gerado pela solução).

A demanda e a necessidade de produção (i) são consideradas como previsíveis *a priori* e constantes ao longo do período em que se deve definir o *mix* de produtos, ou seja, período em que se aplica o modelo de decisão a ser proposto. Convém ressaltar que a necessidade de produção (em termos de quantidade de produtos) pode ser maior que a demanda, por exemplo, quando se prevê a produção de produtos que não atendem as especificações técnicas de engenharia (deficiência no processo produtivo), ou seja, produtos que não possuem qualidade suficiente para serem entregues aos clientes e gerarem receita.

O elemento-chave (ii), preço de venda, é abordado no modelo de decisão da forma mais simples possível, sendo considerado como dado pelo mercado *a priori* e constante ao longo do período de análise. A capacidade produtiva (iii) é tratada no modelo a ser proposto a partir de duas perspectivas. Na situação em que a capacidade produtiva refere-se a processos ou departamentos que são intensivos em mão-de-obra (ex: montagem de componentes, engenharia, costura, preparação de máquinas, entre outros), então são aplicadas as premissas do TDABC para mensurar a capacidade prática do departamento. Por sua vez, na situação em que a capacidade produtiva refere-se a processos ou departamentos que são intensivos em capital / equipamentos (ex: pintura eletrostática, estampagem mecanizada, corte mecanizado, entre outros), então é utilizada a técnica OEE para mensurar a capacidade prática do departamento.

O modelo a ser proposto envolve a situação em que a capacidade produtiva é definida *a priori* e não pode ser expandida no curto prazo, de forma similar às condições de contorno utilizadas por Kee (1995), Kee e Schmidt (2000) e Kee (2001) no caso de decisões de *mix* de produtos no curto prazo (horizonte de um ano). Vale ressaltar que, como a corrente dissertação tem como objetivo primário utilizar o

TDABC na decisão de *mix* de produtos, o modelo a ser proposto toma como base um ambiente de manufatura com apenas uma restrição do tipo *hard*. Tal escolha visa a atender as condições de otimalidade explicitadas por Souren, Ahn e Schmitz (2005).

O quarto e mais importante elemento-chave (custos de recursos, atividades, departamentos e produtos) é abordado pelo modelo a ser proposto através de dois construtos teóricos: o TDABC (KAPLAN; ANDERSON, 2004, 2007a, 2007b); e o "ABC operacional" (KEE, 2001). Como os custos dos recursos produtivos diretos (ex: material direto) são apropriados diretamente aos produtos, então o modelo a ser proposto utiliza o TDABC para tratar os custos indiretos. Para tal, os custos indiretos são mensurados e organizados por departamento para, em seguida, serem confrontados com as capacidades práticas para se determinar taxa do custo da capacidade de cada departamento.

A utilização das premissas do ABC operacional compreende, primeiramente, a divisão dos custos indiretos dos departamentos em flexíveis e comprometidos para proporcionar melhores informações com vistas ao ajuste e gestão econômica da capacidade produtiva (ex: mensurar o quanto está sendo gasto com capacidade ociosa; evitar custos flexíveis da capacidade não utilizada). Com isso, consegue-se aprimorar o conceito de taxa do custo da capacidade provindo do TDABC ao dividir a taxa em dois componentes: taxa do custo flexível da capacidade; e taxa do custo comprometido da capacidade. Cada taxa do custo da capacidade (total, flexível e comprometido) é, então, multiplicada pela capacidade que cada unidade de produto consome (em termos de tempo) para se determinar o custo indireto (total, flexível e comprometido) do produto.

A utilização do ABC operacional no modelo a ser proposto compreende, ainda, a consideração de apenas os custos flexíveis no cálculo do numerador (lucro unitário) da métrica econômica que alicerça a decisão de *mix* de produtos. Ao se considerar apenas os custos flexíveis, consegue-se refletir o real valor incremental que uma unidade produzida e vendida de um produto gera à empresa para esta abater os custos fixos (comprometidos) e obter lucro. A não inserção de custos indiretos comprometidos no cálculo do numerador da métrica de decisão do modelo a ser proposto visa evitar o "mascaramento" no cálculo do lucro unitário no tocante ao real valor incremental que cada produto pode gerar à empresa. A justificativa para tal

consideração reside nos resultados superiores (em termos de lucro líquido) apresentados pelo *mix* de produto alicerçado no modelo ABC operacional (vide artigo de Kee (2001) e exemplo didático do capítulo anterior) quando comparado aos resultados dos outros modelos que utilizam os custos totais (ex: ABC com capacidade).

No modelo a ser proposto, assume-se que as informações sobre demanda, preços de venda, capacidade produtiva, consumo de recursos e custos são dadas deterministicamente. Conforme argumentam Kee e Schmidt (2000), o tratamento determinístico é consistente com vários procedimentos e exemplos apresentados na literatura para lidar com problemas de decisão de *mix* de produtos. A seguir, são apresentadas de forma consolidada as suposições que perfazem as condições de contorno para a construção do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC a ser aplicado em ambientes de manufatura:

i). A empresa produz múltiplos produtos;
ii). A demanda de cada produto é conhecida e dada no início do período de produção em análise;
iii). O preço de cada produto é ditado pelo mercado e é constante, sendo dado no início do período de produção em análise;
iv). Cada tipo de produto utiliza proporções fixas de recursos (material direto, mão-de-obra direta, utilidades, etc.) e de atividades;
v). Os custos dos recursos / atividades / departamentos podem ser segmentados em custos flexíveis e custos comprometidos;
vi). A capacidade produtiva não pode ser expandida durante o período de planejamento (curto prazo);
vii). A demanda de recursos produtivos para manufaturar todos os produtos no período é maior do que a capacidade produtiva da empresa;
viii). O recurso ou departamento que limita a capacidade do sistema produtivo não pode ter sua capacidade de produção expandida durante o período de planejamento (tipo *hard*);
ix). As informações sobre custos, preços de venda, demanda, consumo de recursos e sobre capacidade produtiva são dadas deterministicamente.

5.2 MODELO PROPOSTO

Considerando as condições de contorno apresentadas na seção anterior, o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto possui caráter quantitativo e tem como unidade de análise cada tipo de produto fornecido pela empresa. O modelo trata-se da métrica econômica de decisão que serve para alicerçar a priorização dos produtos em termos de contribuição para a maximização da variável de desempenho, ou seja, do resultado econômico mensurado em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre renda. Desta forma, o modelo de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC que incorpora premissas do ABC Operacional e do OEE é dado quantitativamente pela seguinte expressão matemática:

$$MEDP_i^{TDABC} = \frac{PV_i - \left\{\sum_j CRD_j + \sum_{i,k}\left[\left(\frac{CFD_k}{CP_k}\right) \times CUD_{i,k}\right]\right\}}{CURL_i}$$

Onde:

i = índice do produto
j = índice do recurso direto (ex: material direto)
k = índice do departamento
$MEDP_i^{TDABC}$ = valor da métrica econômica de decisão (pela ótica do TDABC) do produto do tipo *i*
PV_i = preço de venda do produto do tipo *i*
CRD_j = custo do recurso direto do tipo *j*
CFD_k = custo flexível estimado para o departamento *k*
CP_k = capacidade prática estimada para o departamento *k*
$CUD_{i,k}$ = consumo unitário do produto do tipo *i* da capacidade do departamento *k*
$CURL_i$ = consumo unitário que o produto do tipo *i* exige da capacidade do departamento ou recurso com limitação de capacidade (gargalo/restrição do sistema)

A métrica econômica de decisão do modelo de decisão de *mix* de proposto sob a ótica do TDABC é quantificada como “Lucro Unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante”. Para se determinar o lucro unitário de um determinado tipo de produto, subtraem-se do preço de venda todos os custos diretos e indiretos. Os custos diretos são os que podem ser diretamente apropriados aos produtos, tais como os de material direto. Já os custos indiretos,

tratados sob a ótica do TDABC, correspondem aos custos flexíveis de cada departamento alocados aos produtos por meio da taxa do custo flexível da capacidade. Convém ressaltar que a taxa do custo flexível da capacidade é resultado divisão do custo flexível estimado para o departamento (CFD_k) pela capacidade prática estimada para o mesmo departamento (CP_k). Ressalta-se, ainda, que consumo unitário do recurso limitante corresponde ao termo $CURL_i$ da expressão matemática apresentada e que o termo $CUD_{i,k}$ pode ser obtido a partir da utilização das equações de tempo do TDABC ou de forma direta.

Para alicerçar a decisão de *mix* de produtos tendo em vista a maximização do lucro líquido da empresa no período de planejamento, utiliza-se a seguinte regra: quanto maior o valor da métrica econômica de decisão ($MEDP_i^{TDABC}$), maior prioridade de produção e venda deve ser dada ao produto. A determinação da quantidade exata a ser produzida de cada tipo de produto durante o horizonte de planejamento requer que a capacidade produtiva do recurso ou departamento limitante do sistema produtivo seja levada em consideração. Para tal, propõem-se a utilização do seguinte algoritmo lógico:

Se: $DTRL_{1º\,maior}\ (=\ QDM_{1º\,maior} \times\ CURL_{1º\,maior}) \leq CTRL$

Então: Produzir totalmente $QDM_{1º\,maior}$ e produzir o máximo possível de $QDM_{2º\,maior}$

Se não: Produzir o máximo possível de $QDM_{1º\,maior}$

Se: $DTRL_{2º\,maior}\ (=\ QDM_{2º\,maior} \times\ CURL_{2º\,maior}) \leq CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{1º\,maior}}$

Então: Produzir totalmente $QDM_{2º\,maior}$ e produzir o máximo possível de $QDM_{3º\,maior}$

Se não: Produzir o máximo possível de $QDM_{2º\,maior}$

Se: $DTRL_{3º\,maior}\ (=\ QDM_{3º\,maior} \times\ CURL_{3º\,maior}) \leq CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{2º\,maior}}$

Então: Produzir totalmente $QDM_{3º\,maior}$ e produzir o máximo possível de $QDM_{nº\,maior}$

Se não: Produzir o máximo possível de $QDM_{3º\,maior}$

Se: $DTRL_{nº\,maior}\ (=QDM_{nº\,maior} \times\ CURL_{nº\,maior}) \leq CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{3º\,maior}}$

Então: Produzir totalmente $QDM_{nº\,maior}$ e produzir o máximo possível de $QDM_{n+1º\,maior}$

Se não: *Produzir o máximo possível de* $QDM_{nº\,maior}$

Onde:

$DTRL_{1º\,maior}$ = demanda total da capacidade do recurso limitante exigida pelo produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$

$DTRL_{2º\,maior}$ = demanda total da capacidade do recurso limitante exigida pelo produto com a segunda maior $MEDP_i^{TDABC}$

$DTRL_{3º\,maior}$ = demanda total da capacidade do recurso limitante exigida pelo produto com a terceira maior $MEDP_i^{TDABC}$

$DTRL_{nº\,maior}$ = demanda total da capacidade do recurso limitante exigida pelo produto com a nésima maior $MEDP_i^{TDABC}$

$QDM_{1º\,maior}$ = quantidade demandada pelo mercado do produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$

$QDM_{2º\,maior}$ = quantidade demandada pelo mercado do produto com a segunda maior $MEDP_i^{TDABC}$

$QDM_{3º\,maior}$ = quantidade demandada pelo mercado do produto com a terceira maior $MEDP_i^{TDABC}$

$QDM_{nº\,maior}$ = quantidade demandada pelo mercado do produto com a nésima maior $MEDP_i^{TDABC}$

$CURL_{1º\,maior}$ = consumo unitário que o produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$ exige da capacidade do recurso com limitação de capacidade

$CURL_{2º\,maior}$ = consumo unitário que o produto com a segunda maior $MEDP_i^{TDABC}$ exige da capacidade do recurso com limitação de capacidade

$CURL_{3º\,maior}$ = consumo unitário que o produto com a terceira maior $MEDP_i^{TDABC}$ exige da capacidade do recurso com limitação de capacidade

$CURL_{nº\,maior}$ = consumo unitário que o produto com a nésima maior $MEDP_i^{TDABC}$ exige da capacidade do recurso com limitação de capacidade

$CTRL$ = capacidade total do recurso com limitação de capacidade

$CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{1º\,maior}}$ = capacidade restante do recurso com limitação de capacidade após a produção integral de $QDM_{1º\,maior}$

$CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{2º\,maior}}$ = capacidade restante do recurso com limitação de capacidade após a produção integral de $QDM_{2º\,maior}$

$CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{3º\,maior}}$ = capacidade restante do recurso com limitação de capacidade após a produção integral de $QDM_{3º\,maior}$

$CRRL_{após\ produção\ de\ QDM_{nº\,maior}}$ = capacidade restante do recurso com limitação de capacidade após a produção integral de $QDM_{nº\,maior}$

Uma forma literal de explicar o algoritmo lógico proposto é apresentada a seguir: o consumo total que o produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$ exige da capacidade do recurso limitante deve ser confrontado com a capacidade total do recurso limitante. Caso a demanda total dos recursos exigida pelo produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$ seja menor que a capacidade total do recurso limitante, então toda a

quantidade demandada do produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$ deve ser produzida e vendida, ficando o restante da capacidade produtiva do recurso com limitação de capacidade para ser utilizada na produção dos produtos com a segunda maior $MEDP_i^{TDABC}$. Desta forma, a produção continua. Caso contrário, a produção cessa já no produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$. Caso a demanda total dos recursos exigida pelo produto com a segunda $MEDP_i^{TDABC}$ seja menor que a capacidade restante do recurso limitante (após a produção integral dos produtos com a maior $MEDP_i^{TDABC}$), então toda a quantidade demandada do produto com a segunda $MEDP_i^{TDABC}$ deve ser produzida e vendida, ficando o restante da capacidade produtiva do recurso com limitação de capacidade para ser utilizada na produção dos produtos com a terceira maior $MEDP_i^{TDABC}$. A produção continua até que a capacidade do recurso limitante seja esgotada. Caso contrário, a produção cessa já no produto com a segunda maior $MEDP_i^{TDABC}$. A lógica segue até o produto com a n$_{\text{ésima}}$ $MEDP_i^{TDABC}$.

De forma sumarizada, depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente (recurso / departamento limitante) para manufaturar os produtos com menores $MEDP_i^{TDABC}$. Desta forma, consegue-se quantificar o volume a ser produzido de cada tipo de produto, ou seja, determinar o *mix* dos produtos a serem produzidos e vendidos pela empresa ao longo do período/horizonte de planejamento.

Para se determinar o resultado econômico do período, calcula-se o lucro líquido (antes de impostos incidentes sobre venda) gerado pelo *mix* de produtos definido. Para tal, são considerados os seguintes valores econômicos: receita total; custos dos recursos diretos utilizados nos produtos; custos flexíveis e comprometidos da capacidade dos departamentos utilizada pelos produtos produzidos; e custos comprometidos da capacidade dos departamentos não utilizada pelos produtos produzidos. Ressalta-se que os custos flexíveis da capacidade não utilizada não representam gastos para a empresa, pois podem ser evitados. Desta forma, o lucro líquido do período calculado sob a égide do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto é dado quantitativamente pela seguinte expressão matemática:

$$LL_{MIX}^{TDABC} = \sum_{i}(QPV_i \times PV_i) - \left(\sum_{j} CRDU_j + \sum_{k} CFDU_K + \sum_{k} CCDU_K + \sum_{k} CCDNU_K\right)$$

Onde:

i = índice do produto

j = índice do recurso direto (ex: material direto)

k = índice do departamento

LL_{MIX}^{TDABC}= lucro líquido (antes de impostos incidentes sobre renda) gerado pelo *mix* de produtos definido com base no modelo de decisão proposto sob a ótica do TDABC

QPV_i = quantidade produzida e vendida do produto do tipo *i* constante no *mix* de produtos definido

PV_i = preço de venda do produto do tipo *i* constante no *mix* de produtos definido

$CRDU_j$ = custo do recurso direto do tipo *j* utilizado na produção do *mix* de produtos

$CFDU_k$ = custo flexível da capacidade do departamento *k* utilizada na produção do *mix* de produtos

$CCDU_k$ = custo comprometido da capacidade do departamento *k* utilizada na produção do *mix* de produtos

$CCDNU_k$ = custo comprometido da capacidade do departamento *k* não utilizada na produção do *mix* de produtos

Na seção seguinte, a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto, juntamente à utilização do algoritmo lógico e ao cálculo do lucro líquido do período, é ilustrada a partir de um exemplo didático que envolve o processo de planejamento e orçamento de uma empresa manufatureira do ramo metal-mecânico.

5.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Para a aplicação do modelo proposto de decisão *de* mix produtos através de um exemplo didático, conjectura-se que os gestores da empresa manufatureira de suportes metálicos ABC Ltda., ao conduzirem o processo de planejamento e orçamento da empresa, precisam decidir qual é o *mix* de produtos a serem produzidos e vendidos no próximo período contábil (horizonte de um ano) que maximize o resultado econômico (em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre renda) tendo em vista que a capacidade produtiva da empresa não é capaz de suprir a demanda total solicitada para o período.

Vale ressaltar que o exemplo didático aborda uma situação hipotética em que são estabelecidas algumas suposições sobre o tipo de negócio e sobre processo produtivo da empresa em questão, suposições estas que balizam o cenário empresarial criado para a aplicação do modelo de decisão proposto de forma a evitar possíveis distorções na condução do estudo. As suposições mais relevantes são destacadas a seguir:

- Para o próximo período contábil, prevê-se que a demanda ultrapassa a capacidade de fornecimento da empresa;
- A empresa possui restrições de capital para investir em novos equipamentos para ampliar a capacidade produtiva;
- O preço de cada produto é ditado pelo mercado e é constante durante o período em análise;
- Os produtos utilizam proporções fixas de recursos (ex: material direto e atividades);
- Todos os equipamentos podem produzir qualquer tipo de produto mediante realização de *setup* (ajuste e troca de ferramentas);
- A matéria-prima para fabricação dos produtos está sempre disponível. Esta condição implica também que o cenário proposto não considera a indisponibilidade de produção causada por fornecimentos externo de recursos (ex: água, energia elétrica, ar-comprimido, etc.).
- Os tempos de preparação de equipamento independem da seqüência de produção e são constantes para cada tipo de produto;
- A empresa não realiza a entrega dos produtos para os clientes.

Para facilitar a aplicação do modelo proposto que o exemplo didático se propõe a ilustrar, são considerados apenas três tipos de produtos (X1, X2 e X3), quatro tipos de materiais diretos (*kit* de montagem em ferro, dispositivo de ajuste, dobradiça, tinta) e quatro atividades operacionais, sendo duas de produção (Montagem e Pintura Eletrostática) e duas de apoio/suporte/auxiliares (Preparação de Equipamento/*SETUP* e Engenharia). Convém ressaltar que cada uma das quatro atividades da empresa é realizada por departamentos especializados com mão-de-obra e equipamentos idiossincráticos. Ressalta-se, ainda, que o Departamento de

Preparação de Equipamentos dedica-se à realização de *setups* dos equipamentos do Departamento de Pintura Eletrostática.

Para lidarem com o problema de decisão gerencial enfrentado (decisão de *mix* de produtos), os gestores fazem o uso do modelo proposto sob a ótica do TDABC. Nesse ínterim, realizam um levantamento de informações referentes ao processo produtivo, aos custos da empresa e ao mercado (demanda e preços dos produtos) da empresa. Inicialmente, são reunidas informações sobre o comportamento e os valores dos custos de material direto e das atividades/departamentos, além da capacidade produtiva dos recursos e das atividades/departamentos da empresa. Os custos de material direto são considerados como flexíveis (variáveis) para o período em análise. Todos os outros custos são considerados como *overhead*, sendo totalizados em R$ 2.258.800,00 (estimados para o período de um ano) e distribuídos pelos quatro departamentos da empresa. Desse total, os gestores avaliam que, com base nos contratos firmados e na legislação trabalhista vigente, 75% do *overhead* podem ser considerados com como *overhead* flexível (discricionário/variável) e 25% como *overhead* comprometido (não discricionário/fixo).

Entre as ações de levantamento de informação por parte dos gestores, tomando como base as premissas do TDABC, estão: (i) consultas a relatórios contábeis para se estimar o custo anual de cada departamento; (ii) coleta informações junto aos funcionários e aplicação da técnica OEE nos equipamentos para se determinar a capacidade prática de cada departamento; (iii) realização de entrevistas com funcionários e de mensurações *in loco* para se levantar os tempos de dedicação de cada departamento às diversas atividades e produtos da empresa em termos de recursos (mão-de-obra/*overhead*), sendo utilizado como meio de representação um diagrama de processo. Com base nas informações provindas das ações (i) e (ii), os gestores são possibilitados de calcular as taxas de custo da capacidade de cada departamento da empresa. Já as informações provindas da ação (iii) possibilitam a construção de equações de tempo para cada departamento da empresa.

São levantadas, ainda, informações sobre o consumo dos produtos em relação aos quatro tipos de material direto utilizados no processo produtivo. Vale ressaltar que a disponibilidade ou capacidade produtiva dos materiais diretos não possui limitações de fornecimento. Além disso, as atividades “Montagem” e “Pintura Eletrostática”

ocorrem em nível de unidade, a atividade “Preparação de Equipamento” ocorre em nível de lote e a atividade “Engenharia” ocorre em nível de produto.

Para facilitar as análises e a realização das operações matemáticas para se determinar o *mix* ótimo de produtos para o próximo ano de operação da empresa ABC Ltda., os gestores organizaram as informações coletadas na forma de quadros que foram trabalhados a partir de planilhas eletrônicas. O quadro 27 apresenta as informações coletadas sobre o custo e o consumo dos materiais diretos em relação a cada produto da empresa:

		PRODUTO					
Material Direto (Flexível)		X1		X2		X3	
	Custo unitário	Consumo	Custo	Consumo	Custo	Consumo	Custo
Kit para montagem em ferro	R$ 30,00 por unidade	1 unidade	R$ 30,00	1 unidade	R$ 30,00	1 unidade	R$ 30,00
Dispositivo de ajuste	R$ 7,00 por unidade	-	-	1 unidade	R$ 7,00	1 unidade	R$ 7,00
Dobradiça	R$ 5,00 por unidade	-	-	-	-	1 unidade	R$ 5,00
Tinta	R$ 5,00 por litro	0,20 litro	R$ 1,00	0,20 litro	R$ 1,00	0,4 litro	R$ 2,00
	Soma dos custos de MD	**R$ 31,00**		**R$ 38,00**		**R$ 44,00**	

Quadro 27 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base em pesquisas de mercado, os gestores projetam para o ano em análise os seguintes preços de venda unitários: R$ 35,00 para o produto X1, R$ 45,00 para o produto X2 e R$ 50,00 para o produto X3. Além disso, os gestores estimam a demanda anual esperada de cada produto, como mostra o quadro 28:

	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Demanda Esperada	400.000	250.000	200.000
Preço de Venda	R$ 35,00	R$ 45,00	R$ 50,00

Quadro 28 – Preço de venda e demanda anual estimada para período em análise
Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em vista a determinação da taxa do custo da capacidade de cada departamento da empresa (com base em dados históricos), os gestores quantificam o montante total de gastos que cada departamento incorrerá no ano em análise. Convém observar que os custos departamentais englobam gastos com mão-de-obra, supervisão de produção, depreciação de equipamentos, ocupação, utilidades, entre outros recursos que efetivamente são utilizados pelo departamento, de acordo com os construtos teóricos do TDABC. Ressalta-se, ainda, que o valor resultante é utilizado diretamente no numerador da fórmula de cálculo da taxa de custo da capacidade de cada departamento. Os quadros 29, 30, 31 e 32 apresentam,

respectivamente, o total anual de custos estimados para os departamentos de Montagem, Pintura Eletrostática, Preparação de Equipamento e Engenharia:

CÁLCULO DO CUSTO DEPARTAMENTAL PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE MONTAGEM	
salários, encargos sociais e benefícios mensais por montador	R$ 1.000,00
(×) quantidade de montadores	75
(=) custo mensal com mão-de-obra de montadores	R$ 75.000,00
(+) **{** salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R$ 2.500,00
(×) quantidade de supervisores de produção **}**	6
(=) custo mensal com mão-de-obra de supervisores	R$ 15.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R$ 3.000,00
(+) **{** área ocupada pelo departamento (em m²)	1.000
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) custo mensal de aluguel **}**	R$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R$ 5.000,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R$ 1.000,00
(+) custo mensal com utilidades (água, energia, ar-comprimido e telefone)	R$ 4.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R$ 1.000,00
(+) custo mensal com consultores externos	R$ 8.000,00
(=) custo mensal total do Departamento de Montagem	R$ 112.500,00
(×) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do Departamento de Montagem	**R$ 1.350.000,00**

Quadro 29 – Custo anual estimado para o Departamento de Montagem
Fonte: Elaborado pelo autor

CÁLCULO DO CUSTO DEPARTAMENTAL PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE PINTURA ELETROSTÁTICA	
salários, encargos sociais e benefícios mensais por operador de equipamento de pintura	R$ 1.400,00
(×) quantidade de operadores de equipamento de pintura	12
(=) custo mensal com mão-de-obra de operadores de equipamento de pintura	R$ 16.800,00
(+) **{** salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R$ 2.500,00
(×) quantidade de supervisores de produção **}**	3
(=) custo mensal com mão-de-obra de supervisores	R$ 7.500,00
(+) **{** custo de aquisição dos equipamentos de pintura	R$ 1.000.000,00
(÷) vida util dos equipamentos de pintura (em meses) **}**	120
(=) custo mensal de depreciação dos equipamentos de pintura	R$ 8.333,33
(+) **{** área ocupada pelo departamento (em m²)	900
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) custo mensal de aluguel **}**	R$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R$ 4.500,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R$ 5.000,00
(+) custo mensal com utilidades (água, energia, ar-comprimido e telefone)	R$ 10.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R$ 200,00
(+) custo mensal com consultores externos	R$ 1.500,00
(=) custo mensal total do Departamento de Pintura	R$ 54.333,33
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do Departamento de Pintura	**R$ 652.000,00**

Quadro 30 – Custo anual estimado para o Departamento de Pintura Eletrostática
Fonte: Elaborado pelo autor

CÁLCULO DO CUSTO DEPARTAMENTAL PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE PREPARAÇÃO DE EQUIPAMENTO / SETUP	
salários, encargos sociais e benefícios mensais por preparador de equipamento	R$ 2.000,00
(×) quantidade de preparadores de equipamento	3
(=) custo mensal com mão-de-obra de preparadores de equipamento	R$ 6.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	70
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) custo mensal de aluguel }	R$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R$ 350,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R$ 100,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (água, energia, ar-comprimido e telefone)	R$ 100,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R$ 100,00
(=) custo mensal total do Departamento de Preparação de Equipamento	R$ 7.250,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do Departamento de Preparação de Equipamento	**R$ 87.000,00**

Quadro 31 – Custo anual estimado para o Departamento de Preparação de Equipamento
Fonte: Elaborado pelo autor

CÁLCULO DO CUSTO DEPARTAMENTAL PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA	
salários, encargos sociais e benefícios mensais por engenheiro	R$ 6.000,00
(×) quantidade de engenheiros	2
(=) custo mensal com mão-de-obra de engenheiros	R$ 12.000,00
(+) custo mensal com mão-de-obra do estagiário em engenharia	R$ 800,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	30
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) custo mensal de aluguel }	R$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R$ 150,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R$ 200,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (água, energia, ar-comprimido e telefone)	R$ 200,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R$ 200,00
(=) custo mensal total do Departamento de Engenharia	R$ 14.150,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do Departamento de Engemharia	**R$ 169.800,00**

Quadro 32 – Custo anual estimado para o Departamento de Engenharia
Fonte: Elaborado pelo autor

Convém relembrar que, tendo em vista a realização do planejamento de produção e do orçamento para o período em análise, os gestores estimam que 25% dos custos total anual de cada departamento são discricionários/flexíveis, sendo 75% estimados como não discricionários/comprometidos.

Para quantificar denominador da fórmula de cálculo da taxa de custo da capacidade para cada departamento, os gestores inicialmente verificam em que tipo de processo a execução das atividades departamentais são baseadas. O Departamento de Montagem é intensivo em mão-de-obra, tendo sua capacidade prática mensurada

em termos de tempo (minutos) de trabalho dos montadores. Convém observar que o departamento opera em três turnos de oito horas de trabalho durante cinco dias por semana com 25 montadores e 2 supervisores de produção. Construído sob a ótica do TDABC, o quadro 33 apresenta o cálculo da capacidade prática anual estimada para o Departamento de Montagem considerando uma força total de trabalho composta por 75 montadores:

CÁLCULO DA CAPACIDADE PRÁTICA PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE MONTAGEM (em minutos de trabalho de montadores)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) finais de semana ao ano (sábados e domingos)	104 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	3 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	228 dias
(×) { tempo disponível diário de trabalho por montador	480 minutos
(-) pausa diária no trabaho por montador }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por montador	410 minutos
(=) capacidade prática anual por montador	93.480 minutos
(×) quantidade de mão-de-obra do Departamento de Montagem	75 montadores
(=) capacidade prática anual do Departamento de Montagem	**7.011.000 minutos**

Quadro 33 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Montagem
Fonte: Elaborado pelo autor

O Departamento de Pintura Eletrostática é intensivo em capital, tendo sua capacidade prática mensurada em termos de tempo (minutos) de operação dos equipamentos de pintura. O departamento opera 2 equipamentos de pintura em três turnos de oito horas de trabalho durante seis dias por semana. Para operar os equipamentos em cada turno, o departamento conta com 4 operários e 1 supervisor de produção. Para se estimar a capacidade prática anual do Departamento de Pintura Eletrostática, os gestores utilizam a lógica de cálculo do OEE de forma aderente ao TDABC. Os gestores estimam que, mensalmente, cada equipamento pára a produção por 8 horas para a realização de manutenção preventiva e por 16 horas para a realização de manutenção corretiva. Vale ressaltar que os equipamentos não incorrem em perdas (desperdício) de capacidade com o processamento de itens que não atendem às especificações técnicas de engenharia (produção de itens com problemas de qualidade). O quadro 34 apresenta os

cálculos realizados para estimar a capacidade prática do Departamento de Pintura Eletrostática com base no OEE:

CÁLCULO DA CAPACIDADE PRÁTICA PELA ÓTICA DO OEE / TDABC	
DEPARTAMENTO DE PINTURA (em minutos de operação dos equipamentos de pintura)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) finais de semana ao ano (domingos)	52 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(=) dias disponíveis para produção	303 dias
(×) tempo nominal diário de processamento por equipamento	1.440 minutos
(=) tempo nominal anual de processamento por equipamento	436.320 minutos
(-) tempo de manutenção preventiva no ano por equipamento	5.760 minutos
(-) tempo de manutenção corretiva no ano por equipamento	11.520 minutos
(-) tempo de preparação / setup de equipamento no ano	160.160 minutos
(-) tempo de perdas por qualidade no ano por equipamento	0 minuto
(=) capacidade prática anual por equipamento	258.880 minutos
(×) quantidade de equipamentos do Departamento de Pinutra	2 equipamentos
(=) capacidade prática anual do Departamento de Pintura	**517.760 minutos**

Quadro 34 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Pintura Eletrostática
Fonte: Elaborado pelo autor

Por serem intensivos em mão-de-obra, os departamentos de Preparação de Equipamento e de Engenharia têm suas capacidades práticas mensuradas em termos de tempo (minutos) de trabalho dos preparadores (três) e dos engenheiros (dois), respectivamente. Os cálculos realizados com base no TDABC são apresentados nos quadros 35 e 36:

CÁLCULO DA CAPACIDADE PRÁTICA PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE PREPARAÇÃO DE EQUIPAMENTOS / SETUP (em minutos de trabalho de preparadores)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) finais de semana ao ano (sábados e domingos)	104 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	6 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	225 dias
(×) **{** tempo disponível diário de trabalho por preparador	480 minutos
(-) pausa diária no trabaho por preparador **}**	90 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por preparador	390 minutos
(=) capacidade prática anual por preparador	87.750 minutos
(×) quantidade de mão-de-obra do Departamento de Preparação de Equipamentos	3 preparadores
(=) capacidade prática anual do Departamento de Preparação de Equipamentos	**263.250 minutos**

Quadro 35 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Preparação de Equipamento
Fonte: Elaborado pelo autor

CÁLCULO DA CAPACIDADE PRÁTICA PELA ÓTICA DO TDABC	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA (em minutos de trabalho de engenheiros)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) finais de semana ao ano (sábados e domingos)	104 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	3 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	228 dias
(×) { tempo disponível diário de trabalho por engenheiro	480 minutos
(-) pausa diária no trabaho por engenheiro }	80 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por engenheiro	400 minutos
(=) capacidade prática anual por engenheiro	91.200 minutos
(×) quantidade de mão-de-obra do Departamento de Engenharia	2 engenheiros
(=) capacidade prática anual do Departamento de Engenharia	**182.400 minutos**

Quadro 36 – Capacidade prática anual estimada para o Departamento de Engenharia
Fonte: Elaborado pelo autor

De posse das estimativas que possibilitam o cálculo da taxa do custo da capacidade de cada departamento, os gestores passam a reunir informações sobre o quanto cada unidade produto consome da capacidade produtiva. Inicialmente, são detalhadas as atividades que cada departamento operacional (Montagem e Pintura Eletrostática) realiza, juntamente com o consumo de recursos destas em termos de tempo, como mostra o diagrama de processo ilustrado na figura 22:

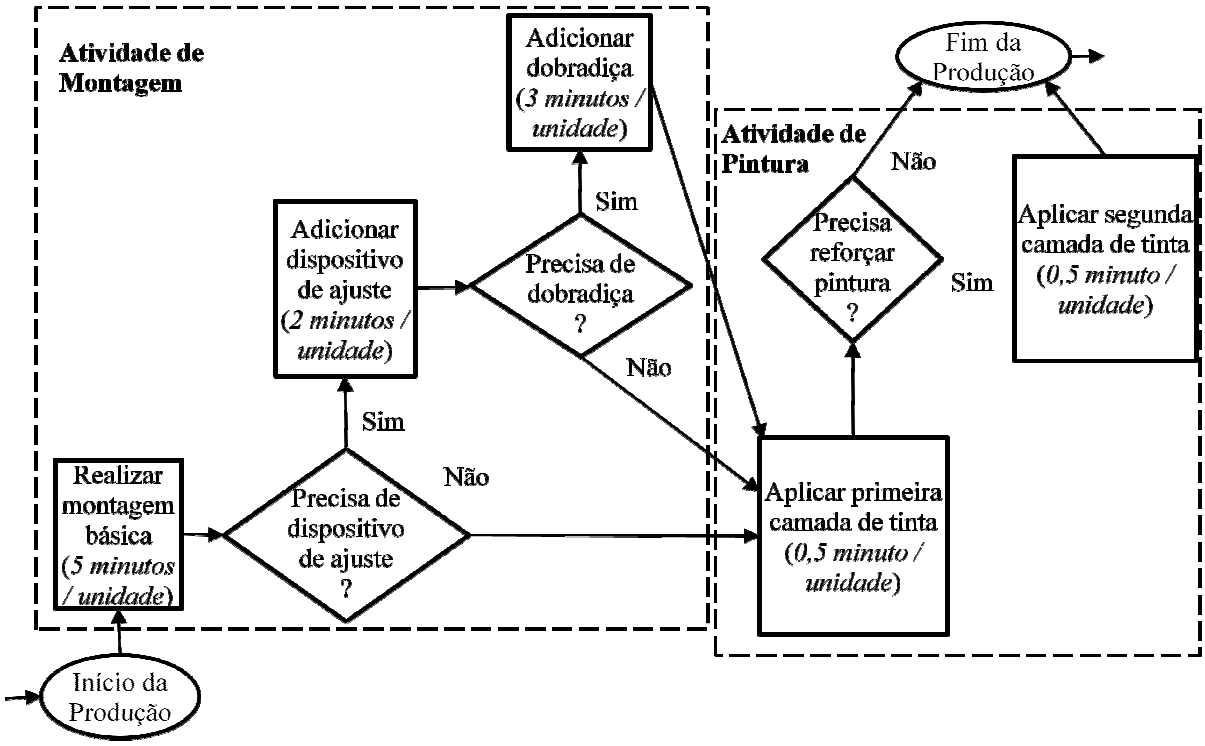

Figura 22 - Diagrama do processo produtivo (departamentos de produção) da empresa XYZ Ltda.
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no diagrama de processo operacional, é montado o quadro 37 que faz referência às atividades básicas, aos direcionadores de cada atividade e aos tempos-padrão de cada atividade exposta na figura 22:

Atividade	Direcionadores-chave	Tempo
Montagem	· Realizar montagem básica	5 minutos por unidade
	· Adicionar dispositivo de ajuste	2 minutos por unidade
	· Adicionar dobradiça	3 minutos por unidade
Pintura Eletrostática	· Aplicar primeira camada de tinta	0,5 minuto por unidade
	· Aplicar segunda camada de tinta	0,5 minuto por unidade

Quadro 37 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo produtivo da empresa XYZ Ltda.
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 37, a equação de tempo para o processo produtivo da empresa ABC Ltda. pode ser expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Tempo\ do\ processo\ operacional\ (em\ minutos) = {} & 5_{realizar\ montagem\ básica} \\ & + \{2_{se\ adicionar\ dispositivo\ de\ ajuste}\} \\ & + \{3_{se\ adicionar\ dobradiça}\} \\ & + 0{,}5_{aplicar\ primeira\ camada\ de\ tinta} \\ & + \{0{,}5_{se\ aplicar\ segunda\ camada\ de\ tinta}\} \end{aligned}$$

De posse da equação de tempo e conhecendo as atividades que cada produto consome dos departamentos produtivos, os gestores conseguem quantificar o tempo total que cada produto consome das atividades dos departamentos. O quadro 38 apresenta, por produto, o cálculo consolidado do consumo (em minutos) das atividades dos departamentos produtivos (Montagem e Pintura Eletrostática) juntamente ao valor da taxa do custo da capacidade:

ATIVIDADE / DEPARTAMENTO	PRODUTO		
Montagem (em nível de unidade)	X1	X2	X3
· Realizar montagem básica (em minutos)	5,0	5,0	5,0
· Adicionar dispositivo de ajuste (em minutos)	-	2,0	2,0
· Adicionar dobradiça (em minutos)	-	-	3,0
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	5,0	7,0	10,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do Departamento	R$ 1.350.000	R$ 337.500	R$ 1.012.500
Direcionador de Custos = Capacidade Prática (em minutos de mão-de-obra de montadores)	7.011.000		
Taxa do Custo da Capacidade	R$ 0,19	R$ 0,05	R$ 0,14

ATIVIDADE / DEPARTAMENTO	PRODUTO		
Pintura Eletrostática (em nível de unidade)	X1	X2	X3
· Aplicar primeira camada de tinta (em minutos)	0,5	0,5	0,5
· Aplicar segunda camada de tinta (em minutos)	-	0,5	0,5
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	0,5	1,0	1,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do Departamento	R$ 652.000	R$ 163.000	R$ 489.000
Direcionador de Custos = Capacidade Prática (em minutos-máquina dos equipamentos de pintura)	517.760		
Taxa do Custo da Capacidade	R$ 1,26	R$ 0,31	R$ 0,94

Quadro 38- Tratamento dos custos indiretos dos departamentos operacionais da empresa ABC Ltda. pela ótica do TDABC
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 38, o valor da taxa do custo da capacidade do Departamento de Montagem é calculado pela divisão do custo estimado total da atividade (R$1.350.000,00) pela capacidade prática total do direcionador de custos (7.011.000 minutos de mão-de-obra de montadores), resultando em uma taxa de R$ 0,19 por minuto de montagem. O custo total anual do Departamento de Montagem é desagregado em dois componentes: flexível (25%) e comprometido (75%). O custo indireto flexível e o custo indireto comprometido são divididos pela capacidade prática do departamento, gerando, respectivamente, uma “taxa do custo flexível da capacidade” de RS 0,14 por minuto de montagem e uma “taxa do custo comprometido da capacidade” de R$ 16,00 por minuto de montagem. Procedimento similar é utilizado para determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do Departamento de Pintura Eletrostática. Ressalta-se que, para cada unidade produzida, a taxa do custo da capacidade é multiplicada pelo consumo de

unidades da capacidade prática do departamento (tempo em minutos) realizada por cada tipo de produto para se determinar o custo indireto unitário.

Para se determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade dos departamentos de apoio (Preparação de Equipamento e Engenharia), procedimento similar é utilizado, como mostra o quadro 39:

ATIVIDADE / DEPARTAMENTO	PRODUTO		
Preparação de Equipamento/SETUP (em nível de lote)	X1	X2	X3
· Fazer preparação de equipamento (em minutos por lote)	120	150	150
Quantidade de produtos por lote	1.000	800	500
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	0,120	0,188	0,300
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do Departamento	R$ 87.000	R$ 21.750	R$ 65.250
Direcionador de Custos = Capacidade Prática (em minutos de mão-de-obra dos preparadores)	263.250		
Taxa do Custo da Capacidade	R$ 0,33	R$ 0,08	R$ 0,25

ATIVIDADE / DEPARTAMENTO	PRODUTO		
Engenharia (em nível de produto)	X1	X2	X3
· Fazer projetos de melhoria (em minutos por tipo de produto)	48.000	60.000	72.000
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do Departamento	R$ 169.800	R$ 21.750	R$ 65.250
Direcionador de Custos = Capacidade Prática (em minutos de mão-de-obra de engenharia)	182.400		
Taxa do Custo da Capacidade	R$ 0,93	R$ 0,12	R$ 0,36

Quadro 39 - Tratamento dos custos indiretos dos departamentos de apoio da empresa ABC Ltda. pela ótica do TDABC
Fonte: Elaborado pelo autor

No caso do Departamento de Preparação de Equipamento (ocorrência em nível de lote), o quadro 39 revela que, para o produto X1, 120 minutos de mão-de-obra de preparadores são necessários para realizar um *setup* de equipamento para processar um lote de 1.000 unidades. Desta forma, estima-se que cada unidade de X1 consome 0,120 minutos do Departamento de Preparação de Equipamento. Lógica de cálculo semelhante é aplicada aos produtos X2 e X3. Para se determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do Departamento de Preparação de Equipamentos, divide-se o custo anual estimado (total, flexível e comprometido) pela capacidade prática do departamento.

Para o Departamento de Engenharia (com ocorrência em nível de produto), estima-se que a produção de produtos do tipo X1, X2 e X3 exige, respectivamente, o

emprego de 48.000, 60.000 e 72.000 minutos de mão-de-obra de engenheiros para a realização de projetos de melhoria do processo produtivo. Convém observar que a incidência dos custos do Departamento de Engenharia depende apenas da decisão de se produzir determinado tipo de produto, sendo independente da quantidade produzida. Por exemplo, caso decida-se pela produção do produto do tipo X1 (independente da quantidade), os custos referentes às 48.000 horas de engenharia são remetidos ao produto X1. O quadro 39 expõe, ainda, que para se determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do Departamento de Engenharia, divide-se o custo anual estimado (total, flexível e comprometido) pela capacidade prática do departamento.

De posse das taxas do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade dos departamentos, os gestores realizam cálculos para se determinar a rentabilidade de produtos tendo em vista a determinação da métrica econômica do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC. Primeiramente (passo 1), são determinados o lucro unitário com base nos custos totais dos departamentos e o lucro unitário com base nos custos flexíveis e o lucro unitário com base nos custos comprometidos. Os custos de material direto são traçados diretamente para cada produto, enquanto que os custos indiretos dos departamentos são alocados através das taxas do custo da capacidade calculadas. No caso do produto X1, por exemplo, os custos indiretos alocados (totais, flexíveis e comprometidos) do Departamento de Montagem (em nível de unidade) são obtidos pela multiplicação das taxas dos custos totais, flexíveis e comprometidos da capacidade (R$ 0,19, R$ 0,05 e R$ 0,14 por minuto de montagem, respectivamente) pelo tempo que uma unidade do produto X1 consome do Departamento de Montagem (5 minutos), o que remete aos valores de R$ 0,963 (custos totais do departamento), de R$ 0,241 (custos flexíveis do departamento) e de R$ 0,722 (custos comprometidos do departamento). Procedimento similar é realizado para alocar, unitariamente, custos indiretos totais, flexíveis e comprometidos do Departamento de Pintura Eletrostática aos produtos manufaturados pela empresa ABC Ltda.

No caso do Departamento de Preparação de Equipamento (em nível de lote), tanto a taxa do custo total capacidade, como a do custo flexível e a do custo comprometido, são multiplicadas pelos minutos de *setup* requeridos para a produção de um lote de cada tipo de produto e divididas pelo tamanho (em unidades) do lote de produção

para determinar o custo unitário de *setup* de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de 120 minutos de mão-de-obra de preparadores de equipamento para produzir um lote de 1.000 unidades. Portanto, os custos indiretos totais, flexíveis e comprometidos do Departamento de Preparação de Equipamento a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R$ 0,04 [(R$ 0,33 por minuto de *setup* × 120 minutos) / 1.000 unidades], a R$ 0,01 [(R$ 0,08 por minuto de *setup* × 120 minutos) / 1.000 unidades] e a R$ 0,03 [(R$ 0,25 por minuto de *setup* × 120 minutos) / 1.000 unidades].

No caso do Departamento de Engenharia, com ocorrência em nível de produto, tanto a taxa do custo total da capacidade, como a do custo flexível e a do custo comprometido, são multiplicadas pelo tempo requerido dos engenheiros para o projeto/melhoria de cada tipo de produto e divididas pela demanda esperada de cada produto (em unidades) para determinar o custo unitário de engenharia de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de 48.000 minutos de engenharia no período e possui uma demanda de 400.000 unidades estimada para o período. Desta forma, os custos indiretos totais, flexíveis e comprometidos de engenharia a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R$ 0,057 [(R$ 0,93 por minuto × 48.000 minutos) ÷ 400.000 unidades], a R$ 0,014 [(R$ 0,12 por minuto × 60.000 minutos) ÷ 400.000 unidades] e a R$ 0,043 [(R$ 0,36 por minuto × 72.000 minutos) ÷ 400.000 unidades].

De posse dos custos diretos e dos custos unitários alocados dos departamentos, os gestores são possibilitados de realizar o cálculo do lucro unitário para cada tipo de produto com base do TDABC (passo 1), como mostra o quadro 40:

PASSO 1: CALCULAR LUCRO UNITÁRIO COM BASE NO TDABC									
	PRODUTO X1			PRODUTO X2			PRODUTO X3		
ITEM (POR UNIDADE)	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Custo com Material Direto unitário	R$ 31,000	R$ 31,000	-	R$ 38,000	R$ 38,000	-	R$ 44,000	R$ 44,000	-
(2) Custo de Montagem (em nível de unidade)	R$ 0,963	R$ 0,241	R$ 0,722	R$ 1,348	R$ 0,337	R$ 1,011	R$ 1,926	R$ 0,481	R$ 1,444
(3) Custo de Pintura (em nível de unidade)	R$ 0,630	R$ 0,157	R$ 0,472	R$ 1,259	R$ 0,315	R$ 0,944	R$ 1,259	R$ 0,315	R$ 0,944
(4) Custo de SETUP (em nível de lote)	R$ 0,040	R$ 0,010	R$ 0,030	R$ 0,062	R$ 0,015	R$ 0,046	R$ 0,099	R$ 0,025	R$ 0,074
(5) Custo de Engenharia (em nível de produto)	R$ 0,057	R$ 0,014	R$ 0,043	R$ 0,114	R$ 0,029	R$ 0,086	R$ 0,172	R$ 0,043	R$ 0,129
(6) Custo Unitário (TDABC) = (1) +(2) + (3) + (4) +(5)	R$ 32,689	R$ 31,422	R$ 1,267	R$ 40,784	R$ 38,696	R$ 2,088	R$ 47,456	R$ 44,864	R$ 2,592
(7) Preço de Venda	**R$ 35,00**			**R$ 45,00**			**R$ 50,00**		
Lucro Unitário = (7) - (6)	**R$ 2,311**	**R$ 3,578**	**R$ 33,733**	**R$ 4,216**	**R$ 6,304**	**R$ 42,912**	**R$ 2,544**	**R$ 5,136**	**R$ 47,408**

Quadro 40 - Cálculo do lucro unitário dos produtos com base no TDABC
Fonte: Elaborado pelo autor

Para se determinar a métrica de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC, os gestores passam estudar o processo produtivo da empresa com vistas à identificação do recurso ou departamento produtivo que representa limitação de capacidade (passo 2). Para tal, são confrontadas as estimativas de consumo anual de capacidade com a disponibilidade dos recursos produtivos em termos de capacidade de produção, como mostra o quadro 41:

PASSO 2: IDENTIFICAR RESTRIÇÃO									
		RECURSOS PRODUTIVOS SUJEITOS À LIMITAÇÃO DE CAPACIDADE (MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS)							
		MONTAGEM (minutos de MO)		PINTURA (minutos-máquina)		SETUP (minutos de MO)		ENGENHARIA (minutos de MO)	
PRODUTO	**DEMANDA**	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total
X1	400.000	5,00	2.000.000	0,500	200.000	0,120	48.000	-	48.000
X2	250.000	7,00	1.750.000	1,000	250.000	0,188	46.875	-	60.000
X3	200.000	10,00	2.000.000	1,000	200.000	0,300	60.000	-	72.000
SOMA DOS CONSUMOS REQUERIDOS		5.750.000		650.000		154.875		180.000	
CAPACIDADE DISPONIBILIZADA		7.011.000		517.760		263.250		182.400	
EXCESSO DE CAPACIDADE		1.261.000		-132.240		108.375		2.400	
RESTRIÇÃO ???		**NÃO**		**SIM**		**NÃO**		**NÃO**	

Quadro 41 – Identificação da restrição do processo produtivo da empresa ABC Ltda.
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 41, os gestores estimam que a capacidade de toda a planta produtiva da empresa ABC Ltda. para o ano em análise estará limitada à capacidade de produção disponibilizada pelo Departamento de Pintura Eletrostática (517.760 minutos-máquina). Desta forma, para se determinar a métrica econômica para decisão de *mix* de produtos, os gestores levam em consideração o tempo que cada produto consome dos equipamentos de pintura eletrostática, como mostra o quadro 42 (passo 3):

PASSO 3: DETERMINAR *MIX* ÓTIMO DE PRODUTOS ATRAVÉS DO MODELO SOB A ÓTICA DO TDABC			
MÉTRICA ECONÔMICA DE DECISÃO:	***Lucro Unitário (FLEXÍVEL) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante***		
	PRODUTO		
	X1	**X2**	**X3**
Lucro Unitário (flexível)	R$ 3,58	R$ 6,30	R$ 5,14
Consumo unitário da restrição (Minutos-máquina de Pintura por Unidade)	0,500	1,000	1,000
MEDP*i* = Lucro por Minuto-máquina (restrição)	**R$ 7,16**	**R$ 6,30**	**R$ 5,14**
Ranking	**1°**	**2°**	**3°**
Demanda (unidades)	400.000	250.000	200.000
Uso Total do Recurso Limitante (minutos)	200.000	250.000	200.000
Capacidade do Recurso Limitante (minutos)	517.760		
Realização de Produtos (unidades)	400.000	250.000	67.760
Uso Real do Recurso Limitante (minutos)	200.000	250.000	67.760
Capacidade Restante do Recurso Limitante (minutos)	317.760	67.760	0
***Mix* Ótimo de Produtos (unidades)**	**400.000**	**250.000**	**67.760**

Quadro 42 - Determinação do *mix* ótimo de produtos com base no modelo de decisão baseado no TDABC
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 19, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão ($MEDP_i^{TDABC}$) “Lucro Unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do Recurso Limitante” é o produto X1 (1º lugar no *ranking*). Convém observar que, para respeitar as premissas do modelo de decisão proposto sob a ótica do TDABC (semelhantes às do modelo ABC operacional proposto por Kee (2001)), apenas os custos indiretos flexíveis das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos e, consequentemente, no cálculo do lucro unitário. Com base no *ranking* de priorização e no algoritmo lógico proposto na seção anterior, a produção do produto X1 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos. Depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto X1, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X3 (3º lugar no *ranking*). Ao confrontarem a demanda do produto X1 (400.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (517.760 minutos-máquina de pintura), os gestores verificam que todas as 400.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas e que sobrariam 317.760 minutos-máquina de capacidade para pintar os demais produtos. Ao confrontarem a capacidade restante com a demanda esperada do produto posicionado em 2º lugar no *ranking* de prioridade (X2), os gestores constatam que todas as 450.000 unidades de X2 poderiam ser produzidas e que sobrariam 67.760 minutos-máquina de capacidade produtiva do Departamento de Pintura Eletrostática para processar os produtos do tipo X3. Desta forma, pela ótica do modelo TDABC proposto, o *mix* ótimo de produtos do próximo período seria composto por 400.000 produtos do tipo X1, 250.000 produtos do tipo X2 e 67.760 produtos do tipo X3.

De posse *mix* de produtos obtido pela aplicação modelo de decisão sob a ótica do TDABC, os gestores projetam o resultado econômico, em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre a renda, para o período em análise (passo 4). O quadro 43 mostra os resultados obtidos:

PASSO 4: DETERMINAR RESULTADO ECONÔMICO DO PERÍODO (UM ANO)			
		MODELO TDABC	
		Realização	Pr. Venda
	X1	400.000	R$ 35,00
	X2	250.000	R$ 45,00
	X3	67.760	R$ 50,00
(1)	RECEITA ESPERADA	R$ 28.638.000,00	

CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **UTILIZADOS**	
Custo Total de Material Direto (Flexível)	R$ 24.881.440,00
Custo de Montagem (Flexível)	R$ 213.138,64
Custo de Montagem (Comprometido)	R$ 639.415,92
Custo de Pintura (Flexível)	R$ 163.000,00
Custo Indireto de Pintura (Comprometido)	R$ 489.000,00
Custo de SETUP (Flexível)	R$ 9.518,20
Custo de SETUP (Comprometido)	R$ 28.554,59
Custo de Engenharia (Flexível)	R$ 21.463,82
Custo de Engenharia (Comprometido)	R$ 64.391,45
(2) TOTAL	R$ 26.509.922,61

(3) MARGEM BRUTA (RECURSOS UTILIZADOS) = (1) - (2)	R$ 2.128.077,39

CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS **NÃO UTILIZADOS**	
Custo Total de Material Direto (Flexível)	R$ 0,00
Custo de Montagem (Flexível)	R$ 124.361,36
Custo de Montagem (Comprometido)	R$ 373.084,08
Custo de Pintura (Flexível)	R$ 0,00
Custo Indireto de Pintura (Comprometido)	R$ 0,00
Custo de SETUP (Flexível)	R$ 12.231,80
Custo de SETUP (Comprometido)	R$ 36.695,41
Custo de Engenharia (Flexível)	R$ 286,18
Custo de Engenharia (Comprometido)	R$ 858,55
(4) TOTAL	R$ 547.517,39

(5)	CUSTOS **EVITÁVEIS** (FLEXÍVEIS)	R$ 136.879,35
(6)	**LUCRO LÍQUIDO = (3) - (4) + (5)**	**R$ 1.717.439,35**

Quadro 43 - Resultado econômico estimado para o próximo período com base no modelo TDABC
Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 43, a receita esperada é calculada pela multiplicação do *mix* de produtos pelos preços de venda dos produtos. Tanto os custos indiretos dos quatro departamentos, como também os custos de material direto, são calculados a partir da multiplicação da quantidade dos produtos constantes no *mix* pelos custos unitários (flexíveis e comprometidos) dos departamentos e pelos custos unitários de material direto exibidos no quadro 27. A soma desses custos representa os gastos que a empresa incorrerá com os recursos a serem efetivamente utilizados na produção do *mix* de produtos definido pelo modelo de decisão proposto.

No tocante aos custos dos recursos não utilizados na produção, apenas os custos comprometidos (determinados matematicamente pela multiplicação da capacidade

não utilizada dos departamentos pela taxa do custo comprometido da capacidade de cada departamento) são efetivamente confrontados com as receitas, representando gastos para a empresa. Já os custos flexíveis de recursos não utilizados não representam gastos para a empresa, pois podem ser evitados. Como exemplo, pode ser citado o Departamento de Montagem que é dotado de uma capacidade de 7.011.000 minutos e que representa um custo de comportamento comprometido de R$ 1.012.500,00 para a empresa no período em análise. O *mix* de produtos definido sob a ótica do TDABC consome apenas 4.427.700 minutos do Departamento de Montagem, o que acarreta uma capacidade de montagem não utilizada de 2.583.400 minutos. Como a taxa do custo comprometido da capacidade do Departamento de Montagem equivale a R$ 0,14, então o custo da capacidade não utilizada deste departamento seria igual a R$ 373.084,08. Por outro lado, como a taxa do custo flexível da capacidade do Departamento de Montagem equivale a R$ 0,05, então o custo da capacidade não utilizada deste departamento que pode ser evitado seria igual a R$ 124.361,36.

Já o Departamento de Preparação de Equipamento/*SETUP*, dotado de uma capacidade de 263.250 minutos (com custos flexíveis e comprometidos), é requerida por apenas 115.203 minutos pelos produtos X1, X2 e X3 do *mix* do modelo TDABC, o que acarreta em uma capacidade não utilizada de 148.947 minutos de *setup*. Como a taxa do custo comprometido da capacidade desse departamento é igual a R$ 0,25 por minuto de *setup*, então o custo de recursos não utilizados do Departamento de Preparação de Equipamento é de R$ 36.695,41. Os custos indiretos referentes à capacidade não utilizada do departamento com comportamento flexível não representam gastos para a empresa, ou seja, são custos evitáveis. No caso do Departamento de Preparação de Equipamento, os custos flexíveis evitáveis são valorados em R$ 12.231,80, valor esse obtido pela multiplicação da taxa do custo flexível da capacidade (R$ 0,08 por minuto de *setup*) pelo número de minutos de *setup* não utilizadas não produção das 400.000 unidades de X1, das 250.000 unidades de X2 e das 67.670 unidades de X3 (3.900 minutos de *setup*).

Os custos dos recursos não utilizados dos Departamentos de Pintura Eletrostática e de Engenharia são computados de maneira similar, considerando as premissas do modelo de decisão fundamentando no TDABC. Desta forma, os custos dos recursos

não utilizados (comprometidos) de cada departamento são subtraídos da “margem bruta” (receita de vendas menos custos dos recursos utilizados na produção) para se obter o “lucro líquido” estimado para o período em análise.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos com a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a ótica do TDABC é realizada em relação aos seguintes aspectos: (i) visualização do consumo dos recursos da organização; (ii) visualização dos custos incrementais; (iii) temporalidade; (iv) facilidade de implantação; (v) flexibilidade / facilidade de manutenção.

Analisando a solução sob a égide do aspecto (i), pode-se concluir que o modelo de decisão proposto, ao demandar a divisão dos custos das atividades/departamentos em flexíveis e comprometidos, possibilitou que fossem visualizados os recursos não utilizados na produção que podem ser evitados e a capacidade ociosa que efetivamente representa gastos para a empresa (recursos não utilizados com custos comprometidos). Dessa forma, os gestores municiaram-se com informações que podem auxiliar a gestão da capacidade produtiva da empresa em períodos futuros.

Na perspectiva do aspecto (ii), pode-se concluir que o modelo baseado no TDABC, ao considerar apenas os custos flexíveis no cálculo do lucro unitário (quanto maior o lucro, melhor) e o consumo de recurso com restrição de capacidade (quanto menor o consumo, melhor), conseguiu refletir o real valor incremental que uma unidade produzida e vendida de um produto gerou à empresa para esta abater os custos fixos (comprometidos) e obter lucro. A não inserção de custos indiretos comprometidos no cálculo do numerador da métrica de decisão do modelo proposto (lucro unitário), mesmo considerando o consumo de recurso limitante, visou evitar o “mascaramento” no cálculo do lucro unitário no tocante ao real valor incremental que cada produto pôde gerar à empresa.

Analisado pelo aspecto (iii), o modelo proposto sob a ótica do TDABC para decisões de *mix* de produtos no curto prazo (no exemplo didático, um ano) está alinhado

conceitualmente tanto com as proposições do ABC, como também com as do TDABC, por estes serem modelos adequados para decisões de alocação de recursos no longo prazo, pois consideram que a capacidade produtiva pode ser ajustada para melhor atender a demanda em períodos futuros.

Analisa-se positivamente o modelo proposto de decisão de *mix* de produtos pela perspectiva dos aspectos de análise (iv) e (v) por este ser quantitativamente alicerçado pelo método de custeio TDABC, considerado na literatura como de simples implantação e manutenção quando comparado, por exemplo, ao método de custeio ABC.

No tocante ao aspecto (iv), o exemplo didático revelou que, ao se valer de informações proporcionadas pelo método de custeio TDABC, o modelo proposto para decisão de *mix* de produtos alocou os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, evitando o estágio monótono e propenso a erros de alocar anteriormente os custos de recursos às atividades (ex: realização de entrevistas para se determinar a dedicação de cada funcionário às diversas atividades da empresa, como prevê o ABC). Para tal, dois parâmetros sugeridos pela literatura de TDABC foram mensurados: a taxa do custo da capacidade para o departamento e o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento sendo ambos os parâmetros estimados de forma direta.

O numerador da expressão matemática que determinou a taxas do custo da capacidade de cada departamento (custos anuais estimados) foi obtido pela simples consulta aos lançamentos contábeis da empresa e por procedimentos simplificados de cálculo (ex: custo de ocupação). Já o denominador da expressão matemática não disse respeito à capacidade nominal dos recursos e dos departamentos, mas sim à capacidade prática que levou em consideração todas as paradas no processo produtivo e nos departamentos de apoio estimadas para o período analisado. Convém ressaltar que a aplicação do OEE de forma conjunta ao TDABC na mensuração da capacidade prática do Departamento de Pintura Eletrostática (intensivo em capital / equipamentos) mostrou-se útil e fácil de ser trabalhada. O exemplo didático revelou, ainda, que o levantamento dos tempos de dedicação de cada departamento às diversas atividades e produtos da empresa em termos de recursos (mão-de-obra/*overhead*), demandou a condução de entrevistas e de mensurações *in loco* no processo produtivo. Essas ações para coleta de

informações revelam a facilidade de implantação que caracteriza o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a ótica do TDABC.

A análise do aspecto (v) fundamenta-se na adoção das equações de tempo do TDABC no modelo de decisão de *mix* de produtos. Ao se utilizar as equações de tempo, o modelo de decisão de *mix* de produtos flexibiliza-se para lidar com variações de processos, de atividades e de produtos. Apesar desse aspecto não ter sido explicitamente explorado no exemplo didático, pode-se observar que a equação de tempo construída para os departamentos produtivos pode ser facilmente manipulada (adição e subtração de termos) para lidar com mudanças nas operações da empresa, ou seja, com a complexidade que ambiente empresarial possa apresentar (ex: combinações e customizações de produtos/serviços que exijam usos idiossincráticos de recursos e da capacidade dos departamentos). Por exemplo, caso o modelo inicial da empresa ABC Ltda. tenha omitido algumas variações importantes do processo produtivo, então os gestores podem acrescentar novos termos à equação de tempo para refletir a necessidade de aumento da capacidade de recursos (em geral, tempo) para atender a essa alteração não considerada no início. Desta forma, pode-se concluir que o modelo proposto é dotado de facilidade de manutenção justamente por incorporar a flexibilidade inerente ao TDABC.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foi proposto e detalhado um modelo quantitativo para decisão de *mix* de produtos a ser aproveitado, principalmente, por empresas de manufatura com limitações de capacidade produtiva. O modelo de decisão incorporou premissas do TDABC e do modelo “ABC Operacional” desenvolvido por Kee (2001), além de fazer o uso da técnica OEE para mensuração de capacidade produtiva de departamentos intensivos em capital. Este capítulo apresentou, ainda, uma aplicação detalhada do modelo proposto a partir de um exemplo didático. A finalidade desta aplicação foi tornar mais clara a utilização do modelo proposto sob a ótica do TDABC na decisão de *mix* de produtos. Apesar de o modelo exigir informações sobre todo o processo produtivo e sobre o mercado de atuação da empresa, os resultados obtidos

forneceram importantes subsídios para a tomada de decisão de *mix* de produtos por parte dos gestores.

No próximo capítulo, são apresentadas e discutidas as conclusões e limitações do estudo, além de postas recomendações para a realização de pesquisas futuras sobre o tema da corrente dissertação.

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A primeira contribuição desta pesquisa ao campo de conhecimento em Gestão de Produção e Operações consistiu na caracterização das publicações acadêmicas sobre o tema “decisão de *mix* de produtos” constantes em periódicos internacionais no tocante aos países nos quais os estudos foram originados, aos principais canais de publicação dos trabalhos, aos tipos de pesquisa utilizados e aos destaques em termos de autores e de publicações mais citados. Entende-se que essa caracterização resultante da Análise Bibliométrica pode facilitar a realização de pesquisas futuras sobre decisão de *mix* de produtos. Assim, conseguiu-se cumprir o objetivo secundário (2) da pesquisa.

Uma segunda contribuição oferecida às pesquisas em Gestão de Produção e Operações, especialmente na perspectiva de planejamento, foi oferecida pela dissertação na medida em que se posicionou teoricamente e se analisou criticamente as publicações acadêmicas sobre decisão de *mix* de produtos. Ao se apresentar e discutir a decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva de diferentes métodos de custeio a partir de um estudo de caso didático, conseguiu-se ilustrar numericamente como os diferentes modelos de decisão de *mix* de produtos impactam no resultado econômico da empresa (em termos de lucro líquido). Desta forma, conseguiu-se atingir ao objetivo secundário (3) da pesquisa. Mesmo não sendo explicitada como um objetivo da pesquisa, entende-se que a Pesquisa Bibliográfica realizada sobre os métodos de custeio trouxe uma síntese consolidada da pesquisa sobre o assunto que pode facilitar e direcionar a condução de estudos futuros, por exemplo, no campo acadêmico da Contabilidade Gerencial.

A terceira e principal contribuição da dissertação residiu na apresentação de como o Custeio Baseado em Atividades e Tempo, método de custeio recentemente lançado na literatura, pode ser trabalhado na formulação de um modelo para decisão de *mix* de produtos. O modelo proposto levou em consideração informações sobre demanda, capacidade produtiva, preços de venda e custos inerentes ao processo produtivo, tendo sua aplicação ilustrada a partir de um exemplo didático. Além disso,

a aplicação do OEE de forma conjunta ao TDABC na mensuração da capacidade prática de departamentos intensivos em capital/equipamentos mostrou-se útil.

No exemplo didático utilizado para ilustrar a aplicação do modelo proposto, pôde-se observar que o conhecimento detalhado da estrutura de custos da empresa verificou-se imprescindível para a determinação dos produtos que mais contribuíam para a maximização do resultado econômico da empresa, além de servir como uma base confiável para a tomada de decisão gerencial. Para um determinado período, foi verificado que a empresa iria se deparar com uma situação em que a demanda por seus produtos seria maior que a capacidade de fornecimento. Este fato decorreu da existência de um recurso / departamento que limitava a capacidade de produção de todo o processo fabril da empresa. Com isso, fez-se necessário decidir quais produtos seriam mais interessantes para a empresa de serem fabricados e vendidos, pois esta se verificava impossibilitada de fornecer, no período de demanda sobreposta, todos os produtos nas quantidades desejadas pelo mercado. Para tal, não só lucro unitário baseado no TDABC e no modelo ABC operacional foram adotados como critério econômico de decisão de *mix* de produtos, mas também o consumo unitário do recurso limitante do processo produtivo.

Como ponto forte desta pesquisa, pode-se destacar a simplicidade da aplicação do TDABC na decisão de *mix* de produtos. Outro ponto a destacar relaciona-se com o fato de a pesquisa ter feito o uso de variados conceitos e técnicas que podem ser aproveitados em outras situações. Ressalta-se, ainda, que a análise gerencial integrada dos custos (flexíveis e comprometidos) e da capacidade produtiva (utilizada, ociosa e evitável) constituiu-se como um diferencial positivo deste trabalho, pois o material bibliográfico existente relacionado com esta integração ainda se verifica restrito no âmbito da decisão de *mix* de produtos. Como aspecto positivo final, pode ser destacado a transcorrência desta pesquisa em vários aspectos relacionados ao processo industrial, importante ambiente de atuação profissional do Engenheiro de Produção.

Dentre as limitações do trabalho, primeiramente coloca-se a pouca análise realizada em relação aos fatores externos (mercado consumidor e concorrência) que influenciam o negócio. Como segunda limitação do estudo, destaca-se a falta de análise no tocante a aspectos de qualidade dos produtos no contexto de decisão de *mix* de produtos em ambientes com limitação de capacidade produtiva. A qualidade

(aqui referida em termos de diferenciação de produto) pode fazer com que preço cobrado eleve-se e com que o *gap* entre a demanda e a necessidade de produção seja diminuído. Essas limitações permitem afirmar o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto não deve ser utilizado sozinho, mas em conjunto com outras ferramentas e informações, tendo em vista o pleno conhecimento das condições dos clientes e dos concorrentes da empresa em análise. Destaca-se, ainda, que um acompanhamento contínuo dos gastos deve ser realizado pelos gestores para que ações corretivas imediatas possam ser tomadas no momento em que ocorrerem variações acentuadas. Fazer essa análise dos gastos requer disciplina e determinação, além de demandar amplo esforço, porém, proporciona resultados imediatos que ajudam a empresa a tomar decisões de *mix* de produtos mais precisas.

A terceira limitação do estudo diz respeito à consideração de apenas medidas econômico-financeiras (ex: lucro líquido) na decisão de *mix* de produtos. Tal como apontam Lea e Fredendall (2002) e Chung *et al*. (2008), medidas de desempenho não-financeiras também poderiam ser consideradas na decisão de *mix* de produtos, tais como volume de estoque no processo (*work-in-process*), nível de serviço ao cliente (ex: desempenho em pontualidade de entrega e qualidade do produto) e flexibilidade do processo produtivo. Desta forma, futuras pesquisas poderiam aplicar o TDABC na decisão de *mix* de produtos com a consideração de variáveis de decisão “além-financeiras”.

Como quarta limitação do estudo, tem-se o fato de a dissertação lidar com exemplos em que há informações perfeitas e dadas deterministicamente. Essa suposição não reflete ambientes de manufatura que são dotados de rápidas mudanças nos gargalos e nos tempos de processamento de produtos. Apesar de esta suposição ser compartilhada por grande parte da literatura sobre decisão de *mix* de produtos, é evidente a necessidade de mais pesquisas sobre situações que envolvam informações não perfeitas e não determinísticas.

Como quinta limitação, tem-se a consideração de que a demanda dos produtos podem ser previstas individualmente. Esta suposição não é totalmente válida, por exemplo, para ambientes de manufatura de semicondutores, conforme apontam Chung *et al.* (2008). Desta forma, para futuras pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos que envolvam companhias cujos produtos possuam dificuldades de terem

as suas demandas previstas individualmente, sugere-se o uso de famílias de produtos como unidade de análise.

Apesar de a utilização de exemplos didático-ilustrativos ser recorrente nas pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos, conforme Kee e Schimdt (2000), os resultados da corrente dissertação devem ser objeto de análises mais rigorosas com vistas à generalização. Desta forma, outras abordagens metodológicas tais como o Estudo de Caso e a Pesquisa-Ação (para mais detalhes consultar, respectivamente, Yin (2005) e Thiollent (2008)) poderiam ser empregadas para avaliar a decisão de *mix* de produtos sob a égide do TDABC em ambientes reais de manufatura de forma tal que o modelo e os resultados obtidos nesta dissertação sejam confirmados, aprimorados ou até mesmo refutados.

Além disso, considera-se que o TDABC, por ser uma metodologia recentemente lançada na literatura, deve passar por mais análises acadêmicas para que a sua "superioridade" em relação aos outros métodos de custeio, em especial ao ABC, possa ser confirmada ou refutada. Por fim, idealiza-se que esta pesquisa contribua como referencial teórico para pesquisas futuras sobre decisão de *mix* de produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-OMIRI. M.; DRURY, C. A survey of factors influencing the choice of product costing systems in UK organizations, Management Accounting Research, v.18, n.4, p. 399-424, 2007

ASSEF, R. Gerência de Preços como Ferramenta de Marketing. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2005

ATKINSON, A. A.; BANKER, R. D.; KAPLAN, R. S.; YOUNG, S. M. Contabilidade Gerencial. São Paulo: Atlas, 2000

BAHL, H. C.; TAJ, S.; CORCORAN, W. Linear-programming model formulation for optimal product-mix decisions in material-requirements-planning environments. International Journal of Production Research, v. 29, n. 5, p. 1025-1034, 1991

BAKKE, N. A.; HELLBERG, R. Relevance lost; A critical discussion of different cost accounting principles in connection with decision making for both short and long term production scheduling. International Journal of Production Economics, v. 24, n. 1-2, p. 1-18, 1991

BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. Theory of Constraints and linear programming; a re-examination. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1459-1463, 2000

BALAKRISHNAN, J. Using theory of constraints in teaching LP and vice versa; advantages and caveats. Production and Inventory Management Journal, v. 40, n. 2, p. 11-16, 1999

BALAKRISHNAN, R.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Is assigning capacity costs to individual products necessary for capacity planning? Accounting Horizons, v. 10, n. 3, p. 1-11, 1997

BAYOU, M. E.; REINSTEIN, A. Analyzing the product-mix decision by using a fuzzy hierarchical model. Managerial Finance, v. 31, n. 3, p. 35-48, 2005

BEGED-DOV, A. G. Determination of optimal product mix by marginal analysis. International Journal of Production Research, v. 21, n. 6, p. 909-918, 1983

BERLINER, C.; BRIMSON, J. A. Cost management for today's advanced manufacturing: the CAM-I conceptual design. Boston: Harvard Business School Press, 1988. *In*. JONES, T. C.; D. DUGDALE. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. Accounting, Organizations and Society , v. 27, n. 1-2, p. 121-163, 2002

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1999

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A Produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000

BERTRAND, J. W.; FRANSOO, J. C. Operations Management Research Methodologies using quantitative modeling, International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. European Journal of Operational Research, v. 177, n. 1, p. 55-70, 2007

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P.; SARKAR, B.; MUKHERJEE, S. K. A fully fuzzified, intelligent theory-of-constraints product-mix decision. International Journal of Production Research, v. 46, n. 3, p. 789-815, 2008

BLACKSTONE JR., J. H. Theory of constraints - a status report. International Journal of Production Research, v. 39, n. 6, p. 1053-1080, 2001

BOYD; COX III, J. F. Optimal decision making using cost accounting information. International Journal of Production Research, v. 40, n. 8, p.1879-1898, 2002

BRUNI, A. L. Administração de custos, preços e lucros. São Paulo: Atlas, 2006

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. Gestão de custos e formação de preços. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004

BYRD JR., J.; MOORE, L. T. The Application of a product mix linear programming model in corporate policy making. Management Science, v. 24, n. 13, p. 1342-1350, 1978

CAM-I. Activity-accounting project guide, 1900. *In.* MAJOR, M. (2007). Activity-based costing and canagement. A critical review. *In*. HOPPER, T.; SCAPENS, R.; NORTHCOTT, D., eds. Issues in management accounting research. 3rd Edition. London: Prentice-Hall, p.155-174

CARDOSO, R. L.; MENDONÇA NETO, O. R.; RICCIO, E. L.; SAKATA, M.C. G. Pesquisa científica em contabilidade entre 1990 e 2003. Revista de Administração de Empresas – RAE, v. 45, n. 2, p. 34-45, 2005

CASTRO, C. M. Ciência e universidade. Rio de Janeiro: Zahar, 1997

CHANDER, P.; LERUTH, L. The optimal product mix for a monopolist in the presence of congestion effects. A model and some results. International Journal of Industrial Organization, v. 7, n. 4, p. 437-449, 1989

CHUNG, S.-H., LEE, A.H.-I., KANG, H.-Y., LAI, C.-W. A DEA window analysis on the product family mix selection for a semiconductor fabricator. Expert Systems with Applications, v. 35, n. 1-2, p. 379-388, 2008

CHUNG, S.-H.; LEE, A. H.; PEARN, W. L. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. International Journal of Production Economics, v. 96, n. 1, p. 15-36, 2005a

CHUNG, S.-H.; LEE, A.H.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 25, n. 11-12, p. 1144-1156, 2005b

COGAN, S. Contabilidade Gerencial: uma abordagem da teoria das restrições. São Paulo: Saraiva, 2007

COMAN, A.; RONEN, B. Production outsourcing; a linear programming model for the Theory-Of-Constraints. International Journal of Production Research, v. 38, n. 7, p. 1631-1639, 2000

COOPER, R.; KAPLAN, R. How cost accounting distorts product costs. Management Accounting, v. 69, n. 10, p. 20-27, 1988

COOPER, R.; KAPLAN, R. Measure costs right: make the right decision. CPA Journal, February, p. 38-45, 1990

CORBETT NETO, T. Contabilidade de Ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 1997

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. Planejamento, programação e controle da produção MRP e II/ERP. São Paulo: Atlas, 2001

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

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n. 2, p. 220-240

COX, J.; SPENCER, M. S. The Constraints Management Handbook. New York: St. Lucie Press, 1998

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall Equipment Effectiveness as a Measure or Operational Improvement: a practical analysis. International Journal of Operations and Production Management. v. 20, n. 12, p. 1488-1502, 2000.

DEMMY, S.; TALBOTT, J. Improve internal reporting with ABC and TOC. Management Accounting, v. 80, n. 5, p. 18-24, 1998

FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. International Journal of Operations and Production Management, v. 17, n. 7, p. 655-70, 1997

FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1465-1466, 2000

FONSECA, E. N. Bibliometria – Teoria e Prática. São Paulo: Cultrix, 1986

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective, International Journal of. Operations and Production Management, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002

FOSTER, B. P.; BAXENDALE, S. J. The absorption vs. direct costing debate. Cost Management, v. 22, n. 4, p. 40-48, 2008

FREDENDALL, L. D.; LEA, B. R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 35, n. 6, p. 1535-1544, 1997

GABSZEWICZ, J.; SHAKED, A.; SUTTON, J.; THISSE, J. Segmenting the market: The monopolist's optimal product mix. Journal of Economic Theory, v. 39, n. 2, p. 273-289, 1986

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J.; LAMB, R. Decisões de investimentos da empresa. São Paulo: Atlas, 1999

GARRISON, R. H.; NOREEN, E. W.; BREWER, P. C. Managerial Accounting. 11th ed. New York: McGraw Hill, 2006

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002

GOLDRATT, E. M. The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean. North River Press, Croton-on-Hudson, NY, 1990a

GOLDRATT, E. M. What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented? New York: North Press, 1990b

GOLDRATT, E. M.; COX, J. The goal: a process of ongoing improvement. Croton-on-Hudson: North River Press, 1984

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. The Race. Croton-on-Hudson: North River Press, 1986.

GRINNELL, D. J. Product mix decisions: direct costing vs. absorption costing. Management Accounting, v. 58, n. 2, p. 36, 1976

GUERREIRO, R. Gestão do Lucro. São Paulo: Atlas, 2006

HAKA, S.; JACOBS, F.; MARSHALL, R. Fixed cost allocation and the constrained product mix decision. Advances in Accounting, v. 19, pp. 71-88, 2002

HALL, R.; GALAMBOS, N. P.; KARLSSON, M. Constraint-based profitability analysis: stepping beyond the theory of constraints. Journal of Cost Management, v. 11, n. 4, p. 6-10, 1997

HASUIKE, T.; ISHII, H. On flexible product-mix decision problems under randomness and fuzziness. Omega, v. 37, n. 4, p. 770-787, 2009a

HASUIKE, T.; ISHII, H. Product mix problems considering several probabilistic conditions and flexibility of constraints. Computers and Industrial Engineering, v. 56, n. 3, p. 918-936, 2009b

HODGES, S. D.; MOORE, P. G. The product-mix problem under stochastic seasonal demand. Management Science, v. 17, n. 2, p.107-114, 1970

HORNGREN, C. T.; FOSTER, G.; DATAR, S. Contabilidade de custos. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000

HSU, T.-C., CHUNG, S.-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. Production Planning and Control, v. 9, n. 1, p. 36-46, 1998

INNES, J.; MITCHELL, F.; YOSHIKAWA, T. Activity costing for engineers. Taunton: Research Studies Press Ltd, 1994

JONES, T. C.; DUGDALE, D. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. Accounting, Organizations and Society, v. 27, n. 1-2, p. 121-163, 2002

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Custeio baseado em atividades e tempo. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2007a

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. The innovation of time-driven activity-based costing. Cost Management, v. 21, n. 2, p. 5-15, 2007b

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing. Harvard Business Review, v. 82, n.11, p.131-138, 2004

KAPLAN, R. S; COOPER, R. Custo e Desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo. São Paulo: Futura, 1998

KASILINGAM, R. G. Product mix determination in the presence of alternate process plans and stochastic demand. Computers and Industrial Engineering, v. 29, n. 1-4, p. 249-253, 1992

KEE, R. Evaluating the economics of short- and long-run production-related. Journal of Managerial Issues, v. 13, n. 2, p. 139-158, 2001

KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. Accounting Horizons, v. 9, n. 4, p. 48-61, 1995

KEE, R. The sufficiency of product and variable costs for production-related decisions when economies of scope are present. International Journal of Production Economics, v. 114, n. 2, p. 682-696, 2008

KEE, R; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. International Journal of Production Economics, v. 63, n. 1, p. 1-17, 2000

KNOLMAYER, G. A simulation study of some simplification strategies in the development of product-mix models. European Journal of Operational Research, v. 12, n. 4, p. 339-347, 1983

KNOLMAYER, G. Computational experiments in the formulation of linear product-mix and non-convex production-investment models. Computers and Operations Research, v. 9, n. 3, p. 207-219, 1982

KÖKSAL, G. Selecting quality improvement projects and product mix together in manufacturing: An improvement of a theory of constraints-based approach by incorporating quality loss. International Journal of Production Research, v. 42, n. 23, p. 5009-5029, 2004

KOTLER, P. Marketing Management: Analysis, Planning, and Control. New Jersey: Prentice-Hall, 1984

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. Operations management: strategy and analysis. 5th ed. New York: Addison-Wesley, 1999.

LEA, B.-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. International Journal of Production Economics, v. 79, n. 3, p. 279-299, 2002

LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 3, p. 51-57, 1993

LEE, T., PLENERT, G. Maximizing product mix profitability - What's the best analysis tool. Production Planning and Control, v. 7, n. 6, p. 547-553, 1996

LEONE, G. G. Custos: um enfoque administrativo. 13ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2000

LETMATHE, P.; BALAKRISHNAN, N. Environmental considerations on the optimal product mix. European Journal of Operational Research, v. 167, n. 2, p. 398-412, 2005

LINHARES, A. Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product mix decision. International Journal of Production Economics, 2009 (*in press*)

LOCKHART, J.; TAYLOR, A. Enviromental considerations in product mix decisions using ABC and TOC. Management Accounting Quarterly, v. 9, n. 1, p. 13-21, 2007

LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. International Journal of Production Research, v. 30, n. 6, p. 1471-1478, 1992

MABIN, V. J. Toward a greater understanding of linear programming, theory of constraints, and the product mix problem. Production and Inventory Management Journal, v. 42, n. 3-4, p. 52-54, 2001

MABIN, V. J.; DAVIES, J. Framework for understanding the complementary nature of TOC frames: Insights from the product mix dilemma. International Journal of Production Research, v. 41, n. 4, p. 661-680, 2003

MADAY, C. J. Proper use of constraint management. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 84, 1994

MAJOR, M. Activity-based costing and management. A critical review. *In*. HOPPER, T.; SCAPENS, R.; NORTHCOTT, D., eds. - Issues in management accounting research. 3rd Edition. London: Prentice-Hall, p. 155-174, 2007

MALIK, S. A.; SULLIVAN, W. G. Impact of ABC information on product mix and costing decisions. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 42, n. 2, p. 171-176, 1995

MANZO, A. J. Manual para la preparación de monografía. Buenos Aires: Ed. Humanitas, 1971

MARTINS, E. Contabilidade de Custos. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2006

MISHRA, N.; PRAKASH, M. K.; SHANKAR, R.; CHAN, F.T. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. Expert Systems with Applications, v. 29, n. 2, p. 446-454, 2005

MOREL, R. L.: MOREL, C. M. Um estudo sobre a produção científica brasileira, segundo os dados do Institute for Scientific Information (ISI). Ciência da Informação, v. 6, n. 2, p. 99-109, 1977

NAKAGAWA, M. ABC: custeio baseado em atividades. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2001

NAKANO. D. N. Métodos de pesquisa aplicados à engenharia de produção. *In*: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008

NÉLO, A. M. 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 (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. A Teoria das Restrições e suas Implicações na Contabilidade Gerencial. São Paulo: Educator, 1996

ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. International Journal of Production Research, v. 39, n. 10, p. 2065-2076, 2001

ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. A genetic algorithm approach to the theory of constraints product mix problems. Production Planning and Control, v. 12, n. 1, p. 21-27, 2001a

ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms. International Journal of Production Research, v. 39, n. 9, p. 1897-1910, 2001b

PADOVEZE, C. L. Curso Básico Gerencial de Custos. 2ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006

PAMPLONA, E. O. Contribuição para a análise crítica do sistema de custos ABC através da avaliação de direcionadores de custos. São Paulo. Tese de Doutorado em Administração. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 1997, 200 p

PATTERSON, M. C. The Product-Mix Decision: A Comparison of Theory of Constraints and Labor-Based Management Accounting. Production and Inventory Management Journal, v. 33, n. 3; p. 80-85, 1992

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

POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 85-86, 1994

PROQUEST®. Pesquisa Avançada. Disponível em: <http://proquest.umi.com/login>. Acesso em: 31 de dezembro de 2009

REEVES, G. R. Inventory decisions in product-mix models. Omega, v. 4, n. 3, p. 339-340, 1976

REEVES, G. R.; SWEIGART, J. R. Product-Mix Models When Learning Effects Are Present. Management Science, v. 27, n. 2, p. 204-212, 1981

ROUSSEAU, R. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições científicas. Ciência da Informação, Brasília, v. 27, n. 2, p. 149-158, 1998

RUIZ, J. A. Metodologia Científica: guia para eficiência nos estudos. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002

SÁ, A. L.; SÁ, A. M. L. Dicionário de contabilidade. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 1995

SALVADOR, A. D. Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica. Porto Alegre: Sulina, 1978

SARAIVA JR. A. F. Determinação do mix de produção e vendas com a utilização do método de simulação de Monte Carlo e da margem de contribuição com a exploração do recurso com restrição de capacidade. 91 p. Monografa (Graduação) – Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007

SARAIVA JR., A. F.; RODRIGUES, M. V.; COSTA, R. P. Seleção do mix de produtos utilizando a simulação Monte Carlo e a teoria das restrições. *In*: IV Congreso de Costos del Mercosur, Montevideo - Uruguay, 2008,.

SARAIVA JR., A. F.; RODRIGUES, M. V.; SAMPAIO, A. F. Determinação de um critério de priorização do mix de produção e venda a partir da aplicação da teoria das restrições. Revista da FA7, v. 5, n.2, 2007

SCOPUS®. Basic Search. Disponível em: <http://www.scopus.com/home.url>. Acesso em: 31 de dezembro de 2009

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação, 2005. Disponível em: <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Metodologia-da-pesquisa-e-elaboracao-de-dissertacao>. Acesso em: 04 de outubro de 2009.

SINGH, R. K.; PRAKASH, K. S.; TIWARI, M. K. Psycho-clonal based approach to solve a TOC product mix decision problem. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 29, n. 11-12, p. 1194-1202, 2006

SINISGALLI, E. S. L.; URBINA, L. M. S.; ALVES, J. M. O custeio ABC e a contabilidade de ganhos na definição do mix de produção de uma metalúrgica. Produção, v. 19, n. 2, p. 332-344, 2009

SOUREN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. International Journal of Production Research, v. 43, n. 2, p. 361–374, 2005

SOUTH, J. B.; OLIVER, J. E. A value-added approach to product mix decisions. Industrial Marketing Management, v. 21, n. 2, p. 167-171, 1992

SPINAK, E. Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría y informetría. Montevideo, 1996

SPOEDE, C.; HENKE, E. O.; UMBLE, M. Using activity analysis to locate profitability drivers. Management Accounting, v. 75, n. 11, p. 43-48, 1994

STEIN, R. E. The Theory of Constraints: applications in quality and manufacturing. 2nd ed. Marcel Dekker, 1997

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-Ação. 16ª ed. São Paulo: Cortez, 2008

TRUJILLO, F. A. Metodologia da pesquisa científica. São Paulo: McGraw-Hill, 1982

TSAI, W.-H. A technical note on using work sampling to estimate the effort on activities under activity-based costing. Internationl Journal of Production Economics, v. 43, n.1, p. 11-6, 1996

TSAI, W.-H.; LAI, C.-W.; TSENG, L. J.; CHOU, W. C. Embedding management discretionary power into an ABC model for a joint products mix decision. International Journal of Production Economics, v. 115, n. 1, p. 210-220, 2008

TSAI, W.-H.; LAI, C-W. Outsourcing or capacity expansions; Application of activity-based costing model on joint products decisions. Computers & Operations Research, v. 34, n. 12, p. 3666-3681, 2007

TSAI, W.-H.; LAI, C-W.; CHANG, J. C. An algorithm for optimizing joint products decision based on the Theory of Constraints. International Journal of Production Research, v. 45, n. 15, p. 3421-3437, 2007

TURNEY, P. B. Common cents: the ABC performance breakthrough - how to succeed with Activity-Based Costing. Hillsboro: Cost Technology, 1991

UMBLE, M. M.; SRIKANTH, M. L. Synchronous manufacturing. Cincinnati: South-Western Publishing CO, 1990

VASANT, P.; BARSOUM, N. N. Fuzzy optimization of units products in mix-product selection problem using fuzzy linear programming approach. Soft Computing, v. 10, n. 2, p. 144-151, 2006

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case Research in operations management. International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002

WANG, F. K.; DU, T.; WEN, F. C. Product mix in the TFT-LCD industry. Production Planning and Control, v. 18, n. 7, p. 584-591, 2007

WANG, J. Q.; SUN, S. D.; SI, S. B.; YANG, H. A. Theory of constraints product mix optimisation based on immune algorithm. International Journal of Production Research, v. 47, n. 16, p. 4521-4543, 2009

WEB OF SCIENCE®. Search. Disponível em: <http://apps.isiknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?highlighted_tab=WOS&product=WOS&last_prod=WOS&SID=Z2g5md5njBMhnHG9m5f&search_mode=GeneralSearch>. Acesso em: 31 de dezembro de 2009

WU, M.-C.; CHANG, W.-J.; CHIOU, C.-W. Product-mix decision in a mixed-yield wafer fabrication scenario. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 29, n. 7-8, p. 746-752, 2006

YAHYA-ZADEH, M. Product-mix decisions under activity-based costing with resource constraints and non-proportional activity costs. Journal of Applied Business Research, v. 14, n. 4; p. 39-45, 1998

YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e método. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005

APÊNDICE A - PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS RESULTANTES DA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Nº	PUBLICAÇÃO	ANO
1	LINHARES, A. Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product mix decision. International Journal of Production Economics (*in press*)	2009
2	HASUIKE, T.; ISHII, H. On flexible product-mix decision problems under randomness and fuzziness. Omega, v. 37, n. 4, p. 770-787	2009
3	HASUIKE, T., ISHII, H. Product mix problems considering several probabilistic conditions and flexibility of constraints. Computers and Industrial Engineering, v. 56, n. 3, p. 918-936	2009
4	SRIDHARAN, V. G.; KRISHNAN, R.; VERGAUWEN, P.; ARTHANARI, T. The TOC-ABC Choice Debate for Product Mix Decisions: Introducing Asset Specificity as an Alternate Explanation. Journal of Global Business Issues, v. 3, n. 1, p. 105-110	2009
5	WANG, J. Q.; SUN, S. D.; SI, S. B.; YANG, H. A. Theory of constraints product mix optimisation based on immune algorithm. International Journal of Production Research, v. 47, n. 16, p. 4521-4543	2009
6	KEE, R. The sufficiency of product and variable costs for production-related decisions when economies of scope are present. International Journal of Production Economics, v. 114, n. 2, p. 682-696	2008
7	TSAI, W. H.; LAI, C. W.; TSENG, L. J.; CHOU, W. C. Embedding management discretionary power into an ABC model for a joint products mix decision. International Journal of Production Economics, v. 115, n. 1, p. 210-220	2008
8	CHUNG, S.-H., LEE, A.H.-I., KANG, H.-Y., LAI, C.-W. A DEA window analysis on the product family mix selection for a semiconductor fabricator. Expert Systems with Applications, v. 35, n. 1-2, p. 379-388	2008
9	BHATTACHARYA, A.; VASANT, P.; SARKAR, B.; MUKHERJEE, S. K. A fully fuzzified, intelligent theory-of-constraints product-mix decision. International Journal of Production Research, v. 46, n. 3, p. 789-815	2008
10	TSAI, W-H.; LAI, C-W. Outsourcing or capacity expansions; Application of activity-based costing model on joint products decisions. Computers and Operations Research, v. 34, n. 12, p. 3666-3681	2007
11	TSAI, W-H.; LAI, C-W.; CHANG, J. C. An algorithm for optimizing joint products decision based on the Theory of Constraints. International Journal of Production Research, v. 45, n. 15, p. 3421-3437	2007
12	LOCKHART, J.; TAYLOR, A. Enviromental considerations in product mix decisions using ABC and TOC. Management Accounting Quarterly, v. 9, n. 1, p. 13-21	2007
13	WANG, F. K.; DU, T.; WEN, F. C. Product mix in the TFT-LCD industry. Production Planning and Control, v. 18, n. 7, p. 584-591	2007
14	BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. European Journal of Operational Research, v. 177, n. 1, p. 55-70	2007
15	SINGH, R. K.; PRAKASH, K. S.; TIWARI, M. K. Psycho-clonal based approach to solve a TOC product mix decision problem . International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 29, n. 11-12, p. 1194-1202	2006
16	WU, M.-C.; CHANG, W.-J.; CHIOU, C.-W. Product-mix decision in a mixed-yield wafer fabrication scenario. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 29, n. 7-8, p. 746-752	2006

17	VASANT, P.; BARSOUM, N. N. Fuzzy optimization of units products in mix-product selection problem using fuzzy linear programming approach. Soft Computing, v. 10, n. 2, p. 144-151	2006
18	BAYOU, M. E.; REINSTEIN, A. Analyzing the Product-mix Decision by Using a Fuzzy Hierarchical Model. Managerial Finance, v. 31, n. 3, p. 35-48	2005
19	LETMATHE, P.; BALAKRISHNAN, N. Environmental considerations on the optimal product mix. European Journal of Operational Research, v. 167, n. 2, p. 398-412	2005
20	MISHRA, N.; PRAKASH, M. K.; SHANKAR, R.; CHAN, F.T. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. Expert Systems with Applications, v. 29, n. 2, p. 446-454	2005
21	CHUNG, S.-H.; LEE, A.H.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 25, n. 11-12, p. 1144-1156	2005
22	CHUNG, S.-H.; LEE, A. H.; PEARN, W. L. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. International Journal of Production Economics, v. 96, n. 1, p. 15-36	2005
23	SOUREN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. International Journal of Production Research, v. 43, n. 2, p. 361–374	2005
24	KÖKSAL, G. Selecting quality improvement projects and product mix together in manufacturing: An improvement of a theory of constraints-based approach by incorporating quality loss. International Journal of Production Research, v. 42, n. 23, p. 5009-5029	2004
25	ARYANEZHAD, M.B., KOMIJAN, A.R. An improved algorithm for optimizing product mix under the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 42, n. 20, p. 4221-4233	2004
26	MABIN, V. J.; DAVIES, J. Framework for understanding the complementary nature of TOC frames: Insights from the product mix dilemma. International Journal of Production Research, v. 41, n. 4, p. 661-680	2003
27	BOYD; COX III, J. F. Optimal decision making using cost accounting information. International Journal of Production Research, v. 40, n. 8, p.1879-1898	2002
28	HAKA, S.; JACOBS, F.; MARSHALL, R. Fixed cost allocation and the constrained product mix decision . Advances in Accounting, v. 19, pp. 71-88	2002
29	LEA, B.-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. International Journal of Production Economics, v. 79, n. 3, p. 279-299	2002
30	BLACKSTONE JR., J. H. Theory of constraints - a status report. International Journal of Production Research, v. 39, n. 6, p. 1053-1080	2001
31	KEE, R. Evaluating the economics of short- and long-run production-related decisions. Journal of Managerial Issues, Vv 13, n. 2, p. 139-158	2001
32	MABIN, V. J. Toward a greater understanding of linear programming, theory of constraints, and the product mix problem. Production and Inventory Management Journal, v. 42, n. 3-4, p. 52-54	2001
33	ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. International Journal of Production Research, v. 39, n. 10, p. 2065-2076	2001
34	ONWUBOLU, G.C.; MUTING, M. Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms. International Journal of Production Research, v. 39, n. 9, p. 1897-1910	2001
35	ONWUBOLU, G.C.; MUTING, M. A genetic algorithm approach to the theory of constraints product mix problems. Production Planning and Control, v. 12, n. 1, p. 21-27	2001
36	BALAKRISHNAN, J. ; CHENG, C. H. Theory of Constraints and linear programming; a re-	2000

	examination. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1459-1463	
37	COMAN, A.; RONEN, B. Production outsourcing; a linear programming model for the Theory-Of-Constraints. International Journal of Production Research, v. 38, n. 7, p. 1631-1639	2000
38	FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1465-1466	2000
39	KEE, R; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. International Journal of Production Economics, v. 63, n. 1, p. 1-17	2000
40	BALAKRISHNAN, J. Using theory of constraints in teaching LP and vice versa; advantages and caveats. Production and Inventory Management Journal, v. 40, n. 2, p. 11-16	1999
41	COOPER, R.; SLAGMULDER, R. Integrating activity-based costing and the theory of constraints. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 80, n. 8, p. 20-1	1999
42	DEMMY, S., TALBOTT, T. Improve Internal Reporting with ABC and TOC. Management Accounting (New York, N.Y.)AV. 80, n. 5, p. 18-20	1998
43	YAHYA-ZADEH, M. Product-mix decisions under activity-based costing with resource constraints and non-proportional activity costs. Journal of Applied Business Research, v. 14, n. 4; p. 39-45	1998
44	HSU, T.-C., CHUNG, S.-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. Production Planning and Control, v. 9, n. 1, p. 36-46	1998
45	FREDENDALL, L.D., LEA, B.R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 35, n. 6, p. 1535-1544	1997
46	BALAKRISHNAN, R.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Is assigning capacity costs to individual products necessary for capacity planning? Accounting Horizons, v. 10, n. 3, p. 1-11	1996
47	LEE, T., PLENERT, G. Maximizing product mix profitability - What's the best analysis tool. Production Planning and Control, v. 7, n. 6, p. 547-553	1996
48	HOLMEM, J. S. ABC vs. TOC: it's a matter of time. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 76, p. 37-40	1995
49	KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. Accounting Horizons, v. 9, n. 4, p. 48-61	1995
50	MALIK, S. A.; SULLIVAN, W. G. Impact of ABC information on product mix and costing decisions. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 42, n. 2, p. 171-176	1995
51	SPOEDE, C.; HENKE, E.; UMBLE. M. Using activity analysis to locate profitability drivers. Management Accounting; v. 75, n. 11, p. 43-48	1994
52	POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 85-86	1994
53	MADAY, C. J. Proper use of constraint management. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 84	1994
54	PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist.. European Journal of Operational Research, v. 70, p. 126-133	1993
55	LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 3, p. 51-57	1993
56	LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. International Journal of Production Research, v. 30, n. 6, p. 1471-1478	1992
57	PATTERSON, M. C. The Product-Mix Decision: A Comparison of Theory of Constraints and Labor-Based Management Accounting. Production and Inventory Management Journal. Alexandria, v. 33, n. 3; p. 80-85	1992
58	SOUTH, J. B.; OLIVER, J. E. A value-added approach to product mix decisions. Industrial Marketing Management, v. 21, n. 2, p. 167-171	1992
59	BAKKE, N. A.; HELLBERG, R. Relevance lost; A critical discussion of different cost	1991

	accounting principles in connection with decision making for both short and long term production scheduling. International Journal of Production Economics, v. 24, n. 1-2, p. 1-18	
60	BAHL, H. C.; TAJ, S.; CORCORAN, W. Linear-programming model formulation for optimal product-mix decisions in material-requirements-planning environments. International Journal of Production Research, v. 29, n. 5, p. 1025-1034	1991
61	CHANDER, P.; LERUTH, L. The optimal product mix for a monopolist in the presence of congestion effects. A model and some results. International Journal of Industrial Organization, v. 7, n. 4, p. 437-449	1989
62	GABSZEWICZ, J.; SHAKED, A.; SUTTON, J.; THISSE, J. Segmenting the market: The monopolist's optimal product mix. Journal of Economic Theory, v. 39, n. 2, p. 273-289	1986
63	BEGED-DOV, A. G. Determination of optimal product mix by marginal analysis. International Journal of Production Research, v. 21, n. 6, p. 909-918	1983
64	KNOLMAYER, G. A simulation study of some simplification strategies in the development of product-mix models. European Journal of Operational Research, v. 12, n. 4, p. 339-347	1983
65	KNOLMAYER, G. Computational experiments in the formulation of linear product-mix and non-convex production-investment models. Computers and Operations Research, v. 9, n. 3, p. 207-219	1982
66	REEVES, G. R.; SWEIGART, J. R. Product-Mix Models When Learning Effects Are Present. Management Science, v. 27, n. 2, p. 204-212	1981
67	BYRD JR., J.; MOORE, L. T. The Application of a Product Mix Linear Programming Model in Corporate Policy Making. Management Science, v. 24, n. 13, p. 1342-1350	1978
68	GRINNELL, D. J. Product mix decisions: direct costing vs. absorption costing. Management Accounting, v. 58, n. 2, p. 36	1976
69	REEVES, G. R. Inventory decisions in product-mix models. Omega, v. 4, n. 3, p. 339-340	1976
70	HODGES, S. D.; MOORE, P. G. The product-mix problem under stochastic seasonal demand. Management Science, v. 17, n. 2, p.107-114	1970

APÊNDICE B - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DE PERIÓDICOS DE VEICULAÇÃO

PERIÓDICO DE PUBLICAÇÃO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
International Journal of Production Research	17	24,3%	24,3%
International Journal of Production Economics	8	11,4%	35,7%
Production and Inventory Management Journal	6	8,6%	44,3%
Management Accounting	5	7,1%	51,4%
Production Planning and Control	4	5,7%	57,1%
European Journal of Operational Research	4	5,7%	62,9%
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	3	4,3%	67,1%
Management Science	3	4,3%	71,4%
Computers and Operations Research	2	2,9%	74,3%
Omega	2	2,9%	77,1%
Expert Systems with Applications	2	2,9%	80,0%

Accounting Horizons	2	2,9%	82,9%
Computers and Industrial Engineering	1	1,4%	84,3%
Journal of Applied Business Research	1	1,4%	85,7%
Industrial Marketing Management	1	1,4%	87,1%
Journal of Global Business Issues	1	1,4%	88,6%
Management Accounting Quarterly	1	1,4%	90,0%
Soft Computing	1	1,4%	91,4%
Managerial Finance	1	1,4%	92,9%
Advances in Accounting	1	1,4%	94,3%
IEEE Transactions on Engineering Management	1	1,4%	95,7%
International Journal of Industrial Organization	1	1,4%	97,1%
Journal of Economic Theory	1	1,4%	98,6%
Journal of Managerial Issues	1	1,4%	100,0%
TOTAL DE PUBLICAÇÕES	**70**		

APÊNDICE C – LISTA DOS AUTORES DAS PUBLICAÇÕES PROSPECTADAS

Nº	AUTOR	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
1	Nils Arne **Bakke**	Gesellschaft für Technologie Transfer	Alemanha
2	Gerhard **Knolmayer**	Institut für Betriebswirtschaftslehre - Universität Kiel	Alemanha
3	Peter **Letmathe**	Universität Siegen	Alemanha
4	Rainer **Souren**	University of Bremen	Alemanha
5	Heinz **Ahn**	Institute for Corporate Environmental Management and Industrial Controlling - Aachen University	Alemanha
6	Christian **Schmitz**	Institute for Corporate Environmental Management and Industrial Controlling - Aachen University	Alemanha
7	V. G. **Sridharan**	The University of Melbourne	Austrália
8	Luc **Leruth**	Université Libre de Bruxelles	Bélgica
9	Jean Jaskold **Gabszewicz**	Université Catholique de Louvain	Bélgica
10	Jacques-Francois **Thisse**	Université Catholique de Louvain	Bélgica
11	Philip **Vergauwen**	Universiteit Hasselt	Bélgica
12	Alexandre **Linhares**	Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - Fundação Getúlio Vargas	Brasil
13	Jaydeep **Balakrishnan**	Faculty of Management - University of Calgary	Canadá
14	Chun Hung **Cheng**	The Chinese University of Hong Kong	China
15	Felix T. S. **Chan**	University of Hong Kong	China
16	J. Q. **Wang**	Institute of System Integrated and Engineering Management -	China

		Northwestern Polytechnical University	
17	S. D. **Sun**	Institute of System Integrated and Engineering Management - Northwestern Polytechnical University	China
18	S. B. **Si**	Institute of System Integrated and Engineering Management - Northwestern Polytechnical University	China
19	H. A. **Yang**	Institute of System Integrated and Engineering Management - Northwestern Polytechnical University	China
20	T. **Du**	The Chinese University of Hong Kong	China
21	Charlene **Spoede**	Center of Manufacturing Excellence - Baylor University	EUA
22	Emerson **Henke**	Baylor University	EUA
23	Mike **Umble**	Center of Manufacturing Excellence - Baylor University	EUA
24	Steve **Demmy**	Department of Management Science - Wright State University	EUA
25	John **Talbott**	Department of Accountancy - Wright State University	EUA
26	Jay S. **Holmen**	University of Wisconsin-Eau Claire	EUA
27	Robin **Cooper**	Peter F. Drucker Graduate Management School - Claremont Graduate University	EUA
28	Ramji **Balakrishnan**	University of Iowa	EUA
29	K. **Sivaramakrishnan**	Carnegie Mellon University	EUA
30	Mohamed E. **Bayou**	School of Management - University of Michigan-Dearborn	EUA
31	Alan **Reinstein**	School of Business - Wayne State University	EUA
32	John H. **Blackstone Jr.**	Terry College of Business - The University of Georgia	EUA
33	Lynn H. **Boyd**	College of Business and Public Administration - University of Louisville	EUA
34	James F. **Cox III**	Terry College of Business - University of Georgia	EUA
35	Jack **Byrd Jr.**	West Virginia University	EUA
36	L. Ted **Moore**	West Virginia University	EUA
37	Byron J. **Finch**	Miami University	EUA
38	Richard L. **Luebbe**	Miami University	EUA
39	Lawrence. D. **Fredendall**	Clemson University	EUA
40	Bih-Ru **Lea**	Clemson University	EUA
41	Jacque **Grinnell**	University of Connecticut	EUA
42	Susan **Haka**	Eli Broad College of Business - Michigan State University	EUA
43	Fred **Jacobs**	Eli Broad College of Business - Michigan State University	EUA
44	Ronald **Marshall**	Eli Broad College of Business - Michigan State University	EUA
45	Robert **Kee**	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	EUA
46	Charles **Schmidt**	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	EUA
47	Terry **Lee**	Institute of Business Management - Brigham Young University	EUA
48	Gerhard **Plenert**	Institute of Business Management - Brigham Young University	EUA
49	Nagraj **Balakrishnan**	Clemson University	EUA
50	Julie **Lockhart**	Western Washington University	EUA
51	Audrey **Taylor**	Western Washington University	EUA
52	Clarence J. **Maday**	College of Engeneering - North Carolina State University	EUA
53	Shadan A. **Malik**	Virginia Polytechnic Institute and State University,	EUA

54	William G. **Sullivan**	Virginia Polytechnic Institute and State University,	EUA
55	Mike C. **Patterson**	Division of Business Administration - Midwestern State University	EUA
56	Alan J. **Posnack**	Productivity Partiners	EUA
57	Gary. R. **Reeves**	School of Business Administration - Miami University / University of South Carolina	EUA
58	James R. **Sweigart**	University of South Carolina	EUA
59	John B. **South**	School of Business Administration - Valdosta State College	EUA
60	John E. **Oliver**	School of Business Administration - Valdosta State College	EUA
61	Ranjani **Krishnan**	Michigan State University	EUA
62	Massood **Yahya-Zadeh**	Georgetown University	EUA
63	Regine **Slagmulder**	Tilburg University	Holanda
64	Arijit **Bhattacharya**	The Patent Office	Índia
65	Bijan **Sarkar**	Jadavpur University	Índia
66	Sanat Kumar **Mukherjee**	Birla Institute of Technology	Índia
67	Parkash **Chander**	Indian Statistical Institute	Índia
68	Nishikant **Mishraa**	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
69	Anoop **Prakash**	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
70	M. K. **Tiwari**	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
71	R. **Shankar**	Indian Institute of Technology Delhi	Índia
72	S. **Kumar**	Birla Institute of Technology	Índia
73	R. K. **Singh**	Birla Institute of Technology	Índia
74	Avner **Shaked**	London School of Economics	Inglaterra
75	John **Sutton**	London School of Economics	Inglaterra
76	S. D. **Hodges**	London Graduate School of Business Studies	Inglaterra
77	P. G. **Moore**	London Graduate School of Business Studies	Inglaterra
78	M. B. **Aryanezhad**	Iran University of Science and Technology	Iran
79	A. R. **Komijan**	Islamic Azad University	Iran
80	Alex **Coman**	Faculty of Technology Management - Center for Technology Education Holon	Israel
81	Boaz **Ronen**	Faculty of Management - Tel-Aviv University	Israel
82	Takashi **Hasuike**	Graduate School of Information Science and Technology - Osaka University	Japão
83	Hiroaki **Ishii**	Graduate School of Information Science and Technology - Osaka University	Japão
84	Pandian **Vasant**	Universiti Teknologi Petronas	Malásia
85	N. N. **Barsoum**	School of Electrical and Electronic Engineering - Curtin University of Technology	Malásia
86	Roland **Hellberg**	Norwegian School of Management	Noruega
87	Victoria J. **Mabin**	School of Business and Public Management - Victoria University of Wellington	Nova Zelândia
88	J. **Davies**	School of Business and Public Management - Victoria University of Wellington	Nova Zelândia
89	Tiru **Arthanari**	The University ok Auckland	Nova Zelândia
90	Shu-Hsing **Chung**	National Chiao Tung University	Taiwan

91	Amy Hsin-I **Lee**	Chung Hua University	Taiwan
92	He-Yau **Kang**	National Chin-Yi University of Technology	Taiwan
93	Chih-Wei **Lai**	National Chiao Tung University	Taiwan
94	W. L. **Pearn**	National Chiao Tung University	Taiwan
95	Tien-Chun **Hsu**	National Chiao Tung University	Taiwan
96	Wen-Hsien **Tsai**	National Central University	Taiwan
97	Chien-Wen **Lai**	National Central University / Asia University	Taiwan
98	J. C. **Chang**	Asia University	Taiwan
99	Li-Jung **Tseng**	Ling Tung University / National Yunlin University of Science & Technology	Taiwan
100	Wen-Chin **Chou**	Yu Da College of Business	Taiwan
101	F. K. **Wang**	National Taiwan University of Science and Technology	Taiwan
102	F. C. **Wen**	MXIC Company	Taiwan
103	Muh-Cherng **Wu**	National Chiao Tung University	Taiwan
104	Wen-Jung **Chang**	National Chiao Tung University	Taiwan
105	Chie-Wun **Chiou**	National Chiao Tung University	Taiwan
106	G. **Köksal**	Middle East Technical University	Turquia
107	Godfrey C. **Onwuboluy**	National University of Science and Technology	Zimbábue
108	Michael **Mutingi**	National University of Science and Technology	Zimbábue

APÊNDICE D - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DE PAÍSES DE VÍNCULO DOS PESQUISADORES

PAÍS	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
EUA	42	38,9%	38,9%
Taiwan	16	14,8%	53,7%
Índia	10	9,3%	63,0%
China	7	6,5%	69,4%
Alemanha	6	5,6%	75,0%
Bélgica	4	3,7%	78,7%
Inglaterra	4	3,7%	82,4%
Nova Zelândia	3	2,8%	85,2%
Iran	2	1,9%	87,0%
Israel	2	1,9%	88,9%
Japão	2	1,9%	90,7%
Malásia	2	1,9%	92,6%
Zimbábue	2	1,9%	94,4%
Austrália	1	0,9%	95,4%
Brasil	1	0,9%	96,3%
Canadá	1	0,9%	97,2%

Holanda	1	0,9%	98,1%
Noruega	1	0,9%	99,1%
Turquia	1	0,9%	100,0%
SOMA	108		

APÊNDICE E - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA INCIDÊNCIA DOS TIPOS DE PESQUISA

TIPO DE PESQUISA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Modelagem Matemática (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	34	48,6%	48,6%
Teórico/Conceitual (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	9	12,9%	61,4%
Teórico/Conceitual	7	10,0%	71,4%
Modelagem Matemática	4	5,7%	77,1%
Modelagem Matemática + Estudo de Caso	4	5,7%	82,9%
Simulação	2	2,9%	85,7%
Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	2	2,9%	88,6%
Modelagem Matemática + Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	2	2,9%	91,4%
Modelagem Matemática + Simulação	1	1,4%	92,9%
Modelagem Matemática + Simulação + Estudo de Caso	1	1,4%	94,3%
Teórico/Conceitual + Simulação	1	1,4%	95,7%
Estudo de Caso	1	1,4%	97,1%
Survey	1	1,4%	98,6%
Survey (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	1	1,4%	100,0%
TOTAL DE PUBLICAÇÕES	**70**		