UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VINICIUS AMORIM SOBREIRO

UMA APLICAÇÃO DE MODELAGEM DINÂMICA DE SISTEMAS E ACTIVITY
BASED COSTING PARA MENSURAR OS CUSTOS EM MANUFATURAS
CELULARES

São Paulo
2008

VINICIUS AMORIM SOBREIRO

UMA APLICAÇÃO DE MODELAGEM DINÂMICA DE SISTEMAS E ACTIVITY
BASED COSTING PARA MENSURAR OS CUSTOS EM MANUFATURAS
CELULARES

Dissertação apresentada ao Departamento de
Engenharia de Produção da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Economia e Finanças
Corporativas.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kendy Tachibana.

São Paulo
2008

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Sobreiro, Vinicius Amorim
S677m Uma Aplicação de modelagem dinâmica de sistemas e *activity based costing*
para mensurar os custos em manufatura de celulares / Vinicius Amorim Sobreiro; orientador
Wilson Kendy Tachibana. – São Carlos, 2008.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção e Área de Concentração) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São
Paulo, 2008.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **VINICIUS AMORIM SOBREIRO**

Dissertação defendida e julgada em 17/06/2008 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **WILSON KENDY TACHIBANA** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Associada **DAISY APARECIDA DO NASCIMENTO REBELATTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Associado **ROBERTO VATAN DOS SANTOS**
(Escola de Artes, Ciências e Humanidades/USP)

APROVADO

Prof. Associado **REGINALDO TEIXEIRA COELHO**

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**

Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, que me guiou nessa etapa tão importante da minha vida. A toda minha família que teve a sabedoria quanto a indicar o caminho do mar ao rio que insistia em transbordar. Ao professor Dr. Wilson Kendy Tachibana, meu orientador, pelo incentivo constante, e por dar ao termo “orientador” um sentido muito especial.

É longa a lista das pessoas a quem tenho que agradecer, de maneira especial, por toda forma de apoio que fizeram este trabalho alcançar sua forma final: André Luis Debiasio Rossi; Camila Fernanda Bassetto; Prof. Dr. Charbel José Chiappetta Jabbour; Prof^a. Assoc. Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto; Débora Nogueira Ramalho Valente; Eliciane Maria da Silva; Enzo Berbeiro Mariano; Prof. Dr. Fernando César Almada do Santos; José Luiz Donizete Chiaretto; Karina Lumena de Freitas Alves; Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano; Mariana Rodrigues de Almeida; Paulo Fernandes Hanke da Silveira; Pedro Henrique de Sousa Leão Araújo; Silvana Ap. Araújo Celestini; Sueli Regina Ferreira; Prof. Assoc. Roberto Vatan dos Santos; e Prof. Dr. Welington Rocha; aos professores e funcionários do departamento de Engenharia de Produção; e ao pessoal dos serviços de apoio da biblioteca na Escola de Engenharia de São Carlos - EESC. É muito certo que esta lista está incompleta. Sei o quanto devo a todos meus colegas de departamento. Nesse sentido, eu gostaria que soubessem que seus estímulos, críticas e sugestões tiveram incalculável valor que me influenciaram por sua erudição.

À “EESC”, pela oportunidade da realização do curso de mestrado. Ao departamento de Engenharia de Produção, por colocar a disposição o laboratório para realização deste trabalho e a CAPES pelo incentivo financeiro. Finalmente, agradeço a minha namorada, Fernanda, que não sabia, quando começou a namorar comigo, que também estaria a namorar esta dissertação.

“O que dá ao homem um mínimo de unidade interior é a soma de suas obsessões.”

Nelson Rodrigues

SOBREIRO, V. A. Uma aplicação de Modelagem Dinâmica de Sistemas e *Activity Based Costing* para mensurar os custos em Manufaturas Celulares. 2007. 158f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

O objetivo desta dissertação é realizar e comparar a aplicação da Modelagem Dinâmica de Sistemas (MDS) e do Activity Based Costing (ABC) para mensurar os custos em Manufatura Celular. Nesse sentido, foi realizada uma simulação utilizando os conceitos de MDS para obter os custos de produção de quatro produtos, em um ambiente de Manufatura Celular, considerando o Método ABC e a comparação desses valores com a técnica de custeio tradicional ou absorção. Quanto à metodologia de pesquisa, esse trabalho é de enfoque quantitativo no qual o tipo de pesquisa é exploratório sem estabelecimento de hipóteses, porém, guiada pelos seus objetivos. Os resultados obtidos demonstram que a aplicação do ABC juntamente com a MDS é muito satisfatória quando comparada com a técnica tradicional. Finalmente, a aplicação do ABC com a MDS pode ser utilizada eficientemente como um método alternativo para custeio em Manufaturas Celulares.

Palavras-chave: ABC, MDS, Manufatura Celular.

SOBREIRO, V. A. An application of System Dynamics Modeling and Activity Based Costing to measure the costs in Cellular Manufactures. 2007. 158f. Dissertation (Master Degree) - School of Engineering of Sao Carlos, University of Sao Paulo, 2007.

The aim of this dissertation is to apply and to compare the Modeling System Dynamics (MDS) and Activity Based Costing (ABC) to measure the costs in Cellular Manufacture. Taking this into account, a simulation was accomplished using the concepts of MDS to obtain the costs of production of four products, in an environment of Cellular Manufacture, considering ABC method and the comparison of those values with the technique of traditional costing. As for the research methodology, this dissertation is of quantitative focus in which the research type is exploratory without establishment of hypotheses, however guided by their objectives. The obtained results demonstrate that the application of ABC together with MDS it is very satisfactory when compared with the traditional technique. In conclusion, it can be observed that the application of ABC with MDS can be used efficiently as an alternative method to costing in Cellular Manufacture.

Key-words: ABC, DMS, Cellular Manufacture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diferenciação entre custo e despesa.....	40
Figura 2 – Hierarquia do gerenciamento por atividades	49
Figura 3 – Relacionamento entre os Métodos BPA e ABC.....	50
Figura 4 – Componente na hierarquia do Método ABC	54
Figura 5 – Tipologia dos direcionados de custos	57
Figura 6 – Modelo conceitual do Método ABC.....	59
Figura 7 – Processos e seqüências para implementação do Método ABC	62
Figura 8 – Processos e seqüências para desenhar o modelo conceitual do Método ABC	65
Figura 9 – Principais abordagens para a formação de Manufaturas Celulares	70
Figura 10 – Exemplo de organização em <i>layout</i> funcional	72
Figura 11 – Exemplo de <i>layout</i> celular	74
Figura 12 – Exemplos de Manufaturas Celulares	74
Figura 13 – Aspectos não financeiros para mensuração do desempenho na manufatura	76
Figura 14 – Classes ou divisões da Teoria Geral dos Sistemas	86
Figura 15 – Classe superior.....	93
Figura 16 – Classe de construção	94
Figura 17 – Classe inferior	94
Figura 18 – Exemplo de diagrama com estoque e fluxo.....	98
Figura 19 – Procedimentos adotados para esta pesquisa	99
Figura 20 – Adaptação do Método ABC a Manufatura Celular	103
Figura 21 – Adaptação do Método Tradicional a Manufatura Celular	111
Figura 22 – Modelagem visualizada por setores	114
Figura 23 – Método ABC e MDS na Manufatura Celular	116
Figura 24 – Resultados obtidos pela MDS considerando o ABC na Manufatura Celular.....	129
Figura 25 - Expressões Centro de Custos.....	149
Figura 26 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 1.....	150
Figura 27 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 1 (Segunda Parte)	150
Figura 28 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 2.....	150
Figura 29 - Valores dos Recursos.....	151
Figura 30 - Modelo de <i>layout</i> da Manufatura Celular utilizado por Dhavale (1992).....	153
Figura 31 - Modelo de <i>layout</i> de Manufatura Celular utilizado por Rasmussen et al. (1999).....	154
Figura 32 - Modelo de <i>layout</i> de Manufatura Celular utilizado por Özbayrak et al. (2004).....	155

Figura 33 – Modelo de *layout* de Manufatura Celular utilizado por Cogan (2003)156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos recursos e valores	100
Tabela 2 – Composição quanto à Manufatura Celular	101
Tabela 3 - Composição dos recursos	101
Tabela 4 - Composição de recursos por Células	102
Tabela 5 – Atores da MDS e do Método ABC	114
Tabela 6 – Custos dos produtos	130
Tabela 7 – Diferenças percentuais	130
Tabela 8 – Diferenças percentuais considerando os CIF	131
Tabela 9 – Composição dos custos totais	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de organizações que adotaram o ABC	47
Quadro 2 – Aspectos ou principais diferenças entre os Métodos ABC e o Tradicional.....	48
Quadro 3 – Exemplos de direcionadores para o Método ABC.....	56
Quadro 4 – Arranjo entre máquinas e peças para o <i>layout</i> funcional.....	72
Quadro 5 – Arranjo entre máquinas e peças para o <i>layout</i> celular.....	73
Quadro 6 – Comparação entre o enfoque quantitativo e do enfoque qualitativo	79
Quadro 7 – Relação entre formulação de hipóteses, enfoque e os tipos de pesquisas.....	81
Quadro 8 – Classificação dos modelos	87
Quadros 9 – Componentes da barra de ferramenta das classes.....	95
Quadro 10 - Matriz de recursos, centros de atividades e exemplos de atividades.....	104

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE QUADROS	19
LISTA DE QUADROS	19
SUMÁRIO	21
SUMÁRIO	21
1 – INTRODUÇÃO	23
1.1 - Antecedentes	23
1.2 - Contextualização	27
1.3 - A questão da pesquisa	30
1.4 - Os objetivos da pesquisa	31
1.5 - Justificativa da pesquisa	32
1.6 - Delimitações do trabalho	33
1.7 - Estrutura do trabalho	33
2 - REFERENCIAL TEÓRICO	35
2.1 - Custeio por Absorção	36
2.1.1 - Origem histórica do Custeio por Absorção	36
2.1.2 - Objetivo do Custeio por Absorção	37
2.1.3 - Diferença entre Custos e Despesas	39
2.1.4 - Custos Diretos e Custos Indiretos	41
2.2 - Método ABC	42
2.2.1 - Origem histórica do Método ABC	42
2.2.2 - Componentes do Método ABC	48
2.2.2.1 - Recursos	51
2.2.2.2 - Atividades	52
2.2.2.3 - Direcionadores de Custos	54
2.2.3 - O modelo conceitual do Método ABC	58
2.3 - Manufaturas Celulares	66
2.3.1 - Definição de Manufatura Celular	66
2.3.2 - Origem da Manufatura Celular	68
2.3.3 - O Modelo da Manufatura Celular	69
3 – MÉTODOS DE PESQUISA	77
3.1 - Tipos e Métodos de Pesquisa	78
3.2 - Estratégia de Pesquisa	83
3.2.1 - Modelagem Dinâmica de Sistemas	84
3.2.1.1 - Definição de Sistemas e da Teoria dos Sistemas	84

3.2.1.2 - Definição de Modelagem Dinâmica de Sistemas	89
3.2.1.3 - O Software Stella 5.0	92
3.2.1.4 - Aplicações da Modelagem Dinâmica de Sistemas.....	96
3.2.1.5 - Construção do Modelo com o Stella 5.0	97
3.3 - Procedimentos Adotados.....	99
3.3.1 - Equacionamento pelo ABC.....	102
3.3.2 - Equacionamento pelo Tradicional ou Absorção	111
3.3.3 - Relacionamento dos principais atores da MDS e do Método ABC	113
3.4 - Limites do Método de Pesquisa	117
4 - RESULTADOS.....	119
4.1 - Resultados da análise crítica da literatura	120
4.2 - Resultados por intermédio das expressões quanto ao Método ABC	121
4.3 - Resultados por intermédio das expressões quanto ao Método Tradicional	126
4.4 – Resultados por intermédio da MDS quanto ao Método ABC na Manufatura Celular	128
4.5 – Análise comparativa dos resultados	130
5 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	135
REFERÊNCIAS	139
APÊNDICE A – GRUPO DE EXPRESSÕES OBTIDAS	149
ANEXO A - MODELOS DE LAYOUT DE MANUFATURA CELULAR	153

1 – INTRODUÇÃO

“Nunca ande pelo caminho traçado, pois ele
conduz somente até onde os outros foram.”

Alexandre Graham Bell

1.1 - *Antecedentes*

Ao observar a literatura e os fóruns especializados na área de contabilidade gerencial identifica-se um fato que vem ganhando destaque e se tornando cada vez mais expressivo. Esse tema que se sobressai é o sucesso das aplicações dos conceitos e técnicas de gestão estratégica de custos nas organizações (IUDICIBUS, 1996; JONES e DUGDALE, 2002). De certa forma, após o surgimento do livro *Relevance Lost: The rise and fall of management accounting* de Johnson e Kaplan (1991), a teoria sobre gestão estratégica de custos recebeu um impulso considerável, passando a constituir um campo bastante fértil de análise da contabilidade gerencial, e propiciando um arcabouço teórico muito profícuo para a própria contabilidade.

Os autores Johnson e Kaplan (1991), ao colocarem em evidência a questão da perda da relevância da contabilidade gerencial, destacaram um ponto importante existente em toda a teoria sobre gestão estratégica de custos, desde seu surgimento até os presentes dias. Tal questão consiste no modo ou maneira de se alocar os custos indiretos da estrutura organizacional aos produtos e bens comercializados ou produzidos pela mesma.

Essa discussão ganha um realce quando todos os processos da organização são avaliados por um mecanismo de seleção externo. Como os processos organizacionais não são perfeitos, é necessário um mecanismo de seleção externo à firma, a fim de que seja possível a prevalência dos procedimentos mais adequados. Esse mecanismo externo avaliador é o

mercado¹, que, por meio da concorrência, impõe a sobrevivência apenas às formas organizacionais mais eficientes (PINHO e VASCONCELLOS, 2003).

Dentro desse contexto, de acordo com Iudicibus (1996) e Drury e Tayles (2006), em um ambiente competitivo ou de concorrência em que, de certa forma, o preço é estabelecido pelo mercado, assim, o custo é um fator crucial às organizações, pois à eliminação ou redução dos mesmos que não adicionam valor aos produtos proporcionam a lucratividade e conseqüentemente a continuidade do empreendimento. Também, e em congruência com esse pensamento está a premissa de Porter (1999) de que, conhecer, controlar e reduzir os custos é um meio para se obter e sustentar vantagens competitivas.

Sob tais condições, o custeio, ou melhor, os sistemas de custeio buscam informar os custos dos produtos, contemplando a fixação dos preços e a resposta quanto aos produtos rivais e visando à melhor informação possível sobre as necessidades de recursos para aquele produto. Embora um excelente sistema não vá, por si só, garantir o sucesso quanto aos concorrentes, pois o mesmo depende de produtos que vão ao encontro das necessidades dos consumidores, como também, de sistemas eficientes de produção e distribuição desses produtos (JOHNSON e KAPLAN, 1991).

Para Fázio (1997), os procedimentos contábeis são muito antigos, entretanto, a necessidade por informações de custos para fins gerenciais, ou a Contabilidade Gerencial, é uma preocupação muito recente que se iniciou nos séculos XIX, e apresentou sua tônica nas duas últimas décadas desse mesmo século.

Segundo Major e Hopper (2005), a Contabilidade Gerencial surgiu nos Estados Unidos por volta do século XIX, quando as organizações comerciais passaram a conduzir trocas econômicas internamente. Além disso, Johnson e Kaplan (1991) afirmam que os

¹ Cabe também ressaltar que o mercado auxília na definição de custos em técnicas como o *Target Costing*. Para um estudo mais aprofundado, amplo e detalhado do *Target Costing* consultar o trabalho de Gopalakrishnan et al. (2007).

primeiros registros de custos conhecidos, quanto à produção, são referentes às tecelagens de algodão, como a Boston Manufacturing Company, em Waltham, Massachusetts, EUA, por volta do século XIX.

Ricardino (2005, p. 243) em seu livro titulado “Contabilidade Gerencial e Societária: Origens e desenvolvimento” discorda frontalmente de Johnson e Kaplan quanto ao surgimento da Contabilidade Gerencial, pois para esse pesquisador essa ciência já era utilizada pelos *manors*² nas antigas propriedades rurais da Inglaterra Medieval como, por exemplo, Canterbury e Winchester, desde 1207 conforme destacado através de suas próprias palavras:

[...] os conceitos e padrões, que dão suporte à contabilidade gerencial, praticada nos moldes atuais, já eram conhecidos e utilizados há pelo menos oito séculos, limitados e/ou adaptados às condições econômico-sociais de cada época.

Contudo, Ricardino (2005, p. 148) concorda com Johnson e Kaplan (1991) que todas as práticas contábeis já estavam desenvolvidas por volta de 1925 conforme muito bem apresentado nesse trecho retirado de seu livro:

Johnson e Kaplan, de certa forma, estavam corretos quando afirmam que, “em 1925, possivelmente todas as práticas de contabilidade gerencial hoje usadas já haviam sido desenvolvidas”. Sem dúvida, grande parte delas já havia sido criada, porém não na Revolução Industrial, como os referidos autores fazem crer, mas sim em período bem anterior.

No entanto, tais procedimentos para mensuração dos custos vêm sofrendo severas críticas visto que não consideram as mudanças substanciais no ambiente cujas organizações estão submetidas e, conseqüentemente, a inversão dos padrões de relação entre os custos fixos

² Segundo Ricardino (2005), um *manor* trata-se de uma unidade política estruturada com o objetivo de governar sua população, produzir riquezas e gerar recursos, tanto para o senhor do *manor*, quanto para o poder central, constituído por um rei ou soberano.

e os custos variáveis aos produtos, já que a visão primordial desses métodos³ estava voltada para a valorização dos estoques e para a legislação contábil vigente. Como resultado de tal cenário surgiram novos métodos para determinar os custos entre os quais se destaca o *Activity Based Costing* – ABC. Segundo Corbett (2005), esse procedimento tem como princípio a alocação dos custos utilizando várias bases de rateio referidas e não necessariamente ao volume. Assim, conforme Jones e Dugdale (2002), para aplicação desse método é de absoluta necessidade, primeiramente, substituir a ação de estimar por alocar os custos.

Na opinião de Drury e Tayles (2006) as pesquisas em custeio, considerando o Método ABC, apresentam a tendência de focar principalmente nas seguintes áreas: (a) relacionamento empírico entre o ABC e os dados; (b) utilização de níveis para as informações; (c) aplicações em negócios; (d) problemas na aplicação e execução do mesmo nas organizações; e (e) identificação de fatores que favoreçam o sucesso ou o fracasso da implementação.

Conforme Armstrong (2002), o ABC não se desenvolveu isoladamente, mas em conjunto com as complexas reações produtivistas sobre o pensamento gerencial, que tiveram como gênese o movimento intelectual ocorrido em Harvard Business School por volta de 1980. Desde então, muitos profissionais e acadêmicos têm buscado utilizar o ABC para melhor prover o processo decisório com informações importantes.

³ O emprego da palavra método é realizado, conforme indica Martins (2003), no sentido que custeio significa método de apropriação de custos.

1.2 - Contextualização

Para que ocorra esse progresso nos sistemas de custeio, há necessidade de uma aproximação com os demais procedimentos oriundos de outras áreas do conhecimento visando contornar todas as complexidades existentes no ambiente organizacional. Além disso, atualmente, existem quatro limitações importantes nos sistemas de custeio utilizados, principalmente, nas manufaturas (LERE, 2001):

- Os sistemas de custeio foram desenvolvidos em uma época em que o custo direto representava 80% dos custos totais e os custos indiretos 20%; assim, o rateio desses custos indiretos não provocava grandes distorções (JOHNSON e KAPLAN, 1991);
- O foco da apuração de informações para decisões gerenciais são os custos diretos, por conseguinte, o mesmo tende a apresentar apenas benefícios relativos às mudanças nos processos caso exista redução nos custos diretos;
- Não existe o fornecimento de meios ou modos para mensurar os custos referentes às atividades não produtivas; e
- Apresentam em geral o ideal de que a fábrica é uma entidade isolada da organização e dessa maneira as mesmas devam oferecer indicadores para sinalizar os impactos das mudanças na organização.

Essas limitações apresentadas por Lere (2001) são congruentes com os estudos realizados por Nakagawa (1991, p. 15), um dos principais expoentes do meio acadêmico brasileiro no que tange a Gestão Estratégica de Custos, porque para ele:

[...] o que se tem constatado é que esta verdadeira revolução na organização das empresas, através da utilização de tecnologias avançadas de produção,

tem encontrado forte obstáculo, que tem inviabilizado o seu sucesso continuado. Muitas empresas, na verdade, ainda se utilizam de sistemas de custeio e de controle gerencial, que foram desenvolvidos há muitas décadas atrás para um ambiente competitivo, drasticamente diverso do que se observa na atualidade.

Assim, diante da competição atual no mundo globalizado, as corporações são obrigadas a quebrar a inércia do comodismo e investirem em diferentes alternativas para todos os seus aspectos como, por exemplo, as práticas de mensuração de custos, para então acompanhar o rápido e contínuo processo de mudança que envolve o mundo dos negócios, pois conforme revelado pela pesquisa de Relvas (2003, p. 1):

As práticas de mensuração de custos foram questionadas em decorrência do surgimento de demandas por uma melhor compreensão dos atributos e características dos processos e atividades, bem como por informações mais fidedignas sobre as relações entre *inputs* e *outputs*. A atenção voltou-se para a compreensão do significado dessas relações, visando a reduzir as incertezas e orientar o processo decisório.

Tais considerações ressaltam a importância da formulação de estratégias que garantam não só a sobrevivência da empresa em um ambiente volátil e competitivo, mas a sobrevivência com vantagem sobre os concorrentes. Assim, posto que as práticas de mensuração de custos se tornaram um imperativo para a sobrevivência das organizações, cabe aos gestores e acadêmicos verificarem as possibilidades da aplicação do ABC também nas Manufaturas Celulares.

Para aplicação do sistema ABC escolheu-se a Manufatura Celular como ambiente, pois os métodos baseados no conceito de Manufatura Celular constituem uma resposta eficiente para o setor metal-mecânico destinado à produção em lotes pequenos e médios (RIBEIRO e MEGUELATI, 2002). Além disso, essa escolha facilita a execução da dissertação, visto que, de acordo com Eco (2006), quando mais se restringe o campo de pesquisa, melhor e com mais segurança se trabalha.

Além disso, os processos produtivos realizados em um ambiente produtivo, em sua

maioria, são caracterizados como complexos, pois são obrigados a fornecer e atender um padrão de informação de gestão estratégica rigoroso. Nesse sentido, utilizou-se uma modelagem matemática, mais especificamente, a Modelagem Dinâmica de Sistemas – MDS, considerando sua facilidade de aplicação, como método para a utilização do sistema ABC em Manufaturas Celulares. A explicação dessa escolha é realizada parafraseando Rodrigues (2006, p. 3):

Por que focar a modelagem matemática? Ela não é campo específico de outras engenharias, da Matemática ou da Física? O objetivo é chamar a atenção para o intenso processo de automação dos sistemas produtivos, que necessitam de ampla aplicação de modelos matemáticos quando se trata do desenvolvimento de sistemas inteligentes e de sistemas de apoio à tomada de decisão – como análise e interpretação de dados. É, portanto, uma área do conhecimento, que tende a crescer em importância nas ciências como um todo, especialmente na área de Engenharia de Produção.

Contudo, não são muitas as pesquisas realizadas contemplando a aplicação de ABC em Manufaturas Celulares. Alguns exemplos são as pesquisas de Dhavale (1988, 1992), Spedding e Sun (1999), Ittner e Larcker. (2001), Özbayrak et al. (2004), Brierly et al. (2006), Kao et al. (2006), Satoglu et al. (2006), e Singer e Donoso (2006). Tal número de pesquisa se limita ainda mais quando se procura aproximar a área de Gestão Estratégica de Custos com a Teoria dos Sistemas, visto que os processos quanto à fabricação atualmente são complexos e dinâmicos. Assim, este trabalho explora um tema ainda pouco debatido, tanto empiricamente como teoricamente.

Além disso, as pesquisas anteriormente citadas diferenciam-se desta devido ao método utilizado para aplicar o Método ABC na Manufatura Celular, isto é, o meio pelo qual é realizada a descrição formal de objetos, relações e processos, que permite, variando parâmetros, simular os efeitos de mudanças sobre o objeto de estudo.

1.3 - A questão da pesquisa

Com base nas considerações apresentadas na contextualização, que demonstram uma carência por pesquisas que possam abranger o Método ABC, a Manufatura Celular, e a MDS, a questão chave desta pesquisa, pode ser, assim, apresentada:

Aplicar a MDS no Método ABC comparando-se os resultados com o Custeio Tradicional ou Custeio por Absorção para verificar as vantagens do MDS na gestão em um ambiente de Manufatura Celular.

Nesse enfoque é válido ressaltar que para Lukka e Grandlund (2002) os estudos que consideram modelagem matemática para o Método ABC têm como meta ou objetivo amplo sistematizar a análise quanto ao comportamento dos custos em diferentes tipos de ambientes e construir, algebricamente, modelos que façam a previsão da conduta dessas variáveis mais importantes.

Para tanto, um sistema para Manufatura Celular foi elaborado em ambiente computacional e submetido à produção de quatro produtos; tal processo produtivo sustentou a aplicação do Método ABC com o Método da MDS e o Sistema de Custeio por Absorção.

A investigação e os estudos necessários para realização desta dissertação resultaram da análise relacionada a um experimento idealizado por Dhavale (1992) e aplicado por Spedding e Sun (1999), Cogan (2003), Satoglu et al. (2006), e Singer e Donoso (2006). Tal experimento consistiu na utilização e aplicação do ABC a Manufatura Celular. Nesse sentido, os mesmos foram estudados com propósito de fornecer os subsídios para o processo quanto ao entendimento do objeto de estudo deste trabalho. Além disso, foram utilizadas teses de doutoramento e dissertações para auxiliar na construção e reflexão sobre a base teórica na

qual se assenta esta dissertação.

Dentro dessa perspectiva foi utilizado um aplicativo, o Stella 5; tal escolha foi motivada pela facilidade de utilização e necessidades para obtenção quanto às informações sobre as condições de uma interface comum, visando que os resultados obtidos pudessem contribuir para a evolução dessa verificação no escopo deste trabalho. Esse programa contempla tanto as indispensabilidades para o contexto de custo quanto às relacionadas à análise dinâmica suprimindo, portanto, as limitações da aplicação de ambos os métodos caso utilizados isoladamente.

1.4 - Os objetivos da pesquisa

O objetivo principal desta pesquisa é verificar a possibilidade de aplicação do Sistema ABC com o uso do Método MDS e comparar os resultados com o Custeio por Absorção em Manufaturas Celulares. Contudo, para o alcance desse objetivo em sua totalidade, é necessária a realização dos seguintes objetivos intermediários:

- Examinar as premissas nas quais se assenta o Método de Custeio por Absorção;
- Analisar as bases conceituais do Método ABC visando compreender a maneira de realizar sua aplicação;
- Observar, pormenorizadamente, os princípios fundamentais da MDS no que tange os conceitos utilizados pelo software Stella 5;
- Compreender as principais características da Manufatura Celular;
- Estabelecer o relacionamento entre os principais atores do Método ABC e os atores da MDS para aplicação no ambiente de Manufatura Celular visando à simulação, ou melhor, a aplicação; e

- Realizar a comparação dos resultados obtidos por ambas as técnicas.

1.5 - Justificativa da pesquisa

Segundo o entendimento de Richardson (1999), a pesquisa pode ser compreendida como “um processo de construção do conhecimento que tem como metas principais gerar novos conhecimentos”. Nessa concepção, o desenvolvimento de pesquisas científicas, como bem salienta Relvas (2003), se justifica pelo esforço da obtenção de respostas para as questões que dizem respeito à humanidade.

Justifica-se a escolha do tema abordado nesta dissertação, tanto pela correlação dos seus objetivos com o campo de atuação da Engenharia de Produção, pois para Santos e Jabbour (2008, p. 2), o principal âmbito dessa ciência é:

A Engenharia de Produção está voltada para uma ampla gama de desafios complexos que envolvem as pessoas e tecnologia. A Engenharia de Produção cria valor mediante uma visão holística das interfaces complexas. Como outros campos de engenharia, o currículo básico inclui matemáticas e as ciências físicas. [...] a principal diferença da Engenharia de Produção das outras disciplinas de engenharia é a ênfase nas ciências sociais e na vida.

Ademais, os seus objetivos também são congruentes aos objetivos gerais da Ciência Contábil visto que, para Relvas (2003), essa área do conhecimento está voltada “para a solução de problemas coletivos dentro de seu campo de atuação, que consiste no fornecimento de informações úteis para o processo decisório de diversos tipos de usuários”.

Nesse enfoque, este trabalho pretende contribuir com o desenvolvimento da Engenharia de Produção e da Ciência Contábil, pela exposição e verificação da possibilidade de aplicação do Método ABC, com o uso da MDS, em Manufaturas Celulares. Cabe salientar que a presente pesquisa poderá facilitar a realização de novas pesquisas no que tange seu escopo.

Para Silva e Menezes (2005), a contribuição que se espera da dissertação pode ser a sistematização do conhecimento em um determinado tema, enquanto que para a tese a contribuição esperada é uma nova descoberta ou consideração inédita sobre um tema clássico. Contudo, deve-se ressaltar ainda que, mesmo com algumas limitações, a questão dessa pesquisa contempla uma particularidade inédita, que é a de verificação e utilização de um novo enfoque para aplicação do Método ABC em Manufatura Celular utilizando-se do Método MDS.

1.6 - Delimitações do trabalho

Esse trabalho contempla, à luz da Gestão Estratégica de Custos, a verificação da possibilidade de aplicação do Sistema ABC mediante MDS e a comparação dos resultados com o Custeio por Absorção em Manufaturas Celulares.

Nesse contexto, esse trabalho limitou-se a dois aspectos: (a) ambiente de verificação da possibilidade; e (b) comparação com outros métodos de custeio. No tocante, a primeira limitação, conforme justificado anteriormente, foi escolhido à Manufatura Celular e, conseqüentemente, sua capacidade e arranjo quanto à produção. No que tange, a segunda delimitação foi selecionado apenas Custeio por Absorção como outro método para comparação; pois é o único aceito pela Auditoria Externa das Companhias Abertas e pela legislação do Imposto de Renda (NEVES e VICECONTI, 2003).

1.7 - Estrutura do trabalho

Além desta introdução este trabalho está estruturado, a saber: no segundo capítulo faz-se uma revisão bibliográfica a respeito do Custeio por Absorção, do Método ABC, e da

Manufatura Celular; o terceiro capítulo contempla os procedimentos e os critérios obedecidos que conduziram a realização desta pesquisa; no quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos. Finalmente, o quinto capítulo apresenta os entendimentos ou as deduções de maneira objetiva quanto aos resultados alcançados, ou seja, as conclusões.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

“Todas as pessoas que chegaram aonde estão
tiveram que começar por onde estavam.”
Robert Louis Stevenson

A crescente exposição das organizações à concorrência mundial exige dos gestores uma atualização e aprofundamento nos métodos para análise quanto à rentabilidade; assim, para tal condução, existe a necessidade da apuração dos custos, ou seja, informações dos custos no tocante aos processos de transformação referentes aos produtos (GALESNE et al., 1999) ou a identificação da demanda de cada produto quanto aos recursos produtivos. Dentro desse enfoque a análise e, conseqüentemente, o método para custear, coloca em causa a noção referente à rentabilidade da organização, considerando que cortar os custos na perspectiva de atender o curto prazo apresenta efeitos imediatos como, por exemplo, o aumento no lucro. Entretanto, a longo prazo tal escolha pode admitir privação na posição competitiva da organização.

À luz do exposto anteriormente, os métodos para custeio além de calcular os custos totais dos produtos tornam-se ferramentas essenciais quanto aos controles que auxiliam nas estratégias competitivas da organização. Tal concepção é essencial, visto que informações de péssima qualidade sobre os mesmos conduzem à distorções no conjunto das ações relativas a qualquer natureza como, por exemplo, política institucional, oportunidade financeira e investimento que a organização adote para alcançar um determinado objetivo.

Dentro desse enfoque, este capítulo tem como objetivo oferecer, em um caráter de referencial teórico, noções diretas e objetivas sobre Custeio por Absorção, Método ABC e da Manufatura Celular.

2.1 - Custeio por Absorção

2.1.1 - Origem histórica do Custeio por Absorção

A Contabilidade de Custos, área maior do Custeio por Absorção, originou-se da Contabilidade Financeira, mais precisamente, da necessidade de se avaliar estoques nas indústrias da era mercantilista (MARTINS, 2003).

Com a Revolução Industrial, no século XVIII, o sistema de contabilidade tradicional das partidas dobradas começou a sofrer modificações visando à obtenção do custo dos produtos fabricados. Esse processo, segundo Relvas (2003), foi também de encontro com os princípios contábeis referentes à competência e confrontação como, por exemplo, as exigências fiscais e da Comissão de Valores Mobiliários - CVM, assim, foi-se consolidando uma hegemonia pelo uso do Custeio por Absorção ou Método Original de Custeio.

Contudo, a utilização das informações concernentes aos custos como princípio para as análises gerenciais é recente. Além disso, os custos de transformação foram as primeiras instruções geradas mediante a Contabilidade Gerencial. Segundo Johnson e Kaplan (1991), por volta de 1880 a 1910, os engenheiros e administradores de grandes organizações, como metalúrgicas e tecelagem norte americanas, haviam desenvolvido os cálculos gerenciais dos custos da produção. No entanto, nesse mesmo período, os custos variáveis representavam a maior parcela dos custos totais, porém, tal situação é diferente do contexto atual das organizações no qual o custo variável, na maioria dos casos, é a menor fração dentro da composição atual quanto aos custos.

Cabe ressaltar, mesmo que haja esse ponto de convergência, a respeito da origem do

Custeio por Absorção, que existem apontamentos na obra intitulada *Riqueza das Nações*⁴ de Adam Smith sobre os custos de produção. Além disso, conforme já comentado anteriormente na introdução deste trabalho, o pesquisador Ricardino (2005) apresenta, de maneira muito convincente, uma opinião divergente de muitos autores brasileiros e norte-americanos quanto a origem da Contabilidade Gerencial e Contabilidade Societária, assim, conseqüentemente da Contabilidade de Custos, pois para esse pesquisador tais práticas têm origens com os *manors*, por volta de 1200, nas antigas propriedades rurais da Inglaterra Medieval. Entretanto, como muito bem observado por esse mesmo pesquisador, até mesmo esse apontamento pode ser contestado visto que abrangeu somente o enfoque anglo-americano do desenvolvimento da Contabilidade Gerencial não contemplando informações sobre o progresso dessa ciência em outros países como Japão, China, Paquistão, Rússia e etc.

Contudo, não cabe nesta dissertação a apresentação de um apontamento conclusivo sobre a origem do Método de Custeio por Absorção, mas sim verificar e apontar as diferentes opiniões existentes sobre esse tema e a relevância para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1.2 - Objetivo do Custeio por Absorção

Esse método de custeio apresenta como objetivo a apuração de custos, visando o rateio de todos os seus elementos (fixos ou variáveis) em cada fase da produção. Nesse sentido, um custo é absorvido quando for atribuído a um produto ou unidade da produção, assim cada produto admite sua parcela no custo até que o valor aplicado esteja completamente absorvido pelo Custo dos Produtos Vendidos ou pelos Estoques Finais (NEVES e VICECONTI, 2003).

Ainda nessa linha, cabe parafrasear, adicionalmente, a definição dada por Martins (2003, p.41) visando a compreensão quanto ao objetivo do Custeio por Absorção:

⁴ SMITH, Adam. **A riqueza das nações**: Investigação sobre sua natureza e suas causas. 2. ed. São Paulo: Nova

Custeio por Absorção é o método derivado da aplicação dos princípios de contabilidade geralmente aceitos [...]. Consiste na apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados, e só os de produção; todos os gastos relativos ao esforço de fabricação são distribuídos para todos os produtos feitos.

Valendo-se de tais definições, a apuração do Custeio por Absorção é realizada mediante os seguintes procedimentos, conforme ressalta Relvas (2003):

- Realizar a separação entre custos e despesas;
- Fazer a classificação dos custos em diretos e indiretos;
- Apropriar os custos diretos aos produtos;
- Alocar os custos aos centros de custos, ou seja, departamentos ou processos de fabricação; e
- Atribuir os custos indiretos com bases em critérios de rateios, de forma que a apropriação seja proporcional a um parâmetro como, por exemplo, horas máquinas ou outros passíveis de medições.

Para melhor compreensão do Custeio por Absorção é necessário a compreensão do conceito de taxa para rateio que, conforme Bruni e Famá (2004), é o divisor proporcional para atribuir os custos fixos aos produtos. Tal proporção pode ter como base, por exemplo, a quantidade de horas máquinas empregadas na produção, mão-de-obra direta, e o material direto (SANTOS - B, 2005).

Considerando esses apontamentos é necessário realizar uma breve apresentação dos conceitos de Custos e Despesas, e Custos Diretos e Indiretos. Sendo assim, as próximas seções abordarão essas definições.

2.1.3 - Diferença entre Custos e Despesas

Para melhor expor a diferença entre custo e despesas se faz necessário expor suas definições. Assim, nas palavras de Bruni e Famá (2004, p. 25), a definição de custo pode ser compreendida como:

Representam os gastos relativos a bens ou serviços utilizados na produção de outros bens ou serviços. Portanto, estão associados aos produtos ou serviços produzidos pela entidade. Como exemplos de custos podem ser citados os gastos com matérias-primas, embalagens, mão-de-obra fabril, aluguéis e seguros de instalações fabris etc.

Ainda nesse contexto, para Atkinson et al. (2000), custo pode ser definido como os valores monetários de bens e serviços gastos para se obter benefícios reais ou futuros. Além disso, é válido ressaltar que os insumos de produção adquiridos pelas indústrias, enquanto não utilizados no processo produtivo, representam um investimento ou ativo. E apenas no momento em que é realizada a solicitação desses insumos pelo setor de produção que os mesmos passam a ser considerados custos.

Por outro lado, a definição de despesa, na perspectiva de Neves e Viceconti (2003), deve ser compreendida como todos os gastos com bens e serviços não utilizados nas atividades produtivas e consumidos com a finalidade de obtenção de receitas. Apreciando essas definições a diferenciação, em termos amplos, pode ser realizada atentando-se que todos os gastos incorridos até o momento em que o produto esteja pronto para a venda são custos e; conseqüentemente, os gastos realizados após esse momento são considerados despesas. A Figura 1 a seguir é representativa desses conceitos.

Figura 1 - Diferenciação entre custo e despesa

Fonte: Adaptado de Bruni (2006).

Bruni e Famá (2004) evidenciam que, em situações específicas, pode ocorrer alguma incapacidade de discernir e, conseqüentemente, de reconhecer as diferenças entre custos e despesas, por conseguinte, esses pesquisadores sugerem algumas regras que podem ser seguidas nesses casos:

- Valores irrelevantes devem ser considerados como despesas; tal fato tem como pressuposto o princípio do conservadorismo e materialidade⁵;
- Gastos com pesquisa e desenvolvimento de novos produtos podem ter dois tratamentos: como despesas do período em que incorrem ou como investimento para amortização na forma de custo dos produtos a serem elaborados futuramente⁶;
- Valores com rateio extremamente arbitrário também devem ser considerados como despesa do período; e
- Valores relevantes que têm sua maior parte considerada como despesa, com a característica de se repetirem a cada período, devem ser considerados em sua íntegra de acordo com o princípio do conservadorismo.

⁵ Para maiores informações sobre esses princípios e, conseqüentemente, sobre os princípios fundamentais da Contabilidade consulte a resolução nº. 750 do Conselho Federal de Contabilidade de 29.12.1993, publicada no Diário Oficial da União.

⁶ Esse apontamento foi tratado, com propriedade, por Kaplan (1988) em seu artigo intitulado **One System Cost Isn't Enough** na Harvard Business Review.

Entendendo os raciocínios expostos anteriormente, pode-se inferir ou deduzir que há necessidade da diferenciação da concepção de custos e despesas. Nesse sentido, o próximo tópico abordará de maneira resumida o conceito de Custos Diretos e Custos Indiretos.

2.1.4 - Custos Diretos e Custos Indiretos

No entendimento de Martins (2003) e Iudícibus e Marion (2006), os Custos Diretos são os custos que podem ser diretamente apropriados aos produtos, bastando que para isso exista uma medida de consumo como, por exemplo, quilogramas de materiais consumidos, embalagens utilizadas, horas de mão-de-obra utilizadas ou quantidade de força consumida. Em contrapartida, os custos que não oferecem nenhuma condição de medida objetiva e que qualquer tentativa de alocação tem de ser realizada de maneira estimada muitas vezes arbitrária são denominados de Custos Indiretos como exemplos dessa classe estão os materiais indiretos e mão-de-obra indireta.

Segundo Relvas (2003), essa classificação dos custos em diretos e indiretos tem como princípio o objeto, ou seja, a facilidade de identificação e medição física do consumo de recursos pelo objeto de custeio. Ainda nesse sentido, Neves e Viceconti (2003) chamam a atenção para dois apontamentos na classificação dos Custos em Diretos e Custos Indiretos: (a) Se a empresa produz apenas um produto, todos os seus custos são diretos; e (b) Às vezes, o custo é direto por natureza, mas é de tão pequeno valor que não compensa o trabalho de associá-lo a cada produto, sendo tratado como indireto.

Entre os Custos Diretos a Mão-de-Obra Direta - MOD ganha destaque, pois tem como ponto central o ser humano que apresenta seus esforços relacionados aos benefícios recebidos pela organização. Esse insumo, segundo Bruni e Famá (2004), corresponde aos esforços produtivos das equipes relacionadas à produção dos bens comercializados ou dos serviços

prestados. De certa maneira, refere-se apenas ao pessoal que trabalha diretamente sobre o produto em elaboração de quem executou o trabalho.

Os custos da MOD no Brasil geralmente são altos visto que quanto maior os valores despendidos com a mesma maiores serão os valores correspondentes aos encargos. Nesse sentido, Santos (2005 a) sugere que seja realizada a análise da produtividade da MOD a fim de verificar a eficiência apresentada pelos funcionários que trabalham na área de produção.

2.2 - Método ABC

2.2.1 - Origem histórica do Método ABC

A maioria dos procedimentos idealizados entre 1880 a 1910 foram substituídos por métodos de avaliação dos custos desenvolvidos pelos contadores no século XX. Não apenas foram estabelecidos novos processos, mas também modernos princípios, visto que a contabilidade ajustava a finalidade quanto a avaliar as oportunidades internas de ganhos com seus recursos e controlar os processos e atividades que geravam os maiores retornos possíveis para a vinculação do desempenho de cada processo à rentabilidade global da organização (COOPER e KAPLAN, 1988).

Desde 1880, os métodos de custeio já coletavam informações para auxiliar os gerentes quanto aos processos de: (a) avaliar e controlar a eficiência interna das operações oferecendo um *feedback* ou retro alimentação para os gerentes sobre os recursos consumidos; (b) computar ou mensurar os custos aos produtos; (c) auxiliar em estudos específicos para a organização; (d) distribuir os custos para elaboração dos demonstrativos financeiros; e (e) avaliar o inventário. Com as linhas de produtos, relativamente homogêneas e poucos processos a meta de alcançar a eficiência nos mesmos era provavelmente suficiente para garantir a rentabilidade global da organização.

Por outro lado, com as linhas de produtos heterogêneas, passou a existir a necessidade do conhecimento relativo às diferenças de custos entre os produtos mesmo que fossem empregados processos subjacentes para esse fim. Especialmente nessas organizações, as informações de custos eram utilizadas para monitorar a eficiência, rentabilidade global e, em alguns casos, o desempenho dos funcionários, visto que os salários fixos não favorecem a produtividade, cuidadosamente, remontadas aos produtos.

Mais adiante, por volta de 1920, as linhas de produção das organizações já apresentavam em seus mix de produção vários produtos. Ainda que não tão expressivo quando comparado aos níveis atuais, tal variedade de produtos das mesmas não consentia com o efeito deformador provocado pelos métodos simplistas utilizados para atribuição dos custos (JOHNSON e KAPLAN, 1991). Conforme já citado na introdução dessa dissertação, até 1925 todos os procedimentos de mensuração e controle para atender a demanda referente às informações sobre eficiência e rentabilidade da atividade econômica interna das organizações já estavam desenvolvidos.

Os avanços na Contabilidade de Custos, até 1960, não acompanharam a Tecnologia da Informação; assim, os acadêmicos, pesquisadores e gestores se deixaram iludir pela idéia de um modelo simplificado do comportamento das organizações. Nas décadas subseqüentes, com a expansão das linhas de produtos, mudança da tecnologia de produção, diminuição dos ciclos de vida dos produtos, alterações nas condições referentes à competição global e a ocorrência de grandes avanços na tecnologia da informação, houve a necessidade de se reconsiderar a decisão quanto a investir num sistema de Contabilidade Gerencial mais relevante e mais oportuno. Nesse contexto, por exemplo, entre 1960 e 1965, a Contabilidade de Custos começou a servir como campo para experiência da Pesquisa Operacional.

Ainda, nesse encadeamento de idéias, é válido ressaltar que, para compreensão dos fundamentos normativos que estruturam os raciocínios relevantes ao processo de custeio, Johnson e Kaplan (1991) e Kaplan (1984; 1990) destacam que o interesse pela área resulta de

dois fatores: a) os ambientes nos quais os produtos estão submetidos têm sofrido mudanças substanciais; e b) o sistema tradicional sofreu fortes críticas. Assim, as organizações necessitavam de um novo método, quanto ao custeio, visando atingir os seguintes objetivos:

- Alocar os custos dos produtos vendidos por um período para gerar relatórios externos e internos;
- Auxiliar a fixação de um limite mínimo para as deduções como, por exemplo, os descontos nos preços;
- Controlar e fixar valores aos estoques;
- Detectar perdas, desperdícios e roubos;
- Determinar os produtos mais rentáveis e os menos rentáveis;
- Dispor o *feedback* econômico para os gestores relacionado às melhorias e eficiências nas operações existentes;
- Estabelecer vínculos com as contas financeiras;
- Fornecer informações alusivas quanto aos custos e mix de atividades existentes e suas relações com a redução das despesas;
- Prover informações para auxiliar na determinação dos preços de venda (DRURY e TAYLES, 2006);
- Deduzir os custos ociosos nas operações; e
- Testar a eficiência de diferentes processos ou, ainda, departamentos (CLARK, 1962).

Além disso, tais considerações devem ter como pano de fundo o contexto em que o modelo da Manufatura Tradicional organizava o sistema produtivo visando linhas funcionais, isto é, uma produção na qual o custo unitário de preparação era reduzido mediante aumento do lote, pois os custos relacionados à preparação até certo nível se mantinham iguais. No

entanto, para se manter tal padrão eram necessários altíssimos níveis concernentes aos estoques servindo como uma rede de proteção contra imprevistos ou incertezas que pudessem comprometer a eficiência desse cenário (COGAN, 2003).

Na década de 1970, as empresas japonesas começaram a fomentar mudanças nas bases dos seus sistemas produtivos e os resultados dessas foram os surgimentos de técnicas como, por exemplo, o *Just in Time*, que combinava as vantagens das variedades dos produtos com a economia de produção em larga escala e então, os resultados dessas inovações foram repassados para os preços das mercadorias (NAKAGAWA, 1991; JONES e DUGDALE, 2002).

Essas mudanças dificultaram a situação das organizações baseadas em modelos de lotes econômicos ou modelos de produção em massa, que responderam com extremos cortes nos seus custos gerais tais como em horas extras da mão-de-obra envolvida no processo produtivo; todavia, logo se percebeu que tamanha diminuição ainda não seria suficiente para revitalizar o poder de concorrência das organizações.

De certa forma, esses cortes foram uma tentativa de solucionar as dificuldades que as organizações enfrentavam e não as causas geradoras dos problemas. Como resultado, o desfecho para esse cenário foi a adoção das inovações tecnológicas dentro do processo de produção, isto é, os processos de automação atingiram a fábrica. Porém, tais conseqüências fomentaram novos desafios para os gestores, pois as alterações da tecnologia aumentaram o surgimento de novos produtos existindo, assim, a necessidade de ampliação na capacidade referente aos departamentos auxiliares como, por exemplo, Pesquisa e Desenvolvimento, Marketing e etc.

Resumidamente, o declínio relacionado à Manufatura Funcional provocou nas organizações a redução relativa dos custos variáveis devido à adoção das inovações tecnológicas e essas fomentaram o aumento nos dispêndios fixos. Como resultado, se ativou uma crise de crenças cujas autoridades e pesquisadores da Contabilidade de Custos abordaram

em um nível discursivo de consciência, culminantemente, chamado de *Relevance Lost*, e sinalizaram o rompimento das práticas conscientes (JONES e DUGDALE, 2002). Então, nesse mesmo período, foi criado um consórcio entre organizações industriais, acadêmicas e governamentais a fim de buscar soluções para problemas relativos à competitividade denominado CAM-I (NAKAGAWA, 1991; COGAN, 2003; ARMSTRONG, 2002).

Em uma das publicações desse consórcio foi exposta a idéia de Custeio por Atividades, isto é, o *Activity Based Costing* (ABC), de forma ampla, como ferramenta para a Contabilidade de Custos. A introdução da mesma, a nível gerencial, tenta determinar os custos visando criar ou sustentar uma vantagem competitiva (COGAN, 2003).

Para Relvas (2003), a abordagem de informação baseada em atividades para fins de custeio, controle ou gerenciamento das operações, um antecedente do método denominado ABC, já era utilizada por vários estudiosos, como: Frederick W. Taylor; Henry Fayol; Chester Barnard; Thomas H. Johnson; Gordon Schillinglaw; Troxel e Weber Jr.; George J. Staubus; Elwood S. Buffa; George S. G. Leone; e John K. Schubert. Contudo, a mesma pesquisadora ressalta que um dos principais antecedentes do ABC foi o impacto do artigo intitulado *The Hidden Factory* de Miller e Vollman, publicado em 1985 na *Harvard Business Review*⁷.

Lukka e Granlund (2002) e Major e Hopper (2005) argumentam que a aproximação de muitos pesquisadores, especialmente a de Robert S. Kaplan, às grandes organizações como John Deere, Scovill Corporation, Hewlett-Packard, Siemens, Schrader Bellows, e Weyerhaeuser fomentaram a difusão dessa idéia nos ambientes empresariais e acadêmicos. Innes et al. (1994) complementam a lista quanto às grandes organizações do Reino Unido, e as respectivas áreas de atuação das mesmas, que adotaram o Método ABC conforme apresentado no Quadro 1.

⁷ MILLER, Jeffrey G.; VOLLMAN, Thomas E.. The hidden factory: Cutting the explosive growth of overhead costs requires mastery of more than just what happens on the shop floor. **Harvard Business Review**, [s.l], n. 63, p.142-151, Sept-Oct, 1985.

ORGANIZAÇÕES	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Acritalia	Serviços aéreos
Advanced Micro Devices	Manufatura
Cummins Engine Co.	Engenharia
DHL International	Serviços de mensagem
Farrall Inc.	Manufatura
Ericsson	Telefonia
Hewlett-Packard	Eletrônica
IBM	Eletrônica
Kanthal	Engenharia elétrica
Kraft USA	Alimentação
Lucas Industries	Engenharia
Royal Bank of Scotland	Bancário
Schrader Bellows	Engenharia
Severn Trent Water	Fornecimento de água
Slade Manufacturing, Inc.	Partes automotivas
Team Aer Lingus	Aeronaves
Tektronic	Eletrônica
Williams Brothers Metals (WBM)	Fabricação e distribuição de metais

Quadro 1 – Exemplos de organizações que adotaram o ABC

Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1992), Innes et al. (1994), e Jones e Dugdale (2002).

Historicamente, segundo Jones e Dugdale (2002), o Método ABC passou por dois grandes períodos: o primeiro, por volta de 1984 a 1989 no qual os objetos de discussão foram a acurácia, alocação, gerenciamento das atividades e desempenho quanto à mensuração. Posteriormente, entre 1989 e 1992, a abordagem estava voltada para o fornecimento de recursos e suas utilizações, hierarquia de custos, suficiência na acurácia e contribuição para a análise marginal. Essas fases ou ondas podem ser divididas em quatro estágios, isto é, observação e prática de inovação, explanação sobre a inovação, escrita de livros e artigos e a implementação do conceito em organizações.

A principal vantagem do ABC, segundo Drury e Tayles (2006), está centrada no fornecimento de um mapa referente à lucratividade dos produtos. Tal quadro sinóptico é utilizado, principalmente, pelos gestores da organização, com o objetivo do provimento das bases para avaliar a rentabilidade e as suas implicações no tocante as decisões gerenciais. Ademais, Innes et al. (1994) complementam essa vantagem acrescentando que o Método ABC apresenta a capacidade de análise dos custos colaborando na tomada de decisão.

2.2.2 - Componentes do Método ABC

No entendimento de Relvas (2003), o ABC é o processo que mensura os custos e desempenho dos objetos de custos, atividades e recursos. Os objetos de custos consomem as atividades e estas consomem recursos. Os custos dos recursos são atribuídos as atividades pelo uso que fazem desses recursos e os custos das atividades são atribuídos aos objetos de custos. Dentro dessa perspectiva, o ABC incorpora as relações causais entre os objetos de custos e as atividades bem como entre as atividades e os recursos.

Nakagawa (1991) destaca que o ABC não se diferencia do sistema de Custeio Baseado em Volume apenas pela mudança das bases de alocação de custos, mas também pela identificação que faz dos custos por atividades e da maneira como aloca os custos aos produtos mediante um maior número de bases de rateio. Ainda nessa linha, algumas diferenças entre o ABC e o Custeio por Absorção são apresentadas no Quadro 2.

ASPECTOS ABORDADOS	AUTOR	TRADICIONAL	ABC
Utiliza múltiplos grupos de custos.	Lere (2001)	Não	Sim
Provoca aumento de produtividade.		Não	Não
Apresenta estimativas dos custos das ações não tomadas ou não produtivas.		Não	Sim
Apresenta fundamentação e aceitação legal como, por exemplo, atende a legislação do imposto de renda.	Neves e Viceconti (2003, 2005)	Sim	Não
Segue os princípios contábeis geralmente aceitos.		Sim	Não
Apresenta distorções quando a organização apresenta um grande mix de produtos.	Santos (2005 b)	Sim	Não

Quadro 2 – Aspectos ou principais diferenças entre os Métodos ABC e o Tradicional

De maneira geral, as superioridades do Método ABC se assentam sobre um dos três níveis de hierarquia relativos ao gerenciamento por atividades (*Activity Management*), conforme apresentado na Figura 2, assim, o mesmo identifica quais atividades estão ligadas com a geração de lucro.

Figura 2 – Hierarquia do gerenciamento por atividades

Ainda nesse contexto cabe ressaltar as definições desses principais níveis de hierarquia postulados por Baird et al. (2004):

- **ABC:** progrediu como o estágio adicional para rastrear os custos aos produtos e serviços identificando o consumo dos recursos por meio das atividades; em outras palavras, nesse estágio os direcionadores de custos são utilizados para custear os produtos e conduzir ou auxiliar a decisão dos gestores (GUPTA e GALLOWAY, 2003);
- **ACA:** reside na identificação de cada atividade e os fatores que provocam a variação no padrão quanto ao consumo dos recursos, ou seja, identificar os direcionadores relacionados aos custos; e
- **AA:** consiste na identificação das atividades e procedimentos que convertem materiais, mão de obra e outros recursos em *outputs*, isto é, nesse estágio são realizadas as coletas das informações para mensurar o desempenho referente às atividades, mas não com o propósito de custear produtos.

Subseqüentemente, algumas pesquisas (BAIRD et al. 2004; ROZTOCKI e SCHULTZ, 2003) desassociam esses níveis em padrões menores tais como, por exemplo;

Activity Based Cost Management (ACBM), e *Activity Analysis* (AA) a fim de analisar os problemas referentes aos custos com base em dados e, por consequência, em informações. Além disso, Pamplona (1997) teceu alguns comentários sobre essa hierarquia no qual afirma que, independentemente da abordagem ou padrões utilizados, é necessário compreender o processo de produção dos bens e serviços da organização.

Essa percepção pode ser realizada, como sugestão de Pamplona (1997), por meio da Análise de Processo Empresarial ou *Business Process Analysis - BPA*, ou seja, identificar as funções e dividir em atividades. Nesse enfoque, o BPA pode ser utilizado como um método para determinar as atividades e, por conseguinte, aplicar o Método ABC. A Figura 3 apresenta o relacionamento do BPA e ABC.

Figura 3 – Relacionamento entre os Métodos BPA e ABC

Em termos amplos, Jones e Dugdale (2002) indicam que o Método ABC fornece as informações e o BPA as utiliza em várias análises no campo da melhoria contínua, ou seja, $ABC + BPA = AÇÃO$. Além disso, esses autores complementam que tal método não deve ser compreendido, apenas, como uma ferramenta para o custeio, visto que essa concepção deve ser extrapolada até os limites de transformá-lo em um instrumento gerencial, estratégico ou

um *juggernaut*, isto é, uma força inexorável da modernidade. Contudo, Relvas (2003) complementa que esse relacionamento considera a segunda versão do ABC e que, atualmente, uma abordagem mais completa exige a complementação do Gerenciamento ou Gestão Baseada em Atividade – ABM.

Considerando-se que a tipologia hierárquica quanto ao gerenciamento de atividades neste estudo é o ABC, faz-se necessário examiná-lo detidamente, isto é, a partir do princípio de que as atividades consomem recursos e que tal ato de absorção é mensurado mediante os direcionadores de custos que são reportados aos exercícios da produção de bens ou serviços. Nesse sentido, as próximas seções abordam os conceitos de recursos, de atividades, e direcionadores de custos, ou seja, são apresentados os componentes do Método ABC.

2.2.2.1 - Recursos

No bojo da administração de produção, Slack et al. (2002) enuncia que os recursos são todos os *inputs* utilizados no processo de produção de produtos ou serviços e que são classificados em dois grupos distintos: a) recursos de entrada a serem transformados como, por exemplo, materiais e informações; e b) recursos de entrada de transformação, ou seja, as instalações e o pessoal.

Relvas (2003, p. 171) apresenta um conceito aderente ao abordados por Slack et al. (2002), porém, na sua manifestação, o foco é voltado para o Método ABC. Assim, considerando o contexto dessa dissertação, se faz imprescindível a exposição de suas palavras:

Recursos são definidos como “elementos econômicos, aplicados ou utilizados para a consecução das atividades ou para diretamente suportar os objetos de custos. Eles incluem pessoas, materiais, suprimentos, equipamentos, tecnologias e instalações. Contudo, considerando que as

características dos recursos de uma organização independe do método de mensuração em moeda, outras referências devem ser consideradas.

Ainda dentro desse contexto, Martin (1999) subdivide os recursos que as organizações empregam para produção de bens e serviços em quatro grandes grupos:

- Recursos tangíveis: são todos os bens dotados de características físicas que a organização utiliza em seu proveito como, por exemplo, materiais, instalações, equipamentos, hardwares, imóveis e etc;
- Recursos intangíveis: são todos os meios desprovidos de características físicas como, por exemplo, marcas e conhecimentos;
- Recursos fungíveis: todos os bens que são consumidos integralmente no ato de seu emprego, ou seja, consumidos totalmente no seu primeiro uso como, por exemplo, a energia elétrica e os materiais; e
- Recursos não-fungíveis: ao contrário dos recursos fungíveis seu consumo não ocorre totalmente na primeira utilização como, por exemplo, os equipamentos.

A importância da compreensão dos recursos e suas classificações têm como base a identificação do custo de uma atividade, pois para que sejam determinados existe a necessidade de identificar o recurso utilizado e quanto ou as medidas físicas requerida.

2.2.2.2 - Atividades

De certa maneira, todos os produtos e serviços necessitam de processos, ou seja, não existe um processo sem produto ou serviço. Essa concepção explica ou expõe uma das principais razões para que o Método ABC se fundamente sobre a noção de atividade (RELVAS, 2003).

Ainda nesse sentido, Cogan (2003) complementa que o fato das atividades serem a base do Método ABC tem como fundamento o nível de detalhamento ou agregação apresentado pelas mesmas. Ademais, reportar o custo a um nível superior como, por exemplo, as funções, provocaria uma dificuldade no rastreamento das principais complexidades da organização, visto que as informações estariam muito condensadas; entretanto, se os custos tivessem como base as operações os seus cálculos seriam muito complexos; visto o detalhamento das informações. Com base nesse contexto, se faz necessário apresentar as definições dos componentes e da hierarquia relacionada às atividades:

- Função é o conjunto de atividades com um fim semelhante, ou seja, com o mesmo propósito como, por exemplo, a compra de insumos (BRIMSON, 1991);
- Atividades correspondem a todos os processos realizados para converter recursos como, por exemplo, material, mão-de-obra e tecnologia em produção ou maneiras nas quais as indústrias ou a organização se dispõem e consomem os recursos para alcançar os principais objetivos (COOPER et al., 1992; LERE, 2001; PAMPLONA, 1997);
- Tarefas são possíveis combinações dos elementos de trabalho que constituem uma atividade, além disso, cabe ressaltar que, as organizações podem realizá-las as mesmas de forma bem diferente (COGAN, 2003); e
- Operação é a menor unidade de trabalho com o objetivo de planejar ou controlar as realizações das organizações (BRIMSON, 1991).

No entendimento de Thyssen et al. (2006), a Figura 4 mostra os componentes anteriormente definidos, ou seja, operação, tarefa, atividade e função. Tal representação é apresentada visando à exposição de exemplos que facilitem o entendimento dos conceitos.

Figura 4 – Componente na hierarquia do Método ABC

Fonte: Adaptado de Thyssen et al. (2006).

A alocação dos custos considerando o Método ABC pode identificar atividades que agregam ou não valor aos produtos, conseqüentemente, as atividades que não agregam valor aos produtos podem ser eliminadas visando diminuição dos custos. Além disso, Martins (2003) chama a atenção para o fato de que através da execução das atividades surgem os direcionadores de custos. Conseqüentemente, a próxima seção aborda, de maneira breve, os direcionadores de custos a fim de corroborar com os objetivos desta dissertação.

2.2.2.3 - Direcionadores de Custos

Para Armstrong (2002), os direcionadores de custos são índices não financeiros da eficiência dos departamentos utilizados para mensurar as atividades que de certa maneira estabelecem uma relação de causa e efeito. Além disso, Fázio (1997) destaca que, para as seleções referentes aos direcionadores de custos, alguns fatores devem ser considerados como, por exemplo:

- Custo da medição, isto é, existe facilidade financeira para obtenção desses dados necessários para aquisição do direcionador. Quanto menor for esse custo maior será a possibilidade de sua escolha;

- Grau de correlação, ou seja, a relação existente entre o consumo da atividade e a procura real considerando que maiores correlações resultam em facilidades na utilização do direcionador; e
- Efeito comportamental que procede da influência dos direcionadores no comportamento referentes às pessoas. Nesse sentido, busca-se o direcionador que apresente o maior impacto na conduta dos integrantes da organização.

Mais adiante, Cogan (2003) salienta que algumas considerações devem ser realizadas quanto à determinação do número de direcionadores para o Método ABC como, por exemplo:

- O nível da exatidão nos custos dos produtos aumenta, simultaneamente, mediante adoção de um número maior quanto aos direcionadores que, conseqüentemente, resulta na complexidade dos cálculos no Método ABC;
- O grau da diversificação relacionado aos produtos na organização, também, é outro aspecto muito importante considerando que tal deferência carece de acréscimo no número dos direcionadores; e
- Participação dos custos referente às atividades nos custos totais relativos aos produtos, ou seja, um maior número de atividades para os custos que tenham significativa proporção em relação aos custos totais dos produtos.

Por conseguinte, os valores obtidos mediante uma série de observações e utilizados como parâmetros para frequência podem gerar relatórios, com fins gerenciais, dos níveis atuais relacionados aos direcionadores para comparação dos padrões futuros após realização de ações estratégicas. É válido ressaltar que, em organizações de grande porte a seleção dos direcionadores de custo pode ser realizada mediante um software específico, devido à grande

quantidade de dados a serem operacionalizados. Um bom exemplo dessa situação, em que a aplicação do ABC e a definição dos direcionadores são realizadas mediante softwares, é demonstrado na pesquisa de Relvas (2003), realizada no Banco Bradesco, na qual essa pesquisadora indica a utilização de 11 mil atividades e aproximadamente 300 mil relacionamentos entre direcionadores e atividades.

No sentido de exemplificar diferentes tipos de atividades e direcionadores, o Quadro 3 mostra exemplos apresentados por alguns autores e pesquisadores do Método ABC:

PESQUISADORES	OBJETO DO ESTUDO DE CASO	ATIVIDADES	DIRECIONADORES DE CUSTOS
Collier (2006)	Serviços policiais em um departamento de polícia	Atividade de custear os crimes	Número de incidência dos crimes
Thyssen et al. (2006)	Produção em módulos	Atividades de suporte à produção	Número de itens
		Produção de lotes	Número de ordens de produção
Major e Hopper (2005)	Implementação do Método ABC em organizações Portuguesas	Faturamento	Número de notas fiscais emitidas
Armstrong (2002)	Método ABC	Analisar as condições de crédito dos clientes	Número de consulta ao sistema financeiro
Brown et al. (1999)	Execução e adequação do Método ABC em agências públicas	Realizar atividades financeiras	Número de orçamentos realizados
Roztock et al. (1999)	Pequenas organizações	Transporte	Distância (metros ou milhas)
		Ativo fixo - depreciação	Valor financeiro do recurso
		Entrar em contato com os clientes	Número de contatos realizados
		Controle de locações	Espaço físico (metros)
		Realizar atividades de escritórios	Nível em porcentagem do uso de materiais em escritório
		Efetuar trabalhos de engenharia	Horas de trabalho
		Comprar matéria-prima	Número de ordem de compra
		Realizar o <i>Setup</i> nas máquinas	Número de ordens de produção
Goddard e Ooi (1998)	Apropriação do Método ABC na livraria da Universidade de Southampton	Prestar serviços bibliotecários	Espaço físico (metros)
Tsai (1996)	Método ABC	Efetuar a programação da produção	Número de ordens referentes à produção
		Movimentar material na linha de produção	Número de solicitação de material

Quadro 3 – Exemplos de direcionadores para o Método ABC

Notavelmente, em uma *survey* realizada no Reino Unido por Al-Omiri e Drury (2007) os direcionadores de custos são favorecidos quanto à identificação, quantificação e alocação quando a organização já contempla em seus sistemas de produção os métodos ou as boas práticas referentes à manufatura (BANKER e CHEN, 2006) como, por exemplo, o *Just in Time* e a Produção Enxuta.

Com base nesse contexto, cabe ressaltar que, segundo Spedding e Sun (1999), os direcionadores de custos ainda podem ser classificados em três categorias: (a) de transação, isto é, relacionam o tempo às sucessões da atividade; (b) duração, ou seja, que representam o momento ou ocasião necessária para realização das atividades e suas respectivas variações; e (c) intensidade na qual é mensurada a relação entre o consumo de recursos e as atividades idênticas realizadas.

Também, Bornia (2005), Cogan (2003) e Tsai (1996) acrescentam que os direcionadores de custo devem ser subdivididos em dois grupos: os *Resource Driver*, ou seja, aqueles utilizados em um primeiro estágio para atribuir o custo dos recursos às atividades e, como uma consequência, *Activity Driver*, isto é, os indicadores que imputam as atividades aos objetos de custeio, ou seja, aos produtos utilizados em um segundo estágio. A Figura 5 expõe tal tipologia para o Método ABC.

Figura 5 – Tipologia dos direcionados de custos

Importantemente, para Cooper e Kaplan (1988) o acréscimo na quantidade dos direcionadores de custos, isto é, *Resource Drivers* e *Activity Drivers* no Método ABC apresenta como consequência o aumento da precisão relacionada ao custeio dos produtos. Essa concepção deve ser realizada tendo como inspirações teóricas os postulados de Johnson e Kaplan (1991) cujos determinantes primários dos custos não são os volumes físicos da produção, mas as transações que envolvem a troca de matéria-prima ou informações. Ademais, essa premissa quanto ao número relacionado aos direcionadores, segundo Jones e Dugdale (2002), tem como princípio a tradução e transformação de todas as informações das variáveis humanas em elementos não humanos.

2.2.3 - O modelo conceitual do Método ABC

O Método ABC deve fornecer um *background* - uma base aos gestores sobre suas performances, considerando que os custos indiretos deixam obscuras as informações necessárias para que os mesmos realizem as operações de maneira eficiente, ou seja, o ABC oferece um modo particular quanto à significância e legitimidade na organização.

Sob tais condições, nesta dissertação foi utilizado o Método ABC com base em um modelo conceitual, isto é, um construto relacional. Conseqüentemente, foi escolhido o modelo conceitual apresentados por Innes et al. (1994) e, validado na tese de doutoramento de Pamplona (1997), pois como bem salienta Demo (1995, p. 30) em suas próprias palavras:

Não é possível ver a realidade sem um ponto de vista, sem um ponto de partida, por que não há vista sem ponto, nem partida sem ponto. Este ponto é o sujeito, não da realidade. A ciência somente seria objetiva se o sujeito conseguisse sair de si e ver-se de fora.

Nesse modelo conceitual são expostas as idéias concernentes ao centro de atividades,

ou seja, um ponto de convergência para a acumulação dos custos ou níveis de atividade, por exemplo, máquinas, células e peças (SPEDDLING e SUN, 1999; COGAN, 2003). Nesse sentido, a Figura 6 é representativa desse modelo.

Figura 6 – Modelo conceitual do Método ABC
Fonte: Adaptado de Innes et al. (1994) e Pamplona (1997).

Apesar do Método ABC, para Tsai e Lai (2006), ser mais acurado quanto à alocação dos custos visto o desempenho referente às atividades e suas respectivas demandas, o mesmo, segundo Al-Omiri e Drury (2007), não vem sendo empregado pelos gestores nas organizações. Esse apontamento pode ser compreendido a partir de fatores já suscitados por Baird et al. (2004) entre os quais se destacam:

- O tamanho da organização: essa lacuna é fundamentada com base nos seguintes apontamentos: (a) demanda de informações para a gerência com o objetivo de planejar, controlar e coordenar as atividades; (b) investimento, isto é, a implementação do gerenciamento de atividades demanda altos investimentos, assim, apenas grandes organizações o realizam, conseqüentemente, as estruturas empresariais com menos de

cinquenta funcionários são consideradas pequenas para a implementação do gerenciamento por atividade;

- Quantidade de produtos: organizações com um ou poucos produtos podem estimar os custos por meio dos métodos triviais; entretanto, quando há um grande mix de produtos existe uma maior possibilidade ou probabilidade de custear equivocadamente, assim, as quantidades dos produtos afeta a adoção quanto ao Método ABC; e
- Nível de cultura nas organizações: as três dimensões culturais que interferem na admissão relacionada ao gerenciamento por atividades são a inovação, orientação voltada ao lucro e fraco ou forte controle dos gestores ao negócio. A inovação é centrada na capacidade da organização de se adaptar e receber as mudanças do ambiente de atuação. A segunda dimensão refere-se à ênfase dada as expectativas executivas, ações competitivas e resultados. A terceira compreende a ênfase dada no controle das atividades e custos; assim, essa dimensão também é vista como uma extensão que envolve fluxos contínuos de informação como, por exemplo, a presença dos planejamentos extremamente detalhados em orçamentos e sistemas de relatórios.

Dentro desse enfoque, muitas companhias, conforme Kaplan e Anderson (2004), abandonam o Método ABC porque não conseguem capturar ou deter a complexidade das operações que realizam; assim, tal processo se torna longo e de custo elevado, sendo essas as maiores barreiras para execução do plano quanto à implementação. Contudo, esse método pode ser utilizado eficientemente desde que considerados os seis procedimentos reconhecidos por Turney (1991) e Kaplan e Anderson (2004) a partir de suas pesquisas quanto à introdução do Método ABC na organização:

- Convencer os gestores das mudanças: nessa fase há necessidade de criar interesse nos

responsáveis para execução do projeto, além de remover todas as barreiras do projeto e, principalmente, obter o compromisso da administração quanto a todo o processo;

- Programar as implementações: formular os objetivos, descrever cada uma das informações condizentes aos objetivos, fixar os gastos com tais procedimentos, definir a organização do projeto; identificar e selecionar todos os membros necessários no projeto, determinar o treinamento requerido, delimitar as tarefas necessárias e suas respectivas extensões no projeto, ou seja, completar a programação referente ao projeto, e orçar os custos do projeto;
- Obter informações necessárias: nessa parte do processo se faz necessário a coleta de dados e tratamento necessários aos mesmos;
- Desenhar o modelo conceitual do método: identificar as atividades, reconstruir a lógica geral, criar os centros referentes às atividades, definir os direcionadores de recursos, fixar os atributos necessários, selecionar os direcionadores quanto as atividades, e definir objetos de custo;
- Planejar as atualizações: criar relatórios, atualizar o método e, conseqüentemente, o modelo conceitual, aperfeiçoar o sistema de suporte, distribuir informações, e treinar os usuários; e
- Projetar mudanças ou ajustes necessários: declarar tais efeitos aos responsáveis pelo projeto, identificar as metas quanto às melhorias, atribuir responsabilidades para os usuários, fornecer suporte aos mesmos, e coletar e transmitir os resultados a todos os envolvidos.

Todos esses processos representam uma aposta, de natureza excepcional, sobre o Método ABC; assim, à guisa de exemplo, a Figura 7 é apresentada com o propósito de facilitar a compreensão das seis maneiras ou modos pelos quais se realiza uma operação de implementação do mesmo.

Figura 7 – Processos e seqüências para implementação do Método ABC

Fonte: Adaptado de Turney (1991).

Turney (1991) ainda propôs os seguintes procedimentos para se projetar o modelo do ABC considerando sempre os objetos de custo:

- Identificar as atividades, ou seja, detalhar as mesmas para o modelo, utilizar macro atividades, combinar itens insignificantes, e descrever claramente e consistentemente as ações ou trabalhos específicos a serem realizados;
- Reconstruir a lógica geral do custeamento: nesse procedimento há necessidade de combinar as contas contábeis semelhantes, obter os custos ao nível de departamentos, e ajustar itens relacionados com a diminuição progressiva do valor, isto é, a depreciação;
- Criar os centros de atividades: alocar as atividades aos seus respectivos centros, empregar atributos como, por exemplo, demanda de recursos para criar os centros de atividades, e alinhar ou condicionar os mesmos a fim de criar hierarquia de informação;
- Definir os direcionadores: mediante a escolha dos custos que sustentam as atividades primárias, traçar todas as possíveis utilizações dos direcionadores, e separar custos de esforços e não esforços;
- Fixar ou determinar atributos necessários: deixar os responsáveis escolherem os atributos conforme o objetivo principal, permitir que o usuário aponte de maneira sensível os atributos quanto ao julgamento; e
- Selecionar os direcionares de custos: escolher os direcionadores que melhor combinem com os tipos de atividades, dar preferência aos mais correlatos com o atual consumo de recursos, realizar à minimização dos genéricos, fazer a eleição dos que melhor se relacionem ao desempenho da atividade, nomear os que tenham o menor custo para realizar a mensuração, e examinar e escolher os que não precisem de novas

mensurações ou medidas.

Em relação a esses processos, um comentário deve ser feito, considerando o escopo desta dissertação, essa seqüência ou relação de processos não se constitui um ponto final sobre a construção de um modelo, pois sua elaboração é limitada aos esforços intelectuais e à literatura existente sobre o assunto. Contudo, sua utilização ou aceitação não é invalidada por esse motivo, pois para que se chegue a um estágio de conhecimento satisfatório sobre o Método ABC existe a necessidade de reflexão sobre a base de conhecimento até então existente.

Ademais, faz-se mister destacar que a apropriação desses procedimentos deve ser objeto de estudo e reflexão permanente na organização, visto que o ambiente no qual a mesma está inserida é dinâmico. Para facilitar a compreensão desses processos pode-se ilustrar essa situação por meio da Figura 8, ou seja, uma apresentação de maneira genérica.

Figura 8 – Processos e seqüências para desenhar o modelo conceitual do Método ABC

Fonte: Adaptado de Turney (1991).

Além disso, deve ser enfatizado que muitos gestores assumem, conforme Cooper e Kaplan (1988), as decisões quanto aos preços, mix de produção, e processos tecnológicos a partir das informações de custos distorcidas. Tal situação se torna agravante quando as organizações descobrem essa condição no momento em que sua competitividade e lucratividade já estão muito deterioradas. Entretanto, muitos gestores têm o conhecimento de que seus cálculos quanto aos custos não estão precisos; por conseguinte, os mesmos tentam contornar essa posição com o auxílio de ajustes ou arredondamentos. Para tanto, o Método ABC é uma ferramenta de estratégia corporativa, isto é, um sistema formal quanto à contabilidade que reflete radicalmente diferenças de filosofia, assim, nenhum planejamento para com os preços, marketing, e linha ou mix de produção pode ser realizado com ausência do conhecimento acurado de custos.

Nessa configuração, caso exista um grande número referente às atividades que serão custeadas faz-se necessário muito tempo para implementar o Método ABC, porém, consoante às idéias de Satoglu et al. (2006), Speddling e Sun (1999), e Özbayrak et al. (2004) fazer o uso da MDS poderá auxiliar nesse processo mesmo que tal concepção esteja no bojo da Manufatura Celular. Assim, a próxima seção aborda a compreensão da Manufatura Celular com o propósito de colaborar com os objetivos deste trabalho.

2.3 - Manufaturas Celulares

2.3.1 - Definição de Manufatura Celular

Para Tahara (2001), a Manufatura Celular tem um importante destaque entre os sistemas de produção, sendo empregada em parte significativa das empresas de manufatura mundial e alvo de constantes pesquisas no contexto acadêmico. Junqueira (2006) preconiza

que a Manufatura Celular promove a oportunidade para uma melhor utilização dos operários no balanceamento e padronização das operações e admite que a mesma permite uma melhor utilização do espaço e um menor estoque intermediário. Considerando essas primazias no gerenciamento da produção se faz necessário expor a definição de Manufatura Celular, que sustenta a revisão da literatura, apresentada por Yang e Deane (1994, p. 87):

A Manufatura Celular é vista como uma "ponte" entre a Manufatura Convencional e Manufatura Integrada por Computador e a Fábrica do Futuro. Assim, a Manufatura Celular oferece uma potencial mudança da produção em massa, considerada inflexível quanto aos lotes, para uma produção mais flexível que permita lotes menores e com custos mais razoáveis⁸.

Já a definição assumida por Sohal et al. (2001, p. 236) é mais pontual:

A Manufatura Celular é compreendida como um agrupamento de máquinas para processamento de peças similares, ou seja, essa prática permite ou possibilita alcançar a eficiência na produção explorando as semelhanças dos produtos produzidos.

Consistente com essa definição, Tahara (2001) acrescenta que a Manufatura Celular, no que tange o aumento da eficiência, provoca redução dos refugos, diminuição dos custos de controle de qualidade, e a minimização do tempo despendido com o *Setup*. De certa forma, esses fatores são resultantes da característica de que as Manufaturas Celulares possuem mais máquinas do que operadores, assim, os operadores devem operar em mais de uma máquina balanceando a carga de trabalho na célula. Ademais, vários outros benefícios também são resultantes dessa característica como destacam Kannan e Ghosh (1996):

- Redução da fila de produtos para processamento;

⁸ Tradução livre.

- Aperfeiçoamento da qualidade dos produtos, pois o funcionário está mais suscetível ao erro do que à máquina;
- Aumento do espaço no chão de fábrica e, conseqüentemente, a sua melhor utilização;
- Melhoria na mobilidade, responsabilidade e na organização metódica do trabalho em função do operador;
- Diminuição dos esforços para o controle da produção como, por exemplo, redução dos números de relatórios de controles; e
- Facilitação do seqüenciamento e planejamento da produção.

Dentro dessa perspectiva, a Manufatura Celular é resultado de mudanças e transformações científicas e tecnológicas na natureza do trabalho, que apresentava a arte e o trabalho como as suas principais dimensões. Entre essas mudanças se destaca a produção em grande escala, na qual as suas principais perspectivas são produtos padronizados, redução de custos e preços baixos. Assim sendo, sobre o conceito de Manufatura Celular deve-se considerar que a sua formação envolve restrições que variam conforme a organização.

2.3.2 - Origem da Manufatura Celular

A origem da Manufatura Celular, assim como todos os acontecimentos de importância para todas as ciências, exerce atração sobre os novos historiadores, que irão interpreta-la. Sob tais condições, se as interpretações mudam de uma geração para outra, não é só porque foram descobertos novos dados que permitem aos atuais historiadores e pesquisadores corrigirem os erros de seus antecessores, nem tampouco porque cada geração enfoca a história ou a origem partindo de uma série distinta de valores; mas geralmente porque cada geração analisa o

objeto de estudo buscando responder diferentes perguntas.

A partir dessa ponderação e considerando que o principal foco desse trabalho não é realizar uma profunda discussão sobre a origem da Manufatura Celular, nesta dissertação foi aceita, porém endossada ao mesmo, a perspectiva apresentada por Cogan (2003) que a Manufatura Celular surgiu aproximadamente por volta 1800 na Europa⁹. Embora essa estimativa suscite inúmeras discussões à mesma, não invalida nenhum objetivo desta dissertação, pois apenas complementa uma das partes do referencial teórico.

É válido ressaltar que, de certa maneira, a Manufatura Celular é um produto da Tecnologia de Grupos¹⁰ que, por sua vez, remonta ou resulta da produção em alta escala. Contudo, tais processos se tornaram relevantes a partir da utilização ou aproximação do computador aos processos de gestão da produção.

2.3.3 - O Modelo da Manufatura Celular

A formação ou constituição das Manufaturas Celulares é um dos principais problemas para que seja feita a sua aplicação na linha de produção. Em uma perspectiva ampliada, segundo Tahara (2001) e Askin et al. (1997), a Manufatura Celular deve ser elaborada considerando um conjunto de fatores presentes na organização, que interferem em vários níveis no bom desempenho e na facilidade de implementação da mesma. Nesse sentido, Tahara (2001) sistematizou, no referencial teórico de sua tese, as principais abordagens e conseqüentemente, os métodos que podem ser utilizados para a formação de Manufaturas Celulares. A Figura 9 é representativa dessa sistematização.

⁹ Apesar dessa data já em 1903 Conrad N. Lauer discutia em seu artigo titulado “The importance of Cost-Keeping to the Manufacturer” publicado nos Annals of American Academy of Political and Social Science, Vol. 22, Business Management, pp. 47-57 à importância da gerência dos custos no ambiente de Manufatura.

Figura 9 – Principais abordagens para a formação de Manufaturas Celulares
Fonte: Adaptado de Tahara (2001).

Com relação ao projeto ou parte estrutural da Manufatura Celular as seguintes fases geralmente são realizadas com o objetivo de facilitar a implementação do layout da Manufatura Celular:

- Seleção de peças, máquinas e processos e seus respectivos agrupamentos; e
- Escolha de ferramentas, instalações, equipamentos, sistemas operacionais para manipulação de materiais e *pallets*, ou seja, armação de madeira, retangular, em que os bens ou produtos são armazenados.

¹⁰ Para Won e Lee (2001), a Tecnologia de Grupo é uma filosofia de manufatura que identifica e explora as

No que tange a parte operacional de projeto da Manufatura Celular as seguintes considerações são feitas:

- Formular políticas de inspeção e manutenção como, por exemplo, a manutenção preventiva;
- Realizar um projeto contendo procedimentos que abordem os aspectos de planejamento, programação e controle de produção;
- Estabelecer as principais tarefas e responsabilidades de operadores e dos *staffs*, isto é, pessoal cujas atividades supõem grau mínimo de aptidão ou competência; e
- Desenvolver o projeto de mecanismos quanto às informações e resumos dos procedimentos necessários para uma interface com o sistema de produção restante.

Dentro desse enfoque, visando a compreensão do modelo de Manufatura Celular, se faz necessário considerar a definição do *layout*, ou seja, disposição das máquinas, pois os demais aspectos como números de máquinas e funcionários podem ser definidos utilizando umas das abordagens, métodos e algoritmos apontados por Tahara (2001).

Geralmente, as máquinas estão organizadas conforme a necessidade do processo, em outras palavras, a manufatura está estabelecida de maneira funcional. Com o objetivo de apresentar um exemplo quanto a essa tipologia de manufatura o Quadro 4 representa um provável arranjo entre os produtos e máquinas para essa classe.

Máquinas	Peças									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	X	X		X	X		X	X	X	
B	X	X			X	X	X		X	X
C			X	X	X			X	X	X
D			X			X	X	X		X
E	X					X	X			X

Quadro 4 – Arranjo entre máquinas e peças para o *layout* funcional
Fonte: Adaptado de Cogan (2003).

De certa maneira, conforme disposto no Quadro 4, em um *layout* funcional, as peças a serem trabalhadas exigem seqüências de operações diferentes como, por exemplo, a peça 1 é trabalhada na máquina A, em seguida na máquina B, e posteriormente na máquina E. Essa quebra da seqüência de máquina pela produção das diversas peças dificulta a estruturação da produção de maneira linear ou por produto.

Ademais, para auxiliar a exposição do conceito de *layout* funcional, a Figura 10 expõe a mesma tipologia, porém, de forma gráfica, no quais os retângulos estão representando as máquinas e as setas pontilhadas o fluxo das peças entre as máquinas.

Figura 10 – Exemplo de organização em *layout* funcional
Fonte: Adaptado de Cogan (2003).

Por outro lado, segundo Al-Mubarak et al. (2003) e Balakrishnan e Cheng (2007), as Manufaturas Celulares são resultantes da tecnologia em grupo, isto é, o princípio ou filosofia de agrupar partes similares em famílias. Adicionalmente, esses autores são congruentes aos apontamentos de Tahara (2001) quando ressaltam que a Manufatura Celular apresenta uma maior flexibilidade que a manufatura com o *layout* funcional e que o problema fundamental de sua formação é comparado a um modelo matemático de vários objetivos.

Segundo Cogan (2003), esse *layout* apresenta um ponderável papel na obtenção da produtividade e, conseqüentemente, melhorias quanto à qualidade, assim, o Quadro 5, em contrapartida ao Quadro 4, apresenta uma possibilidade de *layout* celular.

Máquinas	Peças									
	7	9	5	1	2	8	4	10	6	3
A	X	X	X	X	X					
B	X	X	X	X	X					
D	X	X	X							
E	X									
A						X	X			
C						X	X			
D						X				
E							X			
B								X	X	
C								X		X
D								X	X	X
E								X	X	

Quadro 5 – Arranjo entre máquinas e peças para o *layout* celular
Fonte: Adaptado de Cogan (2003).

Nessa perspectiva, a Figura 11 denota o *layout* celular considerando os dados expostos no Quadro 4. Cabe ressaltar que essa configuração em geral também proporciona a redução de espaço físico no ambiente produtivo.

Figura 11 – Exemplo de *layout* celular

Fonte: Adaptado de Cogan (2003).

Não obstante, Tahara (2001) apresenta também outras representações do *layout*

considerando o modelo de Manufatura Celular conforme exposto na Figura 12.

Figura 12 – Exemplos de Manufaturas Celulares

Fonte: Tahara (2001).

Ainda, considerando a Figura 12, a Manufatura Celular pode apresentar mais que uma célula a fim de realizar a produção. Tal característica possibilita classificar o processo como

Job Shop de vários níveis como, por exemplo, no caso da Figura 12 um *Job Shop* de três níveis, pois apresenta três células.

Cabe ressaltar que, a definição do modelo conceitual da Manufatura Celular deve ser observada sob os aspectos intracelular ou intercelular, pois a classificação dos grupos de trabalhos pode ter como base peças, famílias ou máquinas. De maneira geral, muitos algoritmos resolvem simultaneamente o problema de formação de grupos para as peças e máquinas. Contudo, a definição do *layout* interno da célula é definido considerando as principais características da produção e os recursos produtivos da organização.

Com as inovações tecnológicas na manufatura como, por exemplo, *Computer Integrated Manufacture – CIM*, a proporção relativa aos custos variáveis tende a diminuir. Atualmente, os sistemas de manufatura apresentam altos níveis de custos relacionados à automação, flexibilidade, e a capacidade de produzir com alta qualidade; entretanto, semelhante vantagem dificilmente é encontrada na apuração dos custos, em outras palavras, falta uma realista e acurada mecânica de cálculo (KATTAN, 2005; MARSH et al., 1997; ÖZBAYRAK et al., 2004;).

No tocante à mensuração do desempenho ou atuação da manufatura, Kaplan (1984) complementa que os fatores ou aspectos não financeiros como: (a) qualidade; (b) inventário; (c) produtividade; (d) inovação; e (e) mão-de-obra são capazes de levar a cabo tal determinação. Essa concepção também pode ser compreendida conforme apresenta a Figura 13.

Figura 13 – Aspectos não financeiros para mensuração do desempenho na manufatura

Ademais, Jones e Dugdale (2002) identificam que, geralmente, as organizações manufatureiras buscam: (a) acurácia dos custos; (b) identificação e eliminação quanto aos desperdícios; e (c) melhores atuações no gerenciamento de operações. Assim, para Major e Hopper (2005) a implementação¹¹ do Método ABC nas mesmas auxilia no alcance desses objetivos. Além disso, os fatores como a identificação de elementos relacionados ao sucesso da implementação e a abordagem quanto aos aspectos que geram impactos sobre os vários estágios desse processo poderiam suavizar o estabelecimento do Método ABC. Contudo, esse processo sofre muitas variações conforme o nível operacional, corporativismo, relacionamento industrial, e as resistências quanto a levar essa prática mediante providências concretas. Assim, no próximo capítulo são expostos os métodos de pesquisa e, conseqüentemente, a concepção de Modelagem Dinâmica de Sistemas.

¹¹ Para uma discussão ampla e atenta quanto à implementação do ABC em manufatura veja os trabalhos de Brent (1992), Dugdale e Shrimpton (1990), e Laing (1994).

3 – MÉTODOS DE PESQUISA

“Sendo o pensamento criador a coisa mais importante que estabelece a diferença entre o homem e o macaco, deveria ser tratado como um bem mais precioso que o ouro e preservado com grande cuidado. – A. D. Hall, A Methodology for Systems Engineering in Teoria Geral dos Sistemas – L. V. Bertalanffy.”

O objetivo deste capítulo é fazer a exposição dos elementos e procedimentos que auxiliaram o objetivo desta pesquisa, assim, são apresentados o tipo de pesquisa, a estratégia utilizada, os procedimentos adotados e as limitações do método de pesquisa. A importância desse capítulo para essa pesquisa ou da Metodologia para Ciência, quando observada seguindo os contornos das Ciências Sociais, pode ser expressa por meio das palavras de Demo (1995, p. 79):

Metodologia é disciplina instrumental para o cientista social. Alguns se dedicam a ela especificamente e fazem dela um campo próprio de pesquisa. Mas, apesar de instrumental, é condição necessária para a competência científica, porque poucas coisas cristalizam incompetência mais gritante do que a despreocupação metodológica.

Nesse sentido, é essencial considerar que não existe nenhum instrumento ou posição metodológica totalmente correta e definitiva já que a realidade concreta é sempre uma totalidade dinâmica de múltiplos condicionamentos, na qual a polarização dentro do todo lhe é constitutiva. Porém, no que tange o propósito dessa pesquisa os elementos e procedimentos que são apresentados neste capítulo permitem a sua reprodução por outros pesquisadores o que, conseqüentemente, da validade aos mesmos.

Ademais, todos os procedimentos e elementos apresentados nesta seção são observados a luz da dialética histórico-estrutural sugerida por Demo (1995), pois a mesma tem como característica ou marca reconhecer, no mesmo patamar de relevância, condições

objetivas e subjetivas e admitir transformações históricas radicais nos conteúdos que envolvem o objeto de estudo.

3.1 - Tipos e Métodos de Pesquisa

No decorrer da História da Ciência, várias foram as correntes de pensamentos que surgiram como, por exemplo, o empirismo, o materialismo dialético, a fenomenologia e o estruturalismo¹² visando a busca pelo conhecimento. Contudo, a partir da metade do século XX essas correntes foram polarizadas em dois grandes enfoques principais, o enfoque quantitativo e o enfoque qualitativo. De certo modo, o precursor do enfoque quantitativo nas ciências sociais foi Auguste Comte (1798-1857) e Émile Durkheim (1858-1917) e o pioneiro do enfoque qualitativo foi Max Weber (1864-1920). Para se apresentar a definição do enfoque quantitativo e enfoque qualitativo se faz o uso das palavras, ditas com propriedades, de Sampieri et al. (2007, p. 19):

O enfoque quantitativo se fundamenta em um esquema dedutivo e lógico, busca formular questões de pesquisa e hipóteses para posteriormente testá-las, confia na medição padronizada e numérica, utiliza a análise estatística, é reducionista e pretende generalizar os resultados de seus estudos mediante amostras representativas. Além disso, parte da concepção de que existem duas realidades: aquela em torno do pesquisador e aquela constituída pelas crenças dele; portanto, fixa como objetivo provar quais as crenças do pesquisador estão próximas da realidade do ambiente. O enfoque qualitativo, por sua vez, é baseado em um esquema indutivo, é expansivo e em geral não busca criar questões de pesquisa anteriormente nem provar hipóteses preconcebidas, e sim deixar que essas surjam durante o desenvolvimento do estudo. É individual, não mede numericamente os fenômenos estudados nem tampouco tem como finalidade generalizar os resultados de sua pesquisa; não realiza análise estatística; seu método de análise é interpretativo, contextual e etnográfico. Assim, preocupa-se em captar experiências na linguagem dos próprios indivíduos e estuda ambientes naturais.

Essas duas apreciações podem ser mais bem compreendidas quando apresentadas de maneira comparativa sobre seu ponto de partida, premissas, dados e principalmente as suas finalidades. Assim, o Quadro 6 expõe tal comparação.

Aspectos	Quantitativo	Qualitativo
Ponto de partida	Há uma realidade a conhecer	Há uma realidade a descobrir
Premissas	A realidade do fenômeno social pode ser conhecida com a mente	A realidade do fenômeno social é a mente. A realidade é construída pelo(s) indivíduo(s) que dá (dão) significados ao fenômeno social.
Dados	Uso de medição e quantificação	Uso da linguagem natural
Finalidades	Busca relatar o que acontece. Fatos que dêem informações específicas da realidade que podemos explicar e prever	Busca entender o contexto e/ou o ponto de vista do ator social.

Quadro 6 – Comparação entre o enfoque quantitativo e do enfoque qualitativo

Fonte: Adaptado de Sampieri et al. (2007).

Cabe ressaltar que surgiu como resultado ou produto desses dois pontos de vista o enfoque multimodal (misto) ou triangulação. Esse enfoque misto pode ser compreendido como uma convergência ou fusão dos enfoques de pesquisa quantitativa e qualitativa e suas principais vantagens consistem no sentido de sobrepor enfoques e em uma mesma pesquisa mesclar diferentes facetas do fenômeno de estudo. Geralmente, a sua aplicação é realizada seguindo uma das diferentes modalidades apontadas por Nau (1995), ou seja, o modelo de duas etapas no qual se aplica primeiro um enfoque e depois o outro, o modelo de enfoque dominante em que um enfoque prevalece e o modelo misto que contempla ambos os modelos durante todo o processo de pesquisa. No Brasil, um trabalho que contempla e faz o emprego apropriado desse modo de considerar ou de entender um assunto ou uma questão é a tese de doutoramento de Jabbour (2007), ao analisar as relações existentes entre os aspectos ambientais e os fatores de recursos humanos. Na esteira desse processo, após apresentados os enfoques existentes na literatura quanto à busca pelo conhecimento, se faz necessário indicar

¹² Não cabe nesta dissertação a discussão sobre essas correntes, pois foge do escopo dos objetivos deste trabalho. Porém, para uma discussão mais abrangente consultar antologias e textos sobre a História da Ciência na área da

os tipos de pesquisas que geralmente são realizados:

- Exploratória: esse tipo de pesquisa tem como objetivo essencial se aproximar de um tópico desconhecido, pouco estudado ou novo. É possível também analisar um tema ou objeto de estudo com base em novas perspectivas e ampliar os estudos já existentes;
- Descritiva: tal classe de pesquisa serve para analisar como e de que maneira se manifestam um fenômeno e seus componentes, em outras palavras, procura especificar as propriedades, as características e os perfis importantes de um fenômeno submetido à análise;
- Correlacionais: essas pesquisas buscam observar como relacionam ou não diversos fenômenos entre si, ou seja, avaliar a relação entre conceitos, categorias ou variáveis; e
- Explicativas: tal tipo de pesquisa, por sua vez, procura encontrar as razões ou causas que provocam certos fenômenos, de certa forma, estão destinadas a responder sobre a causa de acontecimentos e fatos.

A importância desses tipos de pesquisas se desponta quando denotado que a partir de sua escolha realizada pelo pesquisador existe ou não a necessidade do estabelecimento de hipóteses. Tais hipóteses podem ser as proposições sobre as relações entre duas ou mais variáveis que se sustentam com base em um conhecimento organizado e sistematizado. Nesse sentido, o Quadro 7 apresenta segundo Sampieri et al. (2007), os enfoque de pesquisas, os tipos de pesquisas e a necessidade ou não de se formular hipóteses.

Tipos de pesquisa	Enfoque Quantitativo	Enfoque Qualitativo	Enfoque Multimodal (Modalidade de duas etapas)	Enfoque Multimodal (Dominante)	Enfoque Multimodal (Misto)
Exploratória	Sem Formulação de hipóteses	Sem formulação de hipóteses	Sem formulação de hipóteses	Sem formulação de hipóteses	Sem formulação de hipóteses
Descritiva	Formulação de hipóteses para prever um fato	Sem formulação de hipóteses	Formulação de hipóteses para prever um fato na etapa quantitativa	Formulação de hipóteses para prever um fato, se o enfoque principal for quantitativo	Formulação de hipóteses para prever um fato
Correlacional	Formulação de hipóteses	A formulação de hipóteses pode acontecer ou não	Formulação de hipóteses na etapa quantitativa e possivelmente na qualitativa, se for realizada como segunda fase	Formulação de hipóteses quando o enfoque principal é quantitativo e variável, se este for qualitativo	Muito provável formulação de hipóteses
Explicativa	Formulação de hipóteses	Potencial formulação de hipóteses	Formulação de hipóteses na etapa quantitativa e possivelmente na qualitativa, se for realizada como a segunda fase	Formulação de hipótese quando o enfoque principal é quantitativo e variável, se este for qualitativo	Muito provável formulação de hipóteses

Quadro 7 – Relação entre formulação de hipóteses, enfoque e os tipos de pesquisas

Fonte: Adaptado de Sampieri et al. (2007).

A partir dessas taxonomias apresentadas este trabalho é classificado como de enfoque quantitativo e do tipo exploratório sem o estabelecimento de uma hipótese, porém guiada por uma questão apresentada na introdução da mesma. Quanto ao enfoque, de maneira resumida, tal classificação é sustentada tendo como base a medição numérica, ou seja, a comparação numérica entre MDS considerando o Método ABC e o Método de Custeio por Absorção. Ademais, conforme Bertalanffy (1977, p. 91), todas as pesquisas que se alinham com a Teoria dos Sistemas apresentam relacionamento com a matemática:

A Ciência dos Sistemas, ou algum dos seus múltiplos sinônimos, está rapidamente tornando-se parte do currículo estabelecido das universidades. Trata-se predominantemente de um desenvolvimento da ciência da engenharia em sentido lato, exigido pela complexidade dos “sistemas” na tecnologia moderna, nas relações entre o homem e a máquina, na programação e em outras considerações que não eram sentidas na tecnologia

do passado recente, mas que se tornaram imperiosas nas complexas estruturas tecnológicas e sociais do mundo moderno. Nesse sentido, a teoria dos sistemas é eminentemente um campo matemático, oferecendo técnicas parcialmente originais e altamente complicadas, em estreita ligação com a ciência dos computadores e essencialmente determinadas pela necessidade de enfrentar uma nova espécie de problema que está surgindo.

No que tange o tipo de pesquisa, a caracterização ocorre tendo como base que a comparação entre o Método ABC e o Método por Absorção considerando a MDS é um tema pouco estudado conforme verificado no levantamento do referencial teórico. Ademais, se deve ressaltar que os estudos exploratórios em poucas ocasiões constituem um fim em si mesmos, geralmente determinam tendências, identificam áreas, ambientes, contextos e situações de estudo e relações potenciais entre variáveis. Sob tais condições, se caracterizam por terem maior flexibilidade quanto à metodologia em comparação com os estudos descritivos, correlacionais e explicativos, pois são mais amplos e dispersos.

Contudo, esta dissertação também pode ser classificada no escopo da Contabilidade de Custos, pois respaldado por Lukka e Gralund (2002) as pesquisas dessa área são classificadas nas seguintes categorias:

- Consultoria: são estudos em fases iniciais que podem influenciar a prática;
- Básicas: nesse tipo de pesquisa o fato é analisado posteriormente ao seu ocorrido e na mesma os pesquisadores buscam manter uma posição neutra quanto aos processos, visto que, o objetivo dessas é expor com maior rigor científico o como e pôrquê dos acontecimentos. Além disso, as mesmas são subdivididas em conceitual, modelagem matemática, aplicações estatísticas, e estudos de caso; e
- Críticas: são os ensaios que utilizam uma concepção de julgamento ou discussão sobre a pesquisa e posteriormente se encerram por meio da pesquisa básica.

Deve ser enfatizado que as modelagens matemáticas, principalmente no caso do ABC, têm como objetivo ou meta sistematizar a análise do comportamento quanto aos custos em diferentes tipos de ambientes e construir, matematicamente, modelos que façam a previsão para seus comportamentos. Nesse sentido, esta dissertação é qualificada como um estudo básico de modelagem matemática, pois não se caracteriza como um ensaio crítico e também não apresenta propriedade que classifique a mesma como um estudo de consultoria.

3.2 - Estratégia de Pesquisa

Dentre as diversas estratégias de pesquisa, Bertalanffy (1977) e Rodrigues (2006), destacam a modelagem matemática, pois os modelos matemáticos apresentam algumas vantagens, a saber, a ausência de ambigüidade, possibilidade de estrita dedução e verificabilidade por meio de dados observados quando comparados as demais estratégias de pesquisas.

Nesse sentido, foi escolhido a Modelagem Dinâmica de Sistemas - MDS como principal elemento da estratégia de pesquisa, ou melhor, do planejamento e execução do Método ABC no ambiente de Manufatura Celular. Tal escolha é congruente às idéias que Demo (1995, p. 214) apresenta quanto a Teoria dos Sistemas conforme exposto mediante suas próprias palavras:

A aplicação prática, na análise e engenharia de sistemas, da teoria dos sistemas aos problemas que surgem nos negócios, governo, política internacional demonstra que esse enfoque “funciona”, conduzindo ao mesmo tempo à compreensão e à predição.

Considerando esses apontamentos, se faz necessário apresentar, com maior propriedade, a MDS na próxima seção, visando os objetivos apresentados na introdução desta

dissertação.

3.2.1 - Modelagem Dinâmica de Sistemas

Antes da apresentação do conceito de Modelagem Dinâmica de Sistemas - MDS é necessária a apresentação da teoria ou do conjunto de conceitos, definições e proposições relacionados entre si, que apresentam uma visão sistemática de fenômenos que sustentam a MDS, isto é, apresentar a definição de Sistemas e da Teoria dos Sistemas.

3.2.1.1 - Definição de Sistemas e da Teoria dos Sistemas

Mediante o reducionismo, isto é, a crença na qual todos os objetos podem ser restringidos em elementos finais ou partes indivisíveis, surge o método analítico, em outras palavras, o processo mental cujo qualquer tema, assunto, ou matéria a ser explicada é compreendida e, posteriormente, decomposta em partes independentes e indivisíveis, ou seja, possibilita ou permite à análise.

Por conseguinte, a idéia referente a esquadrinhar um problema consiste em separá-lo em um conjunto de questões mais simples; assim, os mesmos são resolvidos e, como resultado, a solução para o problema principal é obtida (BELHOT, 2006). Entre as principais características do método analítico, segundo Gavira (2003), se sobressaem:

- Reação ao dogmatismo e obscurantismo medieval;
- Exatidão e regularidade;
- Realidade objetiva;
- Busca ao controle do todo;

- Função explicativa e experimental; e
- Teor quantitativo.

Consistente com o reducionismo se apresentava à idéia de que todas as interações entre objetos ou elementos, eventos e suas propriedades poderiam ser resumidas, mediante análise, a uma relação fundamental de causa-efeito. Entretanto, tal concepção não deve ser extremamente pontual, mas elevada a um nível maior, no qual se observa o conjunto referente aos elementos inter-relacionados de qualquer espécie, isto é, o sistema (ACKOFF, 1978).

Para Bertalanffy (1977), os sistemas podem ser definidos como conjunto de elementos em interação. Nesse sentido, para esse mesmo pesquisador, a Teoria Geral dos Sistemas tem como objetivo a formulação de princípios válidos para os sistemas em geral, para qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou forças existentes entre eles. Conseqüentemente, os problemas dentro da perspectiva quanto a Teoria Geral dos Sistemas surgem sempre que as partes são levadas a construir um todo equilibrado.

De maneira geral, ainda nesse sentido, é válido destacar que os elementos que compõem o sistema, ou seja, os componentes do conjunto apresentam as seguintes características ou propriedades:

- O comportamento de cada elemento do conjunto influencia ou apresenta efeito sobre as propriedades referentes aos demais;
- As qualidades alusivas, isto é, as propriedades referentes a cada parte dependem das propriedades de pelos menos outro componente desse conjunto; e
- Todo subsistema, isto é, cada uma das divisões do conjunto deve apresentar, secundariamente, as duas primeiras propriedades, assim, um sistema não pode ser decomposto em subsistemas independentes.

Deve ser enfatizado que, segundo Gavira 2003, existem diversas maneiras de se estudar ou observar, atentamente, um sistema. Dentro desse enfoque, o mesmo autor propõe algumas classes para que seja efetuada tal análise. Nesse sentido, essas classes ou divisões são apresentadas na Figura 14.

Figura 14 – Classes ou divisões da Teoria Geral dos Sistemas

Fonte: Adaptado de Gavira (2003).

Além disso, a partir da Figura 14 é possível compreender que existe a possibilidade da realização do experimento no próprio sistema, ou seja, caso a relação custo-benefício permita, se efetuam as alterações no objeto de estudo visando o devido apreço aos resultados. Todavia, essa situação não se constitui visto a necessidade das elevadas importâncias financeiras, assim, é inevitável a elaboração referente a um modelo com o propósito de simular o objeto de estudo. Ainda, sobre essa forma típica para imitação do sistema é recomendável que seja feita a divisão em físico, no qual se compreendem as réplicas, e matemático, que permite interpretar os fenômenos mediante solução analítica.

Ainda nesse enfoque, é necessário considerar que os modelos são representações da realidade e servem o propósito de capturar um ponto de vista relacionado ao interesse como, por exemplo, os modelos matemáticos usam símbolos, isto é, representam um sistema em termos de relacionamentos lógicos e quantitativos (VERNADAT, 1996).

Adicionalmente, os modelos também são compreendidos como uma descrição dos sistemas e requerem uma estrutura organizada, ou seja, um software, pacote, ou linguagem, a fim de gerar ilação. Por definição, nenhum modelo é completo por si só, o que significa que não importa quão detalhado seja, sempre é possível complementá-lo com outro modelo. Com base nessas indicações o tipo de modelo apropriado depende do tipo de problema que se quer resolver (STERMAN e STERMAN, 2000).

Convém ressaltar que, segundo Gavira (2003), os modelos ou representação em pequena escala referente ao objeto de maiores dimensões também são classificados conforme apresenta a Quadro 8.

Classificação	Grupos	Explicação
Linearidade	Linear	Seguem uma lei quanto à dimensão ou relacionamento entre as variáveis dependentes e independentes
	Não-linear	O relacionamento não ocorre mediante um tratamento dado ao conjunto de variáveis no qual os motivos ou causas são representados por linhas
Dinâmica	Estáticos	A variável denominada tempo não influencia, em outras palavras, representa um modelo em um ponto particular no tempo
	Dinâmicos	A variável relacionada ao tempo resulta em modificação no modelo
Estabilidade	Estáveis	Essa ordenação tem como base o princípio que o modelo sempre volta à condição inicial após algum distúrbio
	Instáveis	Após alguma perturbação tal grupo desenvolve alguma condição além das iniciais
Tempo	Discretos	As variáveis aqui observadas se modificam descontinuamente em pontos específicos do tempo simulado
	Contínuos	Tal classe apresenta variáveis que podem variar continuamente ao longo do tempo
Variáveis aleatórias	Determinísticos	Nesse grupo não há variáveis aleatórias
	Estocásticos	Esse grupo apresenta uma ou mais variáveis aleatórias

Quadro 8 – Classificação dos modelos

Fonte: Adaptado de Gavira (2003).

Em termos amplos, a simulação tem sua gênese nas pinturas rupestre dos primeiros seres humanos. Tais pinturas tinham o objetivo de simular ou imitar rituais e caçadas antes da realização do acontecimento visando o estabelecimento das melhores possibilidades de sucesso possível. Na esteira desse processo, a aplicação do termo “*simulação*” em sua perspectiva atual surge, primeiramente, por volta de 1940, junto com o Método de Monte

Carlo¹³ (GAVIRA, 2003).

Em contraste ao reducionismo é apresentado o expansionismo em que todos os objetos e eventos são partes de uma concepção maior. Nesse sentido, se conduziu ao modo sintético de pensar, no qual o assunto a ser explicado é visto como parte do sistema maior, isto é, compreendido em termos do seu papel no todo. Essa concepção, quando aplicada aos problemas sistêmicos, é chamada de abordagem sistêmica (BELHOT, 2006).

Essa perspectiva cristaliza se num mecanismo de inferência, ou seja, na dedução quanto ao conhecimento, principalmente, das conseqüências relacionadas às interações entre as partes, isto é, dos elementos com o todo. Assim, o desempenho referente ao sistema depende, fundamentalmente, da maneira em que as partes se ajustam, trabalham, e se completam e não simplesmente do ótimo desempenho de cada parte considerada isoladamente ou, em outras palavras, da otimização. Porém, esse desempenho esbarra em problemas como, por exemplo, o autocontrole que consiste em administrar o mesmo visando superar, rapidamente, a complexidade crescente dos problemas de um ambiente dinâmico sobre constantes mudanças.

Gradualmente, segundo Dyson e Chang (2007), o conceito de sistemas surge, aplicado em diversas áreas do conhecimento. Como uma conseqüência desse processo à sua utilização é denominada de pensamento sistêmico. Consistente com Belhot (2006), os métodos aplicados na análise de sistemas podem ser caracterizados em termos de:

- Objetivo;
- Aplicação;
- Passos; e

¹³ Para uma discussão abrangente e observadora desses registros ver os trabalhos de Von Neumann relacionados ao projeto Manhattan na criação de armas nucleares.

- Características.

Esses processos tratam da avaliação e seleção de alternativas propostas para solucionar o problema, colocando-a em ordem de preferência, segundo um critério adotado e usando técnicas científicas quanto a diferentes áreas do conhecimento. Contudo, para essa aplicação existe a necessidade de se observar cinco fases ou etapas que favorecem essa classificação:

- Formulação;
- Busca;
- Avaliação;
- Interpretação; e
- Verificação.

Ademais, as mudanças possíveis em um sistema são determinadas em três tipos: (a) mudanças na estrutura, ou seja, nas organizações dos grupos; (b) nos procedimentos, isto é, mudanças nos elementos dinâmicos; (c) e nas atitudes ou, em outras palavras, características subjetivas que residem na consciência individual e coletiva dos elementos que compõem o mesmo.

3.2.1.2 - Definição de Modelagem Dinâmica de Sistemas

Para a utilização do pensamento sistêmico é necessária a utilização da Modelagem Dinâmica de Sistemas, ou seja, *Modeling Dynamic System- MDS* que é conceituada, com propriedade por Sterman e Sterman (2000), como as ferramentas que habilitam a

compreensão da estruturas e das dinâmicas quanto aos sistemas complexos, isto é, que abrangem muitos elementos.

Essa abordagem tem em Jay W. Forrester um dos seus principais expoentes e se tornou mais conhecida como uma concepção que combina teoria, métodos, e filosofia necessária para analisar o comportamento dos sistemas e não somente compreendê-los, mas gerenciar mudanças paradigmáticas no modo de conceber e implementar ações econômicas, política, sociais e das demais áreas (GAVIRA, 2003).

Cabe acentuar o fato de que essa abordagem utiliza o conceito de desenho referente ao campo do *feedback*, ou seja, retro alimentação para controlar e avaliar informações em programas de computadores quanto ao objeto de estudo ou de observação.

O primeiro artigo a tratar desse assunto surgiu em 1958 na Harvard Business Review (FORRESTER, 1958). Nesse artigo, esse mesmo autor sugere uma idéia contrária a um princípio primário de solucionar problemas, ou seja, é apresentada a concepção de dinâmica. De modo geral, essa nova abordagem supera a análise estática ou mecanicista na qual existem informações sobre os problemas necessitando de ações que, conseqüentemente, geram os resultados.

Segundo Forrester (1958), as pessoas vivem ambientes globais no qual cada ação está baseada sobre certas condições, assim, as mesmas afetam as condições mudando-as e essas se tornam a base para futuras ações. Cabe ressaltar que dentro de *MDS*, os modelos computacionais são capazes de esclarecer o comportamento implícito nas estruturas que podem ser construídas das várias facetas do conhecimento individual, tal possibilidade se torna cabível mediante as equações diferenciais submetidas às condições de contorno. De maneira geral todas essas perspectivas, segundo Forrester (1958), são resultados de três grandes apontamentos:

- Inovações ocorridas no ensino do curso de administração em 1910 na *Harvard Business School*;
- O desenvolvimento da teoria e conceitos relacionados ao comportamento da dinâmica e o comportamento dos sistemas de *feedbacks* ou retro alimentação desenvolvidos em engenharia para a *Bell Telephone Laboratories* e o *Massachusetts Institute of Technology - MIT* por volta de 1930 e 1940; e
- A terceira e última grande notação feita tem com base os avanços da tecnologia em computação no campo referente à simulação. Nesse sentido, os modelos mentais são criados para orientar ou gerar bases para as tomadas de ação visto que os problemas complexos afrontam as soluções intuitivas elaboradas pelo ser humano devido as suas inerentes limitações.

Nessa perspectiva, a MDS permite a consideração formal e quantitativa da complexidade dinâmica que surge da interação entre *feedbacks*, atrasos e não-linearidades no contexto do objeto observado. É válido salientar que, também para Meadows et al. (2004), os modelos mentais elaborados pelo ser humano são inferiores, quando comparados aos modelos computacionais, devido à dificuldade apresentada na compreensão em relação ao comportamento dos processos de realimentação, isto é, *feedback* ao longo do tempo.

Mediante esse mecanismo o sistema mantém um equilíbrio dinâmico, ou seja, o sistema recebe continuamente informações do ambiente no qual está inserido. Tais informações indicam o desvio do curso pré-estabelecido, ou em outras palavras, servem como o padrão de comparação para novos estados atribuído à estabilidade.

Para Belhot (2006), os modelos que contemplam MDS são divididos em determinísticos, em que o conhecimento e controle das variáveis que compõem o mesmo explicam completamente o fenômeno, conseqüentemente, alcançando um resultado

determinado, e os probabilísticos, nos quais as variáveis não são totalmente conhecidas ou controladas. Neste último não se admite explicar com certeza a conduta do fato, assim, o mesmo apresenta como solução um conjunto de prováveis resultados associados com diferentes probabilidades quanto à ocorrência.

Além disso, esse pesquisador alega que a aplicação da abordagem sistêmica quanto aos problemas pode ser realizada considerando-se os seguintes processos ou fases: (a) classificação do problema; (b) formulação da questão; (c) busca pela solução; (d) avaliação e interpretação quanto aos resultados; e (e) verificação da metas e dos objetivos alcançados.

3.2.1.3 - O Software Stella 5.0

Tais concepções conduziram à maturação, mediante a parceria de Jay W. Forrester a Richard Bennett, um especialista em computação, quanto a um compilador capacitado a gerar, genericamente, o código do problema ou objeto de estudo. Tal programa, posteriormente ficou conhecido como *Dynamo* que apresentava a capacidade de processar até 1.500 variáveis.

Conseqüentemente, a partir da realização do *Dynamo* surgiram outros pacotes de simulações como, por exemplo, *Arena*, *Extend*, *Stella*, *Automod*, *Promodel*, *PowerSim* e etc. Contudo, o Stella 5.0 da *High Performance Systems*¹⁴ foi selecionado para contribuir com o propósito deste trabalho, principalmente, por se alinhar de maneira magistral aos princípios da MDS. O mesmo surgiu por volta de 1984, para a plataforma Macintosh, visando orientar o usuário mediante gráfico a solucionar, analisar, e compreender os problemas relacionados ao contexto da MDS.

Cabe ressaltar ou acentuar que, a escolha do software foi influenciada pela existência

¹⁴ Para maiores informações sobre a empresa consulte <http://www.iseesystems.com>

da licença para a versão 5.0 nos laboratórios da Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Produção da EESC/USP, a qual o autor dessa dissertação está vinculado, pois dessa maneira não seria realizado nenhum investimento com a aquisição de licença.

Ainda nessa linha, o Stella 5.0 possibilita uma grande interação do usuário com a interface do software, pois a modelagem tem como base a utilização de diagramas de estoque ou fluxo, e mapeamento das estruturas dos sistemas sem a necessidade da inserção de equações pelo usuário do software (GAVIRA, 2003). Para que essa perspectiva seja atendida o Stella 5.0 apresenta três níveis, ou seja, uma distribuição ordenada em três classes:

- Classe superior: apresenta todas as ferramentas e opções necessárias para a construção do modelo de maneira restrita ou em aspectos setoriais. Além disso, esse nível é responsável por tornar fácil a navegação no mesmo. Tal categoria é apresentada por meio da Figura 15;

Figura 15 – Classe superior

- Classe de construção: nesse são exposta todos os utensílios possíveis para a elaboração do modelo quanto ao objeto de estudo e, conseqüentemente, a análise do mesmo. A Figura 16 demonstra esse nível; e

Figura 16 – Classe de construção

- Classe inferior: é responsável por indicar todas as expressões resultantes dos relacionamentos gráficos elaborados na classe de construção. Tal classe é exposta por meio da Figura 17.

Figura 17 – Classe inferior

Em todas as classes existem barras de tarefas com diferentes comandos a fim de facilitar a construção do modelo que contempla os princípios de MDS. Relativamente, as mesmas são divididas em duas grandes partes, a saber, os blocos e objetos. O Quadro 9 expõe esses componentes e as suas respectivas funções.

Componente	Nome	Classe	Parte	Função
Estoque	Construção	Blocos	Representa as variáveis cujos valores são acumulados ao longo do tempo
Fluxo			É a variável responsável pela ação do processo, isto é, ela apresenta uma função ou gráfico
Conversor			Esses apresentam valores que auxiliam para o relacionamento entre os outros componentes
Conector			Tais itens são as representações gráficas das inter-relações
Botão		Objetos	Visa facilitar a utilização do modelo pelo usuário final
Janela			Permite que sejam definidos diferentes setores na modelagem
Objeto para a compreensão espacial			Permite o gerenciamento quanto à complexidade do diagrama, ou seja, controlar o espaço físico juntamente com a lógica.
Gráfico			Fornecer uma representação gráfica de parâmetros selecionados
Tabela			Componente responsável por exibir as respostas numéricas das simulações realizadas
Visualizador numérico			Exibe saídas relacionadas às variáveis do modelo assinalado
Bloco de texto			Tem como função exibir o texto
Indicador			Tal componente tem a função de selecionar, mover, abrir, e editar os demais itens
Pincel			Permite que seja adicionada cor ao modelo de MDS
Dinamite			Possibilita a eliminação das outras partes do MDS caso seja necessário
Fantasma			Esse componente possibilita que se faça réplica dos outros itens.
Process Frame	Superior	Blocos	Apresenta tabela para os setores
Bundded Flow			Permite a ligação de sistemas a subsistemas
Bundled Connector			Possibilita ligar duas tabelas
Realimentação		Objetos	Facilita a identificação de processos relacionados à causa e efeito
Interruptor			Tal componente possibilita ativar ou desativar conversores e janelas
Gráfico de entrada			Esse item permite manipular gráficos que possibilitam entradas de dados
Botão giratório			Representa uma variável que pode assumir valores conforme a marcação do botão
Lista de entradas			Permite que sejam alterados, no modelo MDS, os valores de muitas variáveis ao mesmo tempo
Comutador			Propicia que o usuário atribua um valor inicial às variáveis
Dispositivo de aviso			Torna possível que o usuário controle ou acompanhe o comportamento, específico, de uma variável
Estrutura de gráfico			Tais estruturas habilitam ou possibilitam a importação de gráficos, figuras e animações

Quadros 9 – Componentes da barra de ferramenta das classes

Nesse contexto, considerando as classes, os blocos e os objetos, Chang et al. (2005) propõem a construção dos diagramas, isto é, uma representação gráfica de um determinado fenômeno mediante os componentes apresentados no Quadro 9, visando facilitar a superação das limitações humanas no entendimento dos conceitos de MDS.

Adicionalmente, o Stella 5 contempla várias funções matemática que auxiliam no desenvolvimento do modelo de MDS. As mesmas são divididas ou classificadas em funções do seguinte tipo: (a) teste; (b) financeiras; (c) algébricas; (d) discretas; (e) trigonométricas; (f) tempo cíclico; (g) lógica; (h) vetoriais; (i) estatísticas; (j) amostragem; e (l) de propósito comum.

3.2.1.4 - Aplicações da Modelagem Dinâmica de Sistemas

Bertalanffy (1977) apresenta a noção que a Teoria dos Sistemas, e conseqüentemente a MDS, surgiu de observações questionadoras aos sistemas biológicos e suas relações de busca pelo equilíbrio. Porém, o mesmo pesquisador afirma que a partir da publicação de seus estudos vários outros pesquisadores começaram a utilizar e aplicar essa teoria em diversas áreas da ciência.

Contudo, selecionando apenas a MDS como ponto de observação se tem inicialmente notação de sua aplicação na previsão de sistemas socioeconômicos (FORRESTER, 1961, 1973; MEADOWS e MEADOWS, 1973; SHI e GILL, 2005; KASABOV, 2006). Posteriormente, surgiram diversas pesquisas aplicando a modelagem em complexos ambientais e avaliações de eficiências (VIZAYAKUMAR e MOHAPATRA, 1991; VEZJAK et al., 1998; FORD, 1999; WOOD e SHELLEY, 1999; ABBOTT e STANLEY, 1999; DEATON e WINEBRAKE, 2000; GUO et al., 2001). Naill et al. (1992) se beneficiaram da modelagem para auxiliar o processo quanto às tomadas de decisão no âmbito político,

enquanto Grant et al. (1997) voltaram a relacionar MDS com o meio ambiente mediante aplicações em conjuntos ecológicos.

A agricultura também foi campo de pesquisa para as aplicações de Qu et al. (2006), e Saysel et al. (2002), que simularam sistemas agrícolas quanto aos aspectos intrínsecos como, por exemplo, a safra e extrínsecos como o clima. Carpinetti e Souza (2005) utilizaram a MDS na análise referente ao re-projeto para empresas visto que as mesmas necessitam de abordagens capazes dos incorporação dos pontos de vista holísticos, incluindo considerações sociais, orgânicas e também psicológicas, além do foco técnico econômico oferecido por meio das técnicas tradicionais.

Recentemente, a MDS chegou ao mundo dos negócios auxiliando o processo quanto à tomada das decisões em ambiente corporativo e gerando modelos de manufatura visando estratégias eficientes (STERMAN e STERMAN, 2000 e ADAMIDES e VOUTSINA, 2006). Além disso, essa área da ciência se cristalizou de maneira tão importante que surgiram associações de pesquisadores como a *System Dynamics Society* e revistas especializadas como, por exemplo, a *System Dynamics Review* que existe desde 1985.

3.2.1.5 - Construção do Modelo com o Stella 5.0

Para a construção do modelo, considerando o Stella 5.0, é necessária a observação de algumas regras de acordo com Flood e Jackson (1991) visando a maior exatidão possível quanto à representação ou interpretação simplificada da realidade: (a) os estoques somente poderão ser precedidos por fluxos e sucedidos pelos auxiliares ou fluxo; (b) os auxiliares devem ser seguidos por outros auxiliares ou fluxos; (c) o fluxo poderá ser seqüenciado por um estoque; e (d) um estoque não pode ser diretamente afetado por outro estoque.

Ao se estruturar tais componentes a fim de realizar a simulação, obtêm-se diagramas

quanto ao estoque e fluxo conforme o exemplo apresentado na Figura 18:

Figura 18 – Exemplo de diagrama com estoque e fluxo
Fonte: Chang et al. (2005).

O desenvolvimento de diagramas conforme a Figura 18 possibilita aos pesquisadores ou gestores simular o objeto de estudo, interpretar, ou identificar uma forma mais segura às incertezas, pois, segundo Reibstein e Day (1999) e Rizzo et al. (2006) essa representação fornece subsídios para os seguintes apontamentos:

- Compreensão do efeito referente ao tempo nas variáveis considerando que o comportamento de vários anos pode ser reproduzido em poucos minutos;
- Redução quanto aos custos, pois a simulação acontece em ambiente computacional sem a necessidade da constituição física do objeto de estudo;
- Promoção à criatividade, isto é, por meio da inexistência de risco o usuário pode verificar o comportamento referente às variáveis quando submetidas às novas condições;
- Unificação das opiniões divergentes entre os gestores, pois, o problema é como um todo apresentando sob a convicção de uma única forma;
- Efetuar a aquisição quanto ao conhecimento e aplicar o mesmo em apenas um repositório de informações competitivas e permitir o aumento da coordenação quanto aos processos do sistema visto que mensura o comportamento relacionado às informações pertinentes possibilitando a ação em conjunto de maneira estratégica; e
- Possibilitar o aumento da flexibilidade do processo com possibilidade de

parametrização dos sistemas quanto à gestão e adaptação de acordo com as necessidades.

Considerando a exposição dos elementos aqui apresentados na próxima seção é feita a apresentação de todos os procedimentos adotados para levar a cabo os objetivos dessa pesquisa.

3.3 - *Procedimentos Adotados*

Os procedimentos buscam, em especial, responder como foi abordada a questão de pesquisa considerando todos os elementos apresentados anteriormente, pois dessa maneira outros pesquisadores podem aferir ou até realizar, a partir de diferentes ângulos, pesquisas correlatas nessas mesmas áreas. Nesse sentido, todos os processos que foram realizados são expostos de uma maneira ampliada na Figura 19.

Figura 19 – Procedimentos adotados para esta pesquisa

Na introdução deste trabalho foi apresentada a questão da pesquisa e conseqüentemente os objetivos. Nas seções anteriores foram expostos o enfoque da pesquisa, o tipo da pesquisa, a necessidade do estabelecimento de hipóteses e a estratégia de pesquisa. Os dados utilizados na simulação dos custos são fictícios, pois apresentam a função de auxiliar a construir e testar o modelo, contudo são dados para o período de um ano. Por conseguinte, os valores referentes à produção dos quatro produtos para as duas situações expostas na Figura 19 são apresentados na Tabela 1.

Nº	DESCRIÇÃO DOS RECURSOS	VALORES
1	Depreciação das máquinas	4.813,00
2	Configuração das máquinas	1.790,00
3	Sistema operacional (Amortização)	12.000,00
4	Aluguel do prédio	11.500,00
5	Utilidades	9.880,00
6	Mão-de-obra direta da célula	65.900,00
7	Manuseio de materiais	1.050,00
8	Seguros	3.605,00
9	Mão-de-obra indireta da célula	16.829,00
10	Movimentação nas células	5.795,00
11	Outros serviços	3.520,00
12	Atualização de dados	1.200,00
13	Ferramentas e outros dispositivos	1.360,00
14	Codificação dos produtos	240,00
15	Material direto	177.962,00
TOTAL DOS RECURSOS		317.444,00

Tabela 1 – Descrição dos recursos e valores

O *layout* escolhido quanto à manufatura foi o de Manufatura Celular, concordante aos ideais de Dhavale (1992), Cogan (2003) e Özbayrak et al. (2004), na qual sua composição é apresentada na Tabela 2:

CARACTERÍSTICAS DA MANUFATURA	QUANTIDADE	REPRESENTAÇÃO	NOTAÇÃO
Células	Duas	C_1 e C_2	C_n , onde C é a célula e n representa o número da célula
Máquinas	Quatro (duas em cada célula)	M_1 e M_2 na C_1 M_3 e M_4 na C_2	M_i , no qual M é a máquina e i representa o número da mesma
Produtos	Quatro	P_1 e P_2 na C_1 P_3 e P_4 na C_2	P_i , onde P é o produto e i representa o número do mesmo
Lotes	Quatro	L_1 para o P_1 , L_2 para o P_2 L_3 para o P_3 , L_4 para o P_4	L_j , onde L é o lote e j se refere a um lote para determinado produto
Quantidade (Por lote)	-	Q_1 no $L_1 = 20.000$ un. Q_2 no $L_2 = 10.000$ un. Q_3 no $L_3 = 15.000$ un. Q_4 no $L_4 = 5.000$ un.	Q_j , onde Q representa a quantidade e j um lote para determinado produto
Número de lotes (Previsão)	Para todos os produtos foram produzidos 50 lotes. Perfazendo 200 lotes no total.	N_1, N_2, N_3 , e $N_4 = 50$.	N_j , onde N é o número total de lotes para j
Horas de máquina (Por lote)	-	$H_{11} = 4$ e $H_{12} = 2$ $H_{21} = 4$ e $H_{22} = 6$ $H_{33} = 2$ e $H_{34} = 4$ $H_{43} = 5$ e $H_{44} = 6$	$H_{j,M}$, onde H são as horas despendidas na máquina M pelo lote j
Área ocupada pelas máquinas (%)	-	$A_1 = 35\%$ $A_3 = 20\%$ $A_2 = 20\%$ $A_4 = 25\%$	A_M , onde A é a área da máquina e o M é a máquina
Material direto (Por lote)	-	$D_1 = 61.735,30$ $D_3 = 61.986,93$ $D_2 = 38.741,04$ $D_4 = 15.496,73$	D_j , corresponde ao material direto do lote j

Tabela 2 – Composição quanto à Manufatura Celular

Além disso, é válido salientar, tendo em vista a facilidade no desenvolvimento das expressões na próxima seção, que os recursos depreciação, ferramentas e outros dispositivos, e codificações são distribuídos por máquina conforme a Tabela 3.

Nº	RECURSOS	% MÁQUINAS			
		1	2	3	4
1	Depreciação das máquinas	40,00	25,00	15,00	20,00
13	Ferramentas e outros dispositivos	40,00	25,00	15,00	20,00
14	Codificação dos produtos	30,00	25,00	22,50	22,50

Tabela 3 - Composição dos recursos

Ademais, os recursos mão-de-obra direta, manuseio de materiais, seguros, mão-de-

obra indireta, movimentação nas células, outros serviços e atualização de dados também são dissociados por células, conforme apresentado na Tabela 4.

Nº	RECURSOS	% CÉLULA 1	% CÉLULA 2
6	Mão-de-obra direta da célula	59,00	41,00
7	Manuseio de materiais	60,00	40,00
8	Seguros	70,00	30,00
9	Mão de obra indireta da célula	60,00	40,00
10	Movimentação nas células	67,00	33,00
11	Outros serviços	66,00	33,00
12	Atualização de dados	60,00	40,00

Tabela 4 - Composição de recursos por Células

Com o intento de alcançar os objetivos estabelecidos, utilizando a sistematização abordada na Figura 19, faz-se necessário equacionar o problema. Na esteira desse processo, a próxima seção compreende esse aspecto contemplando a Manufatura Celular e o Método ABC a fim de determinar o custo.

3.3.1 - Equacionamento pelo ABC

Para esquematizar o problema proposto nesse trabalho quanto ao ABC e a Manufatura Celular, conforme idealizado por Dhavale (1992)¹⁵, Rasmussen et al. (1999)¹⁶, Cogan (2003)¹⁷, Özbayrak et al. (2004), Brierley et al. (2006), Satoglu et al. (2006), e Singer e Donoso (2006), foi necessário ajustar as informações indicadas na Tabela 3 aos mesmos. Nessa perspectiva, tal propósito é apresentado por meio da Figura 20.

¹⁵ O modelo de *layout* utilizado por Dhavale (1992) é apresentado no Anexo - A.

¹⁶ O modelo de *layout* utilizado por Rasmussen et al. (1999) é apresentado no Anexo - A.

¹⁷ O modelo de *layout* utilizado por Cogan (2003) é apresentado no Anexo - A.

Figura 20 – Adaptação do Método ABC a Manufatura Celular

Fonte: Adaptado de Dhavale (1992) e Cogan (2003).

Deve ser enfatizado que na adaptação do Método ABC à Manufatura Celular apresentada na Figura 20 foi utilizado o conceito de centros de atividades, assim, não existe a apresentação ou listagem de todas as atividades que ocorre na Manufatura Celular. Um Centro de Atividade, como muito bem define Dhavale (1992), representa um conjunto de atividades que o gestor da manufatura pretende controlar com a máxima efetividade possível. Conseqüentemente, um centro de atividade pode apresentar vários agrupamentos de custos, porém tais agrupamentos devem ser os mais homogêneos possíveis. A principal razão para essa homogeneidade tem como base a utilização de apenas um direcionador de custos para cada centro de atividade.

Por conseguinte, considerando-se a concepção apresentada na Figura 20, foi identificado quatro grandes centros de atividades: (a) para cada máquina referente à depreciação, re-configuração e sistema operacional; (b) relativo aos recursos como aluguel e utilidades também para cada máquina; (c) que se refere à mão-de-obra direta da célula, manuseio de materiais, seguro, mão-de-obra indireta da célula, movimentação nas células, outros serviços e atualização dos dados para cada célula; e (d) alusivo a ferramentas e outros dispositivos e codificação quanto às partes dos produtos para cada unidade. Ainda nesse sentido, visando uma melhor exposição quanto aos recursos, centros de atividades e alguns exemplos de atividades, o Quadro 10 apresenta uma matriz considerando a adaptação do Método ABC à Manufatura Celular realizada na Figura 20.

		CENTROS DE ATIVIDADES	EXEMPLOS DE ATIVIDADES DESSES CENTROS
RECURSOS	1° - Depreciação das máquinas	Cada máquina	Manutenção das máquinas; e Calibração das máquinas.
	2° - Re-configuração		
	3° - Sistema operacional		
	4° - Aluguel do prédio		
	5° - Utilidades		
	6° - Mão-de-obra direta na célula	Cada célula	Controles de qualidades; e Movimentação dos lotes/peças.
	7° - Manuseio de materiais		
	8° - Seguros		
	9° - Mão-de-obra indireta na célula		
	10° - Movimentação nas células		
	11° - Outros serviços		
	12° - Atualização de dados		
	13° - Ferramentas e dispositivos	Cada parte	Embalar e etiquetar as peças; e Instalação de pequenos dispositivos nas peças.
	14° - Codificação de produtos		
	15° - Material direto	Cada unidade ou produto final	Pintar os produtos finais; e Realizar a serigrafia industrial.

Quadro 10 - Matriz de recursos, centros de atividades e exemplos de atividades

Também se deve ressaltar que os recursos, para o equacionamento considerando o ABC e reputando o Método Tradicional, são representados com base na seguinte

notação¹⁸ $X_{R,M}$, no qual R representa os valores dos recursos a serem custeados e M a máquina. Assim, os recursos são alocados aos centros de atividades em um primeiro nível e, conseqüentemente, atribuídos a cada lote em um segundo momento, isto é, calculados em dois estágios. A partir desses lotes de produção o custo para cada unidade ou produto final é facilmente encontrado como demonstrado nos desenvolvimentos que se seguem:

- a) Centro de atividade para cada máquina: nesse centro, conforme demonstrado na Expressão 1, os recursos re-configuração e sistema operacional são alocados a cada máquina com base na depreciação referente a cada máquina, pois tais recursos estão relacionados ao valor da máquina no primeiro momento e terão como direcionadores de custo, posteriormente, as horas consumidas por cada lote no segundo estágio conforme apresentado na Expressão 2.

- 1º Estágio:

$$\begin{aligned}
 (\text{Recurso 2} + \text{Recurso 3}) \times \text{Proporção do Recurso 1} &= (X_2 + X_3) \times \frac{X_{1,M}}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \\
 (\text{Recurso 2} + \text{Recurso 3}) \times \text{Proporção do Recurso 1} &= \frac{X_{1,M} \times (X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \quad (1) \\
 \text{Recurso 1} + (\text{Recurso 2} + \text{Recurso 3}) &= X_{1,M} + \left(\frac{X_{1,M} \times (X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \\
 \text{Recurso (1 + 2 + 3)} &= X_{1,M} \times \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right)
 \end{aligned}$$

¹⁸ Para o recurso material direto por lote foi utilizada uma monenclatura diferente, conforme apresentado na

- 2º Estágio:

$$\text{Proporção das horas consumidas do total disponível} = \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \quad (2)$$

Assim sendo, o custo do lote, considerando-se os três primeiros recursos, é um produto do primeiro com o segundo estágio conforme demonstrado na Expressão 3:

$$\begin{aligned} L_j &= 1^\circ \text{ Estágio} \times 2^\circ \text{ Estágio} \\ \therefore L_j &= X_{1,M} \times \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \end{aligned} \quad (3)$$

Entretanto, os lotes podem ser processados por várias máquinas; conseqüentemente, o custo do lote, na Expressão 3, deverá contemplar esses diversos momentos. Tal situação é apresentada na Expressão 4.

$$L_j = \left[X_{1,M} \times \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right] + \left[X_{1,2} \times \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \frac{H_{j,2}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right] + \dots \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \therefore L_j &= \sum_{M=1}^M \left[X_{1,M} \times \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right] \\ \therefore L_j &= \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \left[\sum_{M=1}^M \left(X_{1,M} \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right) \right] \end{aligned}$$

b) O segundo centro de custos para cada máquina: nesses centros de custos serão contemplados, no primeiro momento, os recursos como aluguel e utilidades, considerando-se a área relativa à ocupação das máquinas, ou seja, os direcionadores de custo são as medidas das superfícies ocupadas conforme apresentado mediante a Expressão 5 e, posteriormente, em um segundo instante, esses recursos serão atribuídos aos lotes tendo como base os materiais diretos utilizados pelas máquinas. Cabe ressaltar que, os materiais diretos servem apenas como direcionadores para alocação desses recursos às máquinas e conseqüentemente aos lotes, assim seus valores nesse instante não são atribuídos aos lotes. A Expressão 6 é representativa dessa situação.

- 1º Estágio:

$$(\text{Recurso 4} + \text{Recurso 5}) \times \text{Proporção da área} \Rightarrow (X_4 + X_5) \times \left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \quad (5)$$

- 2º Estágio:

$$\text{Proporção do material direto} = \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) \quad (6)$$

De maneira semelhante para os recursos depreciação das máquinas, reconfiguração e sistema operacional será necessário ponderar a Expressão 5 pela Expressão 6 visando calcular o custo desses recursos para cada célula segundo apresentado na Expressão 7.

$$L_j = (\text{1º Estágio} \times \text{2º Estágio})$$

$$L_j = \left[(X_4 + X_5) \times \left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \right] \times \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) \quad (7)$$

Não obstante, o processamento também pode ocorrer em várias máquinas, assim, o custo do lote deverá considerar esses diversos processamentos conforme exposto na Expressão 8.

$$L_j = \left[(X_4 + X_5) \times \left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \right] \times \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) + \left[(X_4 + X_5) \times \left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \right] \times \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) + \dots$$

$$\therefore L_j = (X_4 + X_5) \times \sum_{M=1}^M \left[\left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \right] \quad (8)$$

c) Centro de custos por atividades para cada célula: esse ponto de confluência admite, na primeira alocação de custos, que os recursos como mão-de-obra direta e indireta, o manuseio dos materiais, seguros, movimentação nas células, outros serviços e atualização de dados sejam totalizados em conformidade à Expressão 9 e, seguidamente, que se faça à alocação com base na razão dos materiais diretos quanto ao lote pelo seu total conforme apresentado na Expressão 6.

- 1º Estágio:

$$\text{Recurso 6} + \text{Recurso 7} + \text{Recurso 8} + \text{Recurso 9} + \text{Recurso 10} + \text{Recurso 11} + \text{Recurso 12} = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \quad (9)$$

- 2º Estágio:

$$\text{Proporção do material direto} = \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) \quad (6)$$

Igualmente aos demais centros de custos apresentados anteriormente existe a necessidade de se observar a somatória dos recursos pela proporção quanto ao material direto. Essa situação é demonstrada na Expressão 10.

$$L_j = (1^\circ \text{ Estágio} \times 2^\circ \text{ Estágio})$$

$$\therefore L_j = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \quad (10)$$

d) Centro de custos por atividade alusiva à ferramentas e outros dispositivos, e codificação dos produtos para cada peça: nos mesmos, primeiramente, é somados os recursos conforme demonstra a Expressão 11 e posteriormente atribuído às peças segundo o número de lotes produzidos da mesma maneira que a Expressão 12 apresenta.

- 1º Estágio:

$$\text{Recurso 13} + \text{Recurso 14} = X_{13} + X_{14} \quad (11)$$

- 2º Estágio:

$$\frac{(\text{Recursos 13} + \text{Recursos 14})}{N_j} \quad (12)$$

Assim, o custo do lote é resultado da multiplicação dos dois estágios como demonstrado na Expressão 13.

$$\begin{aligned} L_j &= \text{Estágio 1} \times \text{Estágio 2} \\ L_j &= \frac{(X_{13} + X_{14})}{N_j} \end{aligned} \quad (13)$$

Como resultado o custo total do lote é a soma de todas as partes anteriormente apresentadas, ou seja, a junção dos itens $a + b + c + d$ e o material direto. Tal processo é expresso por meio da Expressão 14.

$$L_j = A + B + C + D + \text{Material direto}$$

$$L_j = A + B + C + D + D_j \quad (14)$$

Em contrapartida à esquematização do Método ABC na Manufatura Celular se faz necessário apresentar na próxima seção a adequação do Método Tradicional a Manufatura Celular visando responder a questão motivadora desta pesquisa.

3.3.2 - Equacionamento pelo Tradicional ou Absorção

O equacionamento do Método Tradicional a Manufatura Celular é realizado tendo como base os relacionamentos apresentados na Figura 21.

Figura 21 – Adaptação do Método Tradicional a Manufatura Celular

Fonte: Adaptado de Dhavale (1992) e Cogan (2003).

A determinação quanto aos custos dos produtos contemplando esse conjunto de circunstâncias apresentadas na Figura 21 é realizado mediante os seguintes apontamentos:

- a) Obtenção dos custos indiretos de fabricação - CIF: nesse item é realizada a soma de todos os recursos, exceto o recurso mão-de-obra direta na célula e o recurso material direto, conforme demonstrado na Expressão 15.

$$CIF = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} \quad (15)$$

- b) Acréscimo do recurso material direto e recurso mão-de-obra direta¹⁹: para o cálculo referente ao custo quanto ao lote é necessário acrescentar o material e mão-de-obra direta que os respectivos conjuntos de produtos, em outras palavras, os lotes consumiram. Tal apontamento é exposto mediante a Expressão 16.

$$L_j = X_{6,j} + D_j \quad (16)$$

- c) Rateio do item “a” com base no material direto²⁰: essa fase condiciona as importâncias alcançadas no mesmo item ao respectivo lote conforme demonstra a Expressão 17.

$$L_j = CIF \times \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) \quad (17)$$

¹⁹ O recurso mão-de-obra direta da célula também pode ser representado por lote. Nesse sentido, o $X_{6,1}$ representa 36,25%, o $X_{6,2}$ representa 22,74%, o $X_{6,3}$ representa 32,79% e o $X_{6,4}$ representa 8,20%. Essa representação facilita o cálculo do custo do lote conforme será demonstrado na seção 4.3.

A soma dessas três partes ($a + b + c$) fornece o custo do lote pelo Método Tradicional. Essa concepção é apresentada por intermédio da Expressão 18.

$$L_j = X_{6,j} + D_j + \left[CIF \times \left(\frac{D_j}{\sum_{j=1}^j D_j} \right) \right] \quad (18)$$

Após a apresentação das equações representativas do custo do lote, considerando o Método Tradicional, se faz necessário apresentar a relação utilizada para relacionar os principais atores da Modelagem Dinâmica com os principais atores do Método ABC. Nesse sentido, a próxima seção aborda esse relacionamento.

3.3.3 - Relacionamento dos principais atores da MDS e do Método ABC

Com o objetivo de estabelecer a relação entre o Método ABC e MDS tomando como enfoque a Manufatura Celular e comparando os resultados com o método tradicional de custeio, considerando todos os apontamentos feitos anteriormente foi utilizado o aplicativo ou software STELLA 5.0, para simulação, conforme apontado por Rizzo et al. (2006).

Para facilitar a compreensão da utilização quanto ao software STELLA 5 foi realizada o uso de uma notação que alinhe os componentes, ou seja, os atores do Método ABC com a MDS. Essa designação convencional é apresentada, genericamente, por meio da Tabela 5.

²⁰ Recordando que segundo Bruni (2006), a base do rateio pode ser o material direto, mão-de-obra direta, ou horas máquinas, assim, nesse caso foi utilizado o material direto.

ATORES DA MDS	ATORES DO ABC
Auxiliar	<u>Recursos e Direcionadores de Custos:</u> fontes de elementos ou materiais necessários à produção como, por exemplo, matéria-prima e medidas não-financeiras da realização referente às atividades.
Fluxo e Estoque	<u>Centros de atividades:</u> um ponto de convergência para a acumulação dos custos.
Conector	<u>Relacionamento e Atividades:</u> de certa forma, tais elementos representam as atividades ocorridas no processo de produção e o relacionamento entre os demais atores da MDS.

Tabela 5 – Atores da MDS e do Método ABC

Quanto à modelagem do Método ABC, focando a Manufatura Celular mediante o STELLA 5, e pretendendo custear os produtos à concepção dessa relação, a mesma é apresentada em sua forma agregada ou em setores conforme expõe a Figura 22, em outras palavras, os recursos são alocados aos centros quanto ao custo por meio dos direcionadores de primeiro e segundo nível.

Figura 22 – Modelagem visualizada por setores

Tal construto, visualizado por setores conforme apresentado na Figura 22, conduz à maturação e sistematização das idealizações expostas na Figura 20, no que se refere à delineação do problema mediante o software de MDS. Por conseguinte, esse processo quanto

à modelagem, sob a convicção do STELLA 5, adequando os atores desses dois conjuntos de meios, conforme a Tabela 6, dispostos convenientemente para alcançar o propósito deste trabalho, oferece uma representação, em escala maior, referente à interface comum entre os Métodos ABC e MDS para a manufatura celular como demonstrado na Figura 23.

Além disso, é válido evidenciar que a realização dessa modelagem com o auxílio do STELLA 5 possibilita a geração das equações diferenciais utilizadas como a lógica do cálculo, isto é, o software apresentara como resultado todas as expressões que conduziram à conclusão das operações matemáticas realizadas pelo mesmo e ao custo de cada unidade produzida. Contudo, tais apontamentos são apresentados no capítulo de resultados.

Figura 23 – Método ABC e MDS na Manufatura Celular

3.4 - *Limites do Método de Pesquisa*

As pesquisas do tipo exploratórias têm como objetivo o desenvolvimento de técnicas ou identificações de tópicos pouco estudados. Visando esses desenvolvimentos as mesmas utilizam processos bem particulares que em alguns casos são únicos e de difícil respaldo na literatura.

Além disso, nesse tipo de pesquisa o instrumento metodológico, isto é, todos os procedimentos e cuidados devem ser conduzidos de tal maneira que os resultados sejam independentes dos pesquisadores envolvidos no processo e de suas opiniões ou preceitos. Todavia, as seguintes dificuldades e limitações decorrentes dos métodos e técnicas escolhidas para realização deste estudo são resumidas a seguir:

- Utilização de um *Layout* da Manufatura Celular específico: todos os métodos, ou mais especificamente, equacionamentos, condicionamentos e procedimentos são propostos e utilizados apenas para o *layout* proposto e apresentado na Figura 21, Figura 20 e, conseqüentemente, para uma composição de Manufatura Celular conforme indicado na Tabela 2;
- Emprego da quantidade e validade dos dados: todos os dados referentes às importâncias econômicas dos recursos não foram obtidos de uma organização que utiliza a concepção de Manufatura Celular o que provavelmente restringe ou elimina alguns recursos, nos aspectos de valor e quantidade, utilizados como insumos produtivos nas organizações;
- Aplicação apenas da Manufatura Celular como técnica de produção: foi considerado apenas a Manufatura Celular como técnica aplicada à produção, ou seja, poderiam ser

consideradas na modelagem outras práticas de produção visando uma aproximação maior entre o objeto de estudo e a realidade; e

- Utilização de apenas um enfoque metodológico: a utilização do enfoque quantitativo limita a pesquisa já que algumas facetas do objeto de estudo podem ser mais bem compreendidas quando a observação é sustentada pelo enfoque da triangulação.

Nos desenvolvimentos que se seguem na próxima seção são apresentados os resultados obtidos mediante o Método ABC, o Método Tradicional e a MDS, em outras palavras, o próximo tópico tece as principais considerações sobre as conseqüências da aplicação dessas técnicas na Manufatura Celular. Contudo, tais resultados ficam condicionados as luzes dessas técnicas e dos apontamentos anteriormente propostos, visto que, concepções mais amplas estão, ainda, por serem desenvolvidas e que alguns conceitos escapam da órbita restrita do ABC e MDS conforme indicados nesta seção.

4 - RESULTADOS

Quanto menos inteligente um homem é, menos
misteriosa lhe parece à existência.
Arthur Schopenhauer

O desenvolvimento da gestão estratégica de custos é pontilhado, como é a evolução referente a qualquer área, por controvérsias, embora a resolução dessas não possa ser descrita somente como superações positivas do conhecimento, mas como mudanças quanto a compreender e interpretar o discurso e a prática das mesmas.

Assim, surge o Método do Custeio Baseado em Atividade - ABC um *juggernaut* contra os novos desafios enfrentados na modernidade. Contudo, esse discurso sobre a força inexorável é unilateral e sem crédito quando apresentado dessa maneira, pois ao crivo do enfoque quantitativo, nenhuma superação se faz sem verificação de suas contribuições ou resultados desse método quando comparado aos métodos tradicionais que por sua vez são bastante consistentes na literatura.

Além disso, as vantagens que um método apresenta quando comparado ao outros são pontuais e não de aplicação universal. Nesse sentido, tais vantagens são muito bem limitadas por vários aspectos como, por exemplo, o ambiente de aplicação e método de aplicação. Sob tais condições, a Manufatura Celular foi escolhida como ambiente de aplicação e a MDS foi selecionada como o principal instrumento da metodologia de pesquisa conforme apresentado no Capítulo 3.

Nesse sentido, esta seção apresenta os resultados, ou de maneira mais específica, demonstra o produto da análise crítica da literatura. Os resultados da mensuração dos custos na Manufatura Celular mediante o Método ABC, os resultados da mensuração dos custos na Manufatura Celular através do Método Tradicional, os resultados da mensuração dos custos na Manufatura Celular considerando o Método ABC por meio da MDS e uma análise

comparativa desses custos obtidos através dessas situações.

4.1 - Resultados da análise crítica da literatura

Na elaboração da revisão da literatura, isto é, na criação de um marco teórico, conforme apresentado no Capítulo 2, foram expostas as teorias, os enfoques teóricos, as pesquisas e os antecedentes em geral que contornam o tema contemplado nesta pesquisa. Segundo Sampieri et al. (2007) a elaboração de um marco teórico deve impreterivelmente atender os seguintes objetivos:

- Ajudar a prevenir erros que tenham sido cometidos em outros estudos;
- Orientar sobre a forma de realizar o estudo;
- Ampliar o horizonte do estudo ou orientar o pesquisador para o enfoque do seu problema evitando desvios da elaboração original;
- Inspirar novas linhas de pesquisa; e
- Fornecer um marco de referência para interpretar os resultados do estudo.

De maneira geral, a elaboração do referencial teórico auxiliou na construção de uma perspectiva teórica que fomentou e auxiliou a estruturação desta pesquisa. Além disso, essa organização teórica conseguiu contemplar de forma direta e indireta os objetivos indicados por Sampieri et al (2007) conforme demonstrados nos seguintes apontamentos:

- Identificação a partir da construção teórica realizada e da banca de qualificação dos erros de tradução nas fontes secundárias de bibliografia consultada que quando analisados mais precisamente indicavam formulações com erros conceituais;

- Orientação na definição do *layout* da Manufatura Celular evitando a elaboração ou utilização de uma composição sem a validação teórica;
- Indicação da utilização de técnicas como a MDS para problemas complexos como a utilização do Método ABC em Manufatura Celular. Deve ser enfatizado que a elaboração do marco teórico apontou a utilização dessa técnica, porém não mencionou nenhuma aplicação semelhante;
- Ressaltar a presença de poucos trabalhos ou de uma lacuna que contemple a utilização da MDS no custeio dos produtos; e
- Indicação do emprego de outra técnica de custeio, já respaldada na literatura, visando a comparação e conseqüentemente a interpretação dos resultados.

Na perspectiva apresentada no início deste capítulo, a próxima seção expõe os resultados obtidos por intermédio do equacionamento demonstrado na seção 3.3.1.

4.2 - Resultados por intermédio das expressões quanto ao Método ABC

Tendo em consideração a necessidade quanto ao cálculo do custo unitário das peças que compõem o lote 1, 2, 3, e 4 os custos totais dos mesmos são apurados por meio da soma dos itens $a + b + c + d + \text{material direto}$, ou seja, soma das expressões 4, 8, 10 e 13 considerando as especificidades de cada lote. Nesse enfoque, os cálculos desses lotes são demonstrados a seguir.

- Lote 1:

$$A_1 = \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \left[\sum_{M=1}^M X_{1,M} \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right]$$

$$A_1 = \left(1 + \frac{(1.790,00 + 12.000,00)}{4.813,00} \right) \times \left[\left(1.925,20 \times \frac{4}{8} \right) + \left(1.203,25 \times \frac{2}{8} \right) \right]$$

$$A_1 = 4.883,29$$

$$B_1 = (X_4 + X_5) \times \sum_{M=1}^M \left[\left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \right]$$

$$B_1 = (11.500,00 + 9.880,00) \times \left[\left(\frac{0,35}{1} \right) \times \left(\frac{61.735,30}{100.476,34} \right) + \left(\frac{0,20}{1} \right) \times \left(\frac{61.735,30}{100.476,34} \right) \right]$$

$$B_1 = 7.225,04$$

$$C_1 = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \Rightarrow C_1 = 59.057,75 \times \left(\frac{61.735,30}{100.476,34} \right) \Rightarrow C_1 = 36.286,63$$

$$D_1 = \frac{(X_{13} + X_{14})}{N_j} \Rightarrow D_1 = \frac{(544,00 + 72,00)}{50} \Rightarrow D_1 = 12,32$$

$$L_1 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + \text{Material direto}$$

$$L_1 = 4.883,29 + 7.225,04 + 36.286,63 + 12,32 + 61.735,30$$

$$L_1 = 110.142,58$$

- Lote 2:

$$A_2 = \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \left[\sum_{M=1}^M X_{1,M} \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right]$$

$$A_2 = \left(1 + \frac{(1.790,00 + 12.000,00)}{4.813,00} \right) \times \left[\left(1.925,20 \times \frac{4}{8} \right) + \left(1.203,25 \times \frac{6}{8} \right) \right]$$

$$A_2 = 7.208,66$$

$$B_2 = (X_4 + X_5) \times \sum_{M=1}^M \left[\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \times \frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right]$$

$$B_2 = (11.500,00 + 9.880,00) \times \left[\left(\frac{0,35}{1} \right) \times \left(\frac{38.741,04}{100.476,34} \right) + \left(\frac{0,20}{1} \right) \times \left(\frac{38.741,04}{100.476,34} \right) \right]$$

$$B_2 = 4.533,96$$

$$C_2 = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \Rightarrow C_2 = 59.057,75 \times \left(\frac{38.741,04}{100.476,34} \right) \Rightarrow C_2 = 22.771,12$$

$$D_2 = \frac{(X_{13} + X_{14})}{N_j} \Rightarrow D_2 = \frac{(340,00 + 60,00)}{50} \Rightarrow D_2 = 8,00$$

$$L_2 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + \text{Material direto}$$

$$L_2 = 7.208,66 + 4.533,96 + 22.771,12 + 8,00 + 38.741,04$$

$$L_2 = 73.262,78$$

- Lote 3:

$$A_3 = \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \left[\sum_{M=1}^M X_{1,M} \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right]$$

$$A_3 = \left(1 + \frac{(1.790,00 + 12.000,00)}{4.813,00} \right) \times \left[\left(721,95 \times \frac{2}{7} \right) + \left(962,60 \times \frac{4}{10} \right) \right]$$

$$A_3 = 2.285,51$$

$$B_3 = (X_4 + X_5) \times \sum_{M=1}^M \left[\left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \right]$$

$$B_3 = (11.500,00 + 9.880,00) \times \left[\left(\frac{0,20}{1} \right) \times \left(\frac{61.986,93}{77.485,66} \right) + \left(\frac{0,25}{1} \right) \times \left(\frac{61.986,93}{77.485,66} \right) \right]$$

$$B_3 = 7.696,60$$

$$C_3 = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \Rightarrow C_3 = 38.841,25 \times \left(\frac{61.986,93}{77.485,66} \right) \Rightarrow C_3 = 31.072,20$$

$$D_3 = \frac{(X_{13} + X_{14})}{N_j} \Rightarrow D_3 = \frac{(204,00 + 54,00)}{50} \Rightarrow D_3 = 5,16$$

$$L_3 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + \text{Material direto}$$

$$L_3 = 2.285,51 + 7.696,60 + 31.072,20 + 5,16 + 61.986,93$$

$$L_3 = 103.046,40$$

- Lote 4:

$$A_4 = \left(1 + \frac{(X_2 + X_3)}{\sum_{M=1}^M X_{1,M}} \right) \times \left[\sum_{M=1}^M \left(X_{1,M} \times \frac{H_{j,M}}{\sum_{M=1}^M H_{j,M}} \right) \right]$$

$$A_4 = \left(1 + \frac{(1.790,00 + 12.000,00)}{4.813,00} \right) \times \left[\left(721,95 \times \frac{5}{7} \right) + \left(962,60 \times \frac{6}{10} \right) \right]$$

$$A_4 = 4.225,54$$

$$B_4 = (X_4 + X_5) \times \sum_{M=1}^M \left[\left(\frac{A_M}{\sum_{M=1}^M A_M} \right) \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \right]$$

$$B_4 = (11.500,00 + 9.880,00) \times \left[\left(\frac{0,20}{1} \right) \times \left(\frac{15.498,73}{77.485,66} \right) + \left(\frac{0,25}{1} \right) \times \left(\frac{15.498,73}{77.485,66} \right) \right]$$

$$B_4 = 1.924,40$$

$$C_4 = \sum_{R=6}^{12} X_{R,M} \times \left(\frac{D_{j,M}}{\sum_{j=1}^j D_{j,M}} \right) \Rightarrow C_4 = 38.841,25 \times \left(\frac{15.498,73}{77.485,66} \right) \Rightarrow C_4 = 7.769,05$$

$$D_4 = \frac{(X_{13} + X_{14})}{N_j} \Rightarrow D_4 = \frac{(272,00 + 54,00)}{50} \Rightarrow D_4 = 6,52$$

$$L_4 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + \text{Material direto}$$

$$L_4 = 4.225,54 + 1.924,40 + 7.769,05 + 6,52 + 15.498,73$$

$$L_4 = 29.424,24$$

A fim de sintetizar, os valores dos produtos são obtidos dividindo os custos totais dos lotes por suas respectivas quantidades conforme demonstrado a seguir:

$$P_1 = L_1 / 20.000 = 110.142,58 / 20.000 = 5,51$$

$$P_2 = L_2 / 10.000 = 73.262,78 / 10.000 = 7,33$$

$$P_3 = L_3 / 15.000 = 103.046,40 / 15.000 = 6,87$$

$$P_4 = L_4 / 5.000 = 29.424,24 / 5.000 = 5,88$$

A próxima seção apresentará os resultados obtidos mediante o equacionamento no qual o Método Tradicional é considerado como um princípio condutor para obtenção dos custos em Manufatura Celular.

4.3 - Resultados por intermédio das expressões quanto ao Método Tradicional

Para obtenção dos custos totais dos lotes utilizando o Método Tradicional é necessário calcular, primeiramente, o valor dos custos indiretos de fabricação – CIF. Com base nessa indicação, o valor do CIF é obtido através da Expressão 15 conforme exposto a seguir:

$$CIF = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14}$$

$$CIF = 4.813,00 + 1.790,00 + 12.000,00 + 11.5000,00 + 9.880,00 + 1.050,00 + 3.605,00 + 16.829,00 + 5.795,00 + 3.520,00$$

$$+ 1.200,00 + \left(\frac{1.360,00}{50} \right) + \left(\frac{240,00}{50} \right)$$

$$CIF = 72.014,00$$

A partir dos CIF os custos dos lotes considerando o Método Tradicional podem ser obtidos mediante a Expressão 16 conforme demonstrado a seguir:

- Lote 1:

$$L_1 = X_{6,1} + D_1 + \left[\text{CIF} \times \left(\frac{D_1}{\sum_{j=1}^1 D_j} \right) \right]$$

$$L_1 = 23.889,50 + 61.735,30 + \left[72.014,00 \times \left(\frac{61.735,30}{177.962,00} \right) \right]$$

$$L_1 = 110.606,58$$

- Lote 2:

$$L_2 = X_{6,2} + D_2 + \left[\text{CIF} \times \left(\frac{D_2}{\sum_{j=1}^1 D_j} \right) \right]$$

$$L_2 = 14.991,49 + 38.741,04 + \left[72.014,00 \times \left(\frac{38.741,04}{177.962,00} \right) \right]$$

$$L_2 = 69.409,46$$

- Lote 3:

$$L_3 = X_{6,3} + D_3 + \left[\text{CIF} \times \left(\frac{D_3}{\sum_{j=1}^1 D_j} \right) \right]$$

$$L_3 = 21.614,64 + 61.986,93 + \left[72.014,00 \times \left(\frac{61.986,93}{177.962,00} \right) \right]$$

$$L_3 = 108.685,16$$

- Lote 4:

$$L_4 = X_{6,4} + D_4 + \left[CIF \times \left(\frac{D_4}{\sum_{j=1}^I D_j} \right) \right]$$

$$L_4 = 5.404,35 + 15.498,73 + \left[72.014,00 \times \left(\frac{15.498,73}{177.962,00} \right) \right]$$

$$L_4 = 27.174,79$$

No caso do Método Tradicional, os valores dos produtos também são obtidos dividindo o custo total de cada lote pela quantidade de produtos conforme exposto abaixo:

$$P_1 = L_1 / 20.000 = 110.606,46 / 20.000 = 5,53$$

$$P_2 = L_2 / 10.000 = 69.409,46 / 10.000 = 6,94$$

$$P_3 = L_3 / 15.000 = 108.685,17 / 15.000 = 7,25$$

$$P_4 = L_4 / 5.000 = 27.174,79 / 5.000 = 5,43$$

Depois do cálculo destes valores, a próxima seção apresenta os resultados obtidos pelo Método ABC mediante a MDS na Manufatura Celular.

4.4 – Resultados por intermédio da MDS quanto ao Método ABC na Manufatura Celular

Primeiramente, antes de apresentar os resultados, isto é, os custos dos produtos, se faz necessário comentar que após a elaboração do modelo de MDS apresentado na Figura 22 o mesmo foi simulado em um notebook da marca Acer Aspireb3102NWLMi, com um processador 3200+, 1.60 GHz, 512 MB de memória RAM, e que essa simulação foi realizada em dois minutos e treze segundos. Convém ressaltar que, essa simulação ofereceu os custos de todos os produtos a cada variação unitária na quantidade a partir da primeira unidade.

Dentro desse processo, considerando a MDS apresentada na Figura 22, os resultados

obtidos através do software Stella 5.0 são apresentados, resumidamente, utilizando a ferramenta tabela do mesmo conforme exposto na Figura 24.

Time	Custo do Produto 1	Quant Peça Lote 2	Custo do Produto 2	Quant Peça Lote 3	Custo do Produto 3	Quant Peça Lote 4	Custo do Produto 4
19983	5.50	9,991.50	7.31	14,987.25	6.86	4,995.75	5.88
19984	5.50	9,992.00	7.31	14,988.00	6.86	4,996.00	5.87
19985	5.49	9,992.50	7.31	14,988.75	6.86	4,996.25	5.87
19986	5.49	9,993.00	7.31	14,989.50	6.85	4,996.50	5.87
19987	5.49	9,993.50	7.31	14,990.25	6.85	4,996.75	5.87
19988	5.49	9,994.00	7.31	14,991.00	6.85	4,997.00	5.87
19989	5.49	9,994.50	7.31	14,991.75	6.85	4,997.25	5.87
19990	5.49	9,995.00	7.31	14,992.50	6.85	4,997.50	5.87
19991	5.49	9,995.50	7.31	14,993.25	6.85	4,997.75	5.87
19992	5.49	9,996.00	7.31	14,994.00	6.85	4,998.00	5.87
19993	5.49	9,996.50	7.31	14,994.75	6.85	4,998.25	5.87
19994	5.49	9,997.00	7.31	14,995.50	6.85	4,998.50	5.87
19995	5.49	9,997.50	7.31	14,996.25	6.85	4,998.75	5.87
19996	5.49	9,998.00	7.31	14,997.00	6.85	4,999.00	5.87
19997	5.49	9,998.50	7.31	14,997.75	6.85	4,999.25	5.87
19998	5.49	9,999.00	7.31	14,998.50	6.85	4,999.50	5.87
19999	5.49	9,999.50	7.31	14,999.25	6.85	4,999.75	5.87
20000	5.49	10,000.00	7.31	15,000.00	6.85	5,000.00	5.87
Final	5.49	10,000.50	7.31	15,000.75	6.85	5,000.25	5.87

Figura 24 – Resultados obtidos pela MDS considerando o ABC na Manufatura Celular

Conforme exposto na Figura 24 os custos dos produtos obtidos mediante a MDS são os seguintes: 5,49 para o 1º produto, 7,31 para o 2º produto, 6,85 para o 3º produto e 5,87 para o 4º produto. O software Stella 5.0 também fornece as expressões obtidas dos relacionamentos de seus atores ou elementos como resultados, assim tais expressões são apresentadas no Apêndice A. Além disso, cabe ressaltar que a coluna denominada “*Time*”, na Figura 24, representa a quantidade de peças do lote 1 produzidas. Ainda nesse enfoque, a próxima seção apresenta uma análise comparativa de todos os resultados demonstrados nas seções 4.2, 4.3 e 4.4.

4.5 – *Análise comparativa dos resultados*

Os custos dos produtos obtidos nas seções anteriores concedem, em outras palavras, possibilitam uma análise comparativa. A Tabela 6, a seguir, é representativa desse entendimento.

PRODUTOS	MÉTODO ABC		MÉTODO TRADICIONAL
	EQUACIONAMENTO	MDS	EQUACIONAMENTO
Produto 1	5,51	5,49	5,53
Produto 2	7,33	7,31	6,94
Produto 3	6,87	6,85	7,25
Produto 4	5,88	5,87	5,43

Tabela 6 – Custos dos produtos

Conforme expõe a Tabela 6 a diferença apresentada entre os valores do equacionamento e da MDS para o Método ABC não é superior a dois centésimos. Essa diferença, de certa forma, é aceitável, pois o software considera uma maior quantidade de casas decimais nas operações de cálculo realizadas o que dificilmente é controlado no caso do equacionamento já que contempla apenas duas casas decimais após a vírgula. Nesse sentido, a comparação percentual entre o Método ABC e o Método Tradicional de Custeio é realizada, conforme a Tabela 7, com base nos custos obtidos pela MDS e nos custos obtidos pelo equacionamento do Método Tradicional.

PRODUTOS	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO ABC – MDS	DIFERENÇA PERCENTUAL
Produto 1	5,53	5,49	-0,72%
Produto 2	6,94	7,31	5,33%
Produto 3	7,25	6,85	-5,52%
Produto 4	5,43	5,87	8,10%

Tabela 7 – Diferenças percentuais

Essas diferenças percentuais indicam a desproporção ou o percentual que um valor tem que receber para que seja equivalente ao outro, por exemplo, o custo do produto 1 deverá

ser reduzido em 0,72% para que seu valor seja igual ao custo obtido pelo Método ABC – MDS. Dentro desse contexto, os custos dos produtos 1 e 3 devem ser reduzidos e os custos dos produtos dois e quatro devem ser aumentados para que tenham igual valor ao do Método ABC – MDS.

Contudo, a principal diferença entre esses métodos consiste na atribuição dos CIF aos produtos, dessa forma, a comparação deve ser realizada excluindo os valores dos recursos materiais diretos e mão-de-obra direta na célula. Assim, a Tabela 8 apresenta os valores dos custos sem a contemplação desses recursos.

PRODUTOS	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO ABC – MDS	DIFERENÇA PERCENTUAL
Produto 1	1,25	1,23	-1,60%
Produto 2	1,57	1,95	24,20%
Produto 3	1,67	1,30	-22,16%
Produto 4	1,25	1,70	36,00%

Tabela 8 – Diferenças percentuais considerando os CIF

As diferenças percentuais expostas na Tabela 7 e principalmente na Tabela 8 expõem que, considerando o Método ABC, alguns custos estão defasados, como no caso dos produtos dois e quatro, enquanto os outros produtos estão recebendo uma carga ou parcela maior dos CIF como, por exemplo, os produtos um e três. Além disso, as diferenças percentuais apresentadas na Tabela 8 se tornam mais ou menos expressivas quando observado o percentual que os CIFs representam sobre os custos totais. Dessa forma, a Tabela 9 é representativa desse entendimento.

PRODUTOS	MÉTODO TRADICIONAL		MÉTODO ABC-MDS	
	% DE CUSTOS DIRETOS	% DE CIF	% DE CUSTOS DIRETOS	% DE CIF
Produto 1	77,40%	22,60%	77,60%	22,40%
Produto 2	77,38%	22,62%	73,32%	26,68%
Produto 3	76,97%	23,03%	81,02%	18,98%
Produto 4	76,98%	23,02%	71,04%	28,96%

Tabela 9 – Composição dos custos totais

Considerando a Tabela 9, os percentuais dos CIF são mais representativos quando

observado sobre a ótica do Método ABC, pois em alguns produtos esses percentuais são próximos de 29%. Em suma, os dados e conseqüentemente as informações apresentados neste capítulo quanto aos custos dos produtos, considerando a Manufatura Celular e a comparação entre o Método Tradicional e o Método ABC, conduzem para as seguintes concepções:

- Estabelecimento de relacionamento entre os principais atores do Método ABC com a MDS: essa relação é comprovada mediante a Figura 23 e a Figura 24, pois a modelagem permitiu calcular em um menor tempo e com uma maior precisão os custos dos quatros produtos;
- Confirmação da utilização quanto a MDS como instrumento metodológico: esse emprego é comprovado através da Tabela 6, visto que seus resultados são mais acurados, em questão de precisão numérica quanto às casas decimais, e obtidos de um modo muito mais rápido quando comparado ao equacionamento; e
- Quanto à apropriação dos CIF aos produtos considerando os dois métodos na Manufatura Celular: o Método ABC se torna mais profícuo quanto ao Método Tradicional desde que os CIF sejam representativos em relação aos custos diretos. Essa concepção deve levar em conta a capacidade da organização de ter ou obter as informações quanto aos custos de seus produtos, dito de outra forma, os custos para levantamento das informações quanto aos produtos não devem ser os mais representativos ou os principais dentro da estrutura de custos da organização.

Sob tais condições e considerando todo o contexto anterior do *layout* da Manufatura Celular, a questão que motiva essa pesquisa é respondida, pois a aplicação da MDS contemplando o Método ABC proporciona parcialmente precisão e rapidez quanto à gestão dos custos aos gestores. Entretanto, quando observado os CIF essa preeminência somente será

valida ou interessante se os mesmos forem bem representativos na composição dos custos totais conforme a situação dessa dissertação, pois uma atribuição fundamentada na utilização dos recursos pelas atividades quando os CIF são significativos possibilita aos gestores um melhor estabelecimento de políticas quanto à formação do preço de venda.

Ainda nesse sentido, os resultados não poderão ser extrapolados, devido às particularidades da proposta inicial, principalmente no que tange ao *layout* da Manufatura Celular, mesmo que a aplicação do Método ABC mediante a MDS em uma Manufatura Celular seja mais interessante que o Método Tradicional, pois fornece aos gestores mais subsídios para a tomada de decisão de maneira mais rápida. Esses resultados são condicionados a todas as características e especificidades expostas no capítulo de métodos; principalmente na seção 3.3. Tal situação é facilmente observada quando se altera os valores dos recursos e conseqüentemente se realiza a simulação do cálculo de custos aos produtos ao Stella 5.0.

Considerando todos os resultados apresentados neste capítulo, o próximo capítulo apresenta conforme exposto na introdução deste trabalho as conclusões obtidas diante de todos os resultados observados anteriormente.

5 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

À exceção de nossos pensamentos não há nada
de tão absoluto em nosso poder.
René Descartes

A presente dissertação se propôs a levar a cabo uma reflexão que abordasse a aplicação da Modelagem Dinâmica de Sistemas e Activity Based Costing para mensurar os custos em Manufaturas Celulares. Com base nesse contexto, essa pesquisa foi realizada considerando um enfoque quantitativo do tipo exploratório sem o estabelecimento de hipóteses, todavia todos os seus principais elementos e procedimentos foram conduzidos e registrados visando os melhores resultados possíveis e assegurando a possibilidade de repetição e da continuidade da mesma por alguém com experiência na área.

A realização de uma análise da literatura com o objetivo de explorar a mesma no que tange a interface entre ABC e MDS na Manufatura Celular subsidiou a reflexão a partir de uma base mais ampla sobre os pressupostos teóricos na qual a mesma se assenta, auxiliou na definição do *layout* da Manufatura Celular e indicou principalmente a lacuna na qual se encaixa essa dissertação no quadro geral do conhecimento no que condiz com o seu objetivo.

A partir dessa constatação e considerando a questão desta pesquisa foram estabelecidas as variáveis independentes, isto é, os valores dos recursos produtivos e o *layout* da Manufatura Celular e as variáveis dependentes, ou seja, os custos dos quatro produtos. Conforme apresentado na seção de métodos deste trabalho, tais variáveis possibilitaram três estruturas distintas quanto aos produtos em um ambiente de Manufatura Celular: (a) cálculo do custo utilizando o Método Tradicional; (b) cálculo do custo por meio do Método ABC; e (c) cálculo do custo considerando o ABC por meio das técnicas de MDS.

Com base nessas três situações e reputando os resultados apresentandos no capítulo

anterior é possível deduzir que a utilização da MDS para aplicar o Método ABC apresenta uma maior precisão numérica quando comparada a aplicação apenas do Método ABC no ambiente de Manufatura Celular. Da mesma maneira, a aplicação do Método ABC por meio da MDS apresenta vantagem quando comparado à técnica de Custeio Tradicional. Entretanto, uma constatação obtida a partir dos resultados indica que, essa primazia fica condicionada à proporção entre os custos diretos de fabricação e os CIF que a organização apresenta. Ademais, deve ser enfatizado que, os custos de implementação do ABC juntamente com a MDS não devem ser os principais representantes entre os custos da organização, a não ser que seja por um breve espaço de tempo no qual a organização está se reestruturando ou passando por um processo de reengenharia²¹.

Conseqüentemente, a aplicação do ABC por meio da MDS em Manufaturas Celulares já é válida e digna de apreço entre a comunidade acadêmica e os responsáveis pela gerência das organizações que primam por vantagens competitivas diante seus concorrentes, visto que, a mesma permite um exame das características comportamentais e a sugestão de mudanças na estrutura ou *layout* da Manufatura Celular. Assim, caso houvesse a necessidade da simulação do acréscimo de infra-estrutura para a produção de um quinto produto seria apenas necessário copiar a seqüência correta de atores dentro do modelo apresentado na Figura 23 e realizar o seu acréscimo aos mesmos e alguns pequenos ajustes a modelagem.

Essa característica observada a partir dos resultados ganha um realce quando salientado que a díade ABC e MDS na Manufatura Celular oferece aos seus gestores uma fundamentação comum para que se compreenda a influência da quantidade produzida, dos custos fixos e variáveis, e outros parâmetros nos objetos de estudos.

Em suma, e sob os aspectos apontados anteriormente, a utilização conjunta do ABC e

²¹ Segundo Stair e Reynolds (2002) reengenharia pode ser compreendida como um redesenho de processos que envolvem a readequação dos processos empresariais, estruturas organizacionais, sistemas de informação e valores de organização objetivando profundas mudanças nos resultados do negócio.

da MDS proporciona várias vantagens nas quais se destacam principalmente as que tangenciam os seguintes fatores: (a) tempo para a tomada de decisão, (b) capacidade de simulação da produção e conseqüentemente dos custos de produção, e (c) facilidade quanto à análise em um ambiente de Manufatura Celular considerando o Método ABC das diversas relações existentes entre os fatores de produção, isto é, as variáveis independentes, e os custos dos produtos, ou seja, as variáveis dependentes. Assim, a principal conclusão deste trabalho, no entendimento do autor e em concordância com as idéias de Martins (2003) se assenta na concepção de que é absolutamente incorreto dizer que um método é, por definição, melhor do que o outro. Na realidade, um é melhor do que outro em determinadas circunstâncias, para determinadas utilizações, pois todos têm seus méritos e suas limitações. Aliás, se um deles fosse absolutamente correto e completo os outros já teriam simplesmente sumido da literatura e da vida prática.

Com base nesse contexto, os métodos de custeio não são construídos para fornecer decisões automáticas, mas sim para proporcionar maior qualidade de precisão sobre as informações de produção, suporte de atividades e os custos dos produtos, assim, os gestores poderão focar mais atenção sobre processos que aumentam o lucro da organização. Nesse sentido, a escolha e compreensão de um método de custeio auxiliam os gestores a tomarem as melhores decisões quanto à definição do preço de venda, do marketing a ser utilizado, e o mix de produção.

Finalmente, cabe indicar a área que contempla a utilização de MDS como uma área carente de trabalhos em seus diversos níveis que dizem respeito à Gestão Estratégica de Custos em suas mais diversas formas. Ademais, vale registrar que se pretende, em estudo futuros, de natureza teórica e/ou prática, analisar em profundidade o desdobramento das temáticas aqui observadas, tendo como objeto de estudo a aplicação da nova vertente do Método ABC o *Time-Driven Activity-Based Costing* em um ambiente de Manufatura Celular

com o auxílio da MDS. Essa aplicação pode ser realizada dentro da perspectiva de uma pesquisa de doutorado visto que esta não é uma situação que encontramos hoje em nenhum trabalho de doutoramento, entretanto, há razões para se crer que, num futuro não muito distante, ter-se-á este tipo de configuração para auxiliar os gestores quanto à tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, Michael D.; STANLEY, Rolfe S.. Modeling groundwater recharge and flow in an upland fractured bedrock aquifer. **System Dynamics Review**, [s.l], v. 2, n. 15, p.163-184, summer 1999.

ACKOFF, Russell Lincoln. **Art of Problem Solving**. New York: John Wiley, 1978. 214 p.

ADAMIDES, Emmanuel D.; VOUTSINA, Marinie. The double-helix model of manufacturing and marketing strategies. **International Journal of Production Economics**, [s.l], v. 1, n. 104, p.3-18, Nov. 2006.

AL-MUBARAK, Fahad; KHUMAWALA, Basheer M.; CANEL, Cem. Focused cellular manufacturing: An alternative to cellular manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**, [s.l], v. 23, n. 3, p.277-299, 2003.

AL-OMIRI, Mohammed; DRURY, Colin. A survey of factors influencing the choice of product costing systems in UK organizations. **Management Accounting Research**, [s.l], n. , p.1-26, 2007. In Press, Corrected Proof.

ARMSTRONG, Peter. The Cost of Activity-Based Management. **Accounting, Organizations and Society**, [s.l], v. 27, n. 1, p.99-120, Jan. 2002.

ASKIN, Ronald G.; SELIM, Hassan M.; VAKHARIA, Asoo J.. A methodology for designing flexible cellular manufacturing systems. **IIE Transactions**, [s.l], v. 29, n. , p.599-610, 1997.

ATKINSON, Anthony A. et al. **Contabilidade Gerencial**. São Paulo: Atlas, 2000. 818 p.

BAIRD, Kevin M.; HARRISON, Graeme L.; REEVE, Robert C.. Adoption of activity management practices: a note on the extent of adoption and the influence of organizational and cultural factors. **Management Accounting Research**, [s.l], v. 15, n. 4, p.383-399, Dec. 2004.

BALAKRISHNAN, Jaydeep; CHENG, Chun Hung. Multi-period planning and uncertainty issues in cellular manufacturing: A review and future directions. **European Journal of Operational Research**, [s.l], v. 177, n. , p.281-309, 2007.

BANKER, Rajiv D.; CHEN, Lei. Predicting Earnings Using a Model Based on Cost Variability and Cost Stickiness. **The Accounting Review**, [s.l], v. 81, n. 2, p.285-307, 2006.

BELHOT, Renato Vairo. **Introdução à Teoria dos Sistemas**. São Carlos: EESC, 2006. 76 p. Apostila.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3º Petrópolis: Vozes, 1977. 352 p.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise Gerencial de Custos: aplicação em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 203 p.

BRENT, Nicholls. ABC in the UK: A status Report. **Management Accounting**, [s.l.], v. 70, n. 5, p.22-25, May 1992.

BRIERLY, John A.; COWTON, Christopher J.; DRURY, Colin. A Comparison of Product Costing Practices in Discrete-Part and Assembly Manufacturing and Continuous Production Process Manufacturing. **Int. J. Production Economics**, [s.l.], v. 100, n. , p.314-321, 2006.

BRIMSON, James A.. **Activity Accounting: An Activity Based Costing Approach**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 224 p.

BROWN, Richard E.; MYRING, Mark J.; GARD, Cadillac G.. Activity Based Costing in Government: Possibilities and Pitfalls. **Public Budgetin & Finance**, [s.l.], v. 19, n. , p.3-21, June 1999.

BRUNI, Adriano Leal. **A administração de Custos, Preços e Lucros: Com aplicações na hp 12c e excel**. São Paulo: Atlas, 2006. 385 p. (Desvendando as finanças).

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. **Gestão de Custos e Formação de Preços: Com aplicação na calculadora HP 12c e Excel**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 551 p. (Finanças na prática).

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; SOUZA, George Wagner de. Modelagem de Dinâmica de Sistemas para Análise e Reprojetado de Empresas. In: GUERRINI, Fábio Muller. **Gestão Avançada de Manufatura**. 2. ed. São Carlos: Cubo Multimidia, 2005. p. 159-170. (Coleção Fábrica do Milênio).

CHANG, Ni-bin et al. Optimal design for sustainable development of a material recovery facility in a fast-growing urban setting. **Waste Management**, [s.l.], v. 25, n. 8, p.833-846, Oct. 2005.

CLARK, John Maurice. **Studies in the Economics of Overhead Costs**. Chicago: University of Chicago, 1962. 515 p.

COGAN, Samuel. **Activity-Based Costing-ABC: Poderosa Estratégia Empresarial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Thomson Learning, 2003. 129 p.

COLLIER, Paul M.. Costing police services: The politicization of accounting. **Critical Perspectives on Accounting**, [s.l], v. 17, p.57-86, 2006.

COOPER, Robin et al. **Implementing Activity-Based Cost Management: Moving from Analysis to Action**. Montvale: Institute Of Management Accountants, 1992. 337 p.

COOPER, Robin; KAPLAN, Robert S.. Measure Costs Right: Make the Right Decisions. **Harvard Business Review**, [s.l], v. 66, n. 5, p.96-103, Mar. 1988.

CORBETT, Thomas. **Bússola Financeira: O processo decisório da teoria das restrições - Análise dos erros da contabilidade de custos e do Activity-Based Costing**. São Paulo: Nobel, 2005. 208 p.

DEATON, Michael L.; WINEBRAKE, James J.. **Dynamic Modeling of Environmental Systems**. New York: Springer, 2000. 216 p.

DEMO, Pedro. **Metodologia Científica nas Ciências Sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 296 p.

DHAVALÉ, Dileep G.. Activity-based costing in cellular manufacturing systems. **Industrial Engineering**, [s.l], v. 2, n. 24, p.44-46, Feb. 1992.

DHAVALÉ, Dileep G.. Indirect costs take on greater importance, require new accounting methods with CIM. **Industrial Engineering**, [s.l], v. 20, n. 7, p.41-41, July 1988.

DRURY, Colin; TAYLES, Mike. Profitability analysis in UK organizations: An exploratory study. **The British Accounting Review**, [s.l], v. 38, n. 4, p.405-425, Dec. 2006.

DUGDALE, David; SHRIMPTON, Sue. Product Costing in a JIT Environment. **Management Accounting**, [s.l], v. 68, n. 3, p.40-43, Mar. 1990.

DYSON, Brian; CHANG, Ni-bin. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. **Waste Management**, [s.l], v. 7, n. 25, p.669-679, Apr. 2007.

ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. 20. ed. São Paulo: Perspectiva, 2006. 192 p.

FÁZIO, Adalberto Sérgio. **Custeio ABC - Activity Based Costing**. São Paulo: IMAM, 1997. 61 p.

FLOOD, Robert L.; JACKSON, Michael C.. **Creative Problem Solving: total systems intervention**. Chichester: Wiley, 1991. 250 p.

FORD, Andrew T. **Modeling the Environment:** an introduction to system dynamics models of environmental systems. Washington: Island Press, 1999. 401 p.

FORRESTER, Jay Wright. **Industrial Dynamics.** Cambridge: MIT. Press, 1961. 464 p.

FORRESTER, Jay Wright. Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers. **Harvard Business Review**, [s.l.], v. 36, n. 4, p.37-66, July/Aug. 1958.

FORRESTER, Jay Wright. **Urban Dynamics.** 2. ed. Cambridge: MIT Press, 1973. 285 p.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E.; LAMB, Roberto. **Decisões de Investimentos da Empresa.** São Paulo: Atlas, 1999. 295 p.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento.** 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

GODDARD, Andrew; OOI, Kean. Activity Based Costing and Central Overhead Cost Allocation in Universities: A Case Study. **Public Money & Management**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.31-38, July 1998.

GOPALAKRISHNAN, B.; KOKATNUR, A.; GUPTA, D.p.. Design and development of a target-costing system for turning operation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.217-238, 2007.

GRANT, William E.; PEDERSEN, Ellen K.; MARÍN, Sandra L.. **Ecology and Natural Resource Management: Systems Analysis and Simulation.** New York: John Wiley & Sons, 1997. 400 p.

GUO, H. C. et al. A system dynamics approach for regional environmental planning and management: A study for the Lake Erhai Basin. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 1, n. 61, p.93-111, Jan. 2001.

GUPTA, M.; GALLOWAY, K.. Activity-based costing/management and its implications for operations management. **Technovation**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.131-138, Feb. 2003.

INNES, John; MITCHELL, Falconer; YOSHIKAWA, Takeo. **Activity Costing for Engineers.** New York: Research Studies Press Ltda, 1994. 154 p.

ITTNER, Christopher D.; LARCKER, David F.. Assessing empirical research in managerial accounting: a value-based management perspective. **Journal of Accounting and Economics**, [s.l.], v. 32, n. 1-2, p.349-410, Dec. 2001.

IUDÍCIBUS, Sérgio de; MARION, José Carlos. **Curso de Contabilidade Para Não Contadores:** Para as Áreas de Administração, Economia, Direito e Engenharia. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 268 p.

IUDICIBUS, Sérgio de. A gestão estratégica de custos e a sua interface com a contabilidade gerencial e a teoria da contabilidade: Uma análise sucinta. **Boletim do Ibracon**, [s.l], n.XXVI, p.30-31, 1996.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta. **Contribuições da gestão de recursos humanos para a evolução da gestão ambiental empresarial:** Survey e estudo de múltiplos casos. 2007. 197 f. Tese (Doutor) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 2007.

JOHNSON, H. Thomas; KAPLAN, Robert S.. **Relevance Lost:** The rise and fall of management accounting. Boston: Harvard Business School Press, 1991. 269 p. With a new preface by the authors.

JONES, T. Colwyn; DUGDALE, David. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. **Accounting, Organizations and Society**, [s.l], v. 1-2, n. 27, p.121-163, Jan/Mar. 2002.

JUNQUEIRA, Roberta Pinezi. **Utilização de conceitos de células de manufatura no setor de pesponto (costura) em empresas de calçados.** 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 2006.

KANNAN, Vijay R.; GHOSH, Soumen. Cellular manufacturing using virtual cells. **International Journal of Operations & Production Management**, [s.l], v. 16, n. 5, p.99-112, 1996.

KAO, Hsing-pei et al. An event-driven approach with makespan/cost tradeoff analysis for project portfolio scheduling. **Computer in Industry**, [s.l], v. 57, n. 5, p.379-397, June 2006.

KAPLAN, Robert S.. **Measures for Manufacturing Excellence.** Boston: Harvard Business School Press, 1990. 416 p.

KAPLAN, Robert S.. Yesterday's Accounting Undermines Production. **Harvard Business Review**, [s.l], v. 62, n. 1, p.95-101, July 1984.

KAPLAN, Robert S.; ANDERSON, Steven R.. Time-Driven Activity-Based Costing. **Harvard Business Review**, [s.l], v. 82, n. 11, p.131-138, 2004.

KASABOV, Nikola. Adaptation and interaction in dynamical systems: Modelling and rule discovery through evolving connectionist systems. **Applied Soft Computing**, [s.l], v. 6, n. 3, p.307-322, Mar. 2006.

KATTAN, Ibrahin Al. Workload balance of cells in designing of multiple cellular manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s.l], v. 16, n. 2, p.178-196, 2005.

LAING, Eric. Accounting tools really can help: Product profitability analysis. **Management Accounting**, [s.l], v. 72, n. 9, p.50-52, Oct. 1994.

LERE, John C.. Your Poduct-costing system seems to be broken: Now what?. **Industrial Marketing Management**, [s.l], v. 30, n. 7, p.587-598, Oct. 2001.

LUKKA, Kari; GRANLUND, Markus. The fragmented communication structure within the accounting academia: The case of activity-based costing research genres. **Accounting Organizations and Society**, [s.l], v. 27, n. 1, p.169-190, Jan. 2002.

MAJOR, Maria; HOPPER, Trevor. Managers divided: Implementing ABC in a portuguese telecommunications company. **Management Accounting Research**, [s.l], v. 16, n. 2, p.205-229, June 2005.

MARSH, Robert F.; MEREDITH, Jack R.; MCCUCHEON, David M.. The life cycle of manufacturing cells. **International Journal of Operations & Production Management**, [s.l], v. 17, n. 12, p.1167-1182, 1997.

MARTIN, Nilton Cano. A redução estratégica de custos. **Revista de Contabilidade do CRC-SP**, [s.l], v. 10, p.6-21, dez. 1999.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custo**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 378 p.

MEADOWS, Dennis L; MEADOWS, Donella H. **Toward Global Equilibrium**: collected papers. Cambridge: Wright-allen Press, 1973. 637 p.

MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. **The Limits to Growth**: the 30-year update. White River Junction: Chelsea Green Pub. Co., 2004. 338 p.

NAILL, Roger F. et al. An analysis of the cost effectiveness of U.S. energy policies to mitigate global warming. **System Dynamics Review**, [s.l], v. 2, n. 8, p.111-128, summer 1992.

NAKAGAWA, Masayuki. **Gestão Estratégica de Custos**. São Paulo: Atlas, 1991. 111 p.

NAU, Douglas S.. Mixing Methodologies: Can Bimodal Research be a Viable Post-Positivist Tool? **The Qualitative Report**: An online journal dedicated to qualitative research and critical inquiry., [s.l], v. 2, n. 3, p.1-4, Dec. 1995.

NEVES, Silvério das; VICECONTI, Paulo E. V.. **Contabilidade Avançada**: Análise das demonstrações financeiras. 14. ed. São Paulo: Frase, 2005. 709 p.

NEVES, Silvério das; VICECONTI, Paulo E. V.. **Contabilidade de Custos: Um enfoque direto e objetivo**. 7. ed. São Paulo: Frase, 2003. 272 p.

ÖZBAYRAK, M.; AKGÜN, M.; TÜRKER, A.k.. Activity Based Cost estimation in a push/pull advanced manufacturing system. **Int. J. Production Economics**, [s.l], v. 87, p.49-65, 2004.

PAMPLONA, Edson. **Contribuição para Análise Crítica do Sistema de Custos ABC Através da Avaliação de Direcionadores de Custos**. 1997. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração Contábil e Financeira, Departamento da EAESP, FGV, São Paulo, 1997.

PINHO, Diva Benevides; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de (Org.). **Manual de Economia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 606 p.

PORTER, Michael E.. **Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior**. 12. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 512 p.

QU, Weishuang et al. **The “Lester Brown” China Grain Model: A Computer Simulation**. Millennium Institute. Disponível em: <<http://www.millenniuminstitute.net/publications/>>. Acesso em: 23 jun. 2006.

RASMUSSEN, Rodney R.; SAVORY, Paul A.; WILLIAMS, Robert E.. Integrating simulation with activity-based management to evaluate manufacturing cell part sequencing. **Computers & Industrial Engineering**, [s.l], n. 37, p.757-768, 1999.

REIBSTEIN, David J.; DAY, George S.. **A Dinâmica da Estratégia Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 431 p.

RELVAS, Tânia Regina Sordi. **Desenvolvimento de um modelo lógico para fundamentar a prática da mensuração inerente ao custeio e gerenciamento baseado em atividades: um estudo de caso no Banco Bradesco S.A.** 2003. 340 f. Tese (Doutorado) - Curso de Controladoria e Contabilidade, Departamento de Contabilidade e Atuária, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP, São Paulo, 2003.

RIBEIRO, José Francisco Ferreira; MEGUELATI, Smaïne. Organização de um sistema de produção em células de fabricação. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 9, n. 1, p.62-77, abr. 2002.

RICARDINO, Álvaro. **Contabilidade Gerencial e Societária: Origens e Desenvolvimento**. São Paulo: Saraiva, 2005. 280 p.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 336 p.

RIZZO, Donna M et al. The Comparison of four dynamic systems-based software packages Translation and Sensitivity Analysis. **Environmental Modelling & Software**, [s.l], n. 21, p.1491-1502, Oct. 2006.

RODRIGUES, José de Souza (Ed.). Carta editorial. **Gepros: Gestão da produção, operações e sistemas**, Bauru, v. 1, n.1, p.1-1, 2006.

ROZTOCKI, Narcey et al. A Procedure for Smooth Implementation of Activity-Based Costing in Small Companies. In: AMERICAN SOCIETY OF ENGINEERING MANAGEMENT (ASEM) NATIONAL CONFERENCE, 1., 1999, Virginia Beach. **Proceedings...** . Virginia Beach: American Society Of Engineering Management (ASEM) National Conference, 1999. p. 21 - 23.

ROZTOCKI, Narcey; SCHULTZ, Sally M.. Adoption and Implementation of Activity-Based Costing: A Web-Based Survey. In: ANNUAL INDUSTRIAL ENGINEERING RESEARCH CONFERENCE, 12., 2003, Portland. **Proceedings...** . Portland: Annual Industrial Engineering Research, 2003. p. 1 - 6.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 3º São Paulo: Mcgraw-hill, 2007. 608 p.

SANTOS, Fernando César Almada; JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Developing undergraduate and graduate production engineering programmes in Brazil: stimuli for a proactive investigation. **International Journal of Engineering Education And Life-Long Learning**, [s.l], n. , p.01-12, 2008. Artigo Aceito.

SANTOS, Joel J.. **Análise de Custos: Remodelado com ênfase para sistema de custeio marginal, relatórios e estudos de casos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 231 p. (A)

SANTOS, Joel J.. **Fundamentos de Custos para Formação do Preço e do Lucro**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 185 p. Edição revisada, ampliada e modificada. (B)

SATOGLU, Sule Itir; DURMUSOGLU, M. Bulent; DOGAN, Ibrahim. Evaluation of the conversion from central storage to decentralized storages in cellular manufacturing environments using activity-based costing. **International Journal of Production Economics**, [s.l], v. 103, n. 2, p.616-632, Oct. 2006.

SAYSEL, Ali Kerem; BARLAS, Yaman; YENIGÜN, Orhan. Environmental sustainability in an agricultural development project:: a system dynamics approach. **Journal of Environmental Management**, [s.l], v. 3, n. 64, p.247-260, Mar. 2002.

SHI, Tian; GILL, Roderic. Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model. **Ecological Economics**, [s.l], v. 52, n. 2, p.223-246, Apr. 2005.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino À Distância da UFSC, 2005. 138 p.

SINGER, Marcos; DONOSO, Patricio. Strategic decision-making at a steel manufacturer assisted by linear programming. **Journal of Business Research**, [s.l], v. 59, n. 3, p.387-390, Mar. 2006.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 754 p.

SOHAL, Amrik S.; FITZPATRICK, Paul; POWER, Damien. A longitudinal study of a flexible manufacturing cell operation. **Integrated Manufacturing Systems**, [s.l], v. 12, n. 4, p.236-245, 2001.

SPEDDING, T. A.; SUN, G. Q.. Application of discrete event simulation to the activity based costing of manufacturing systems. **International Journal of Production Economics**, [s.l], v. 3, n. 58, p.289-301, Jan. 1999.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W.. **Princípios de sistemas de informação: Uma abordagem gerencial**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2002. 496 p.

STERMAN, John; STERMAN, John D.. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM**. Irwin: McGraw-hill, 2000. 1008 p.

TAHARA, Creusa Sayuri. **Arquitetura para integração de métodos para apoiar a decisão em formação de células de manufatura**. 2001. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 2001.

THYSSEN, Jesper; ISRAELSEN, Poul; JORGENSEN, Brian. Activity-based costing as a method for assessing the economics of modularization: A case study and beyond. **Int. J. Production Economics**, [s.l], v. 103, n. , p.252-270, Feb. 2006.

TSAI, Wen-hsien. Activity-Based Costing Model for Joint Products. **Computer and Engineering**, [s.l], v. 31, n. 3, p.725-729, 1996.

TSAI, Wen-hsien; LAI, Chien-wen. Outsourcing or capacity expansions: Application of activity-based costing model on joint products decisions. **Computers & Operations Research**, [s.l], n. , p.1-1, 2006. Mensal. In Press, Corrected Proof.

TURNEY, Peter B. B.. **Common Cents: the ABC performance breakthrough: how to succeed with activity-based costing**. Hillsboro: Cost Technology, 1991. 322 p.

VERNADAT, Francois B.. **Enterprise Modeling and Integration: Principles and applications**. London: Chapman & Hall, 1996. 513 p.

VEZJAK, M.; SAVSEK, T.; STUHLER, E. A.. System dynamics of eutrophication processes in lakes. **European Journal of Operational Research**, [s.l], v. 2, n. 109, p.442-451, Apr. 1998.

VIZAYAKUMAR, K.; MOHAPATRA, Pratap K. J.. Environmental impact analysis: A synthetic approach. **Long Range Planning**, [s.l], v. 6, n. 24, p.102-106, Dec. 1991.

WON, Youkyung; LEE, Kun Chang. Group technology cell formation considering operation. **International Journal Of Production**, [s.l], v. 39, n. 13, p.2755-2768, Sept. 2001.

WOOD, Timothy S.; SHELLEY, Michael L.. A dynamic model of bioavailability of metals in constructed wetland sediments. **Ecological Engineering**, [s.l], v. 3-4, n. 12, p.231-252, Feb. 1999.

YANG, Jiaqin; DEANE, Richard H.. Strategic Implications of Manufacturing Cell Formation Design. **Integrated Manufacturing Systems**, [s.l], v. 5, n. 4/5, p.87-96, 1994.

APÊNDICE A – GRUPO DE EXPRESSÕES OBTIDAS

Centro de Atividade	
☐ Lote_1(t) = Lote_1(t - dt) + (Mecanica_de_Calculo_Lote_1 - Custo_de_Todo_o_Lote_1) * dt INIT Lote_1 = Mecanica_de_Calculo_Lote_1*2 INFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Mecanica_de_Calculo_Lote_1 = (4/8)*Centro_Maquina_1+(2/8)*Centro_Maquina_2+(61735.30/100476.34)*(Centro_Maquina_1_B +Centro_Maquina_2_B)+(61735.30/100476.34)*Centro_Celula_1+(40/50)+Centro_Peça_Lote_1 </div> OUTFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Custo_de_Todo_o_Lote_1 = Lote_1*0.0034656785 </div>	
☐ Lote_2(t) = Lote_2(t - dt) + (Mecanica_de_Calculo_Lote_2 - Custo_de_Todo_o_Lote_2) * dt INIT Lote_2 = Mecanica_de_Calculo_Lote_2*2 INFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Mecanica_de_Calculo_Lote_2 = (4/8)*Centro_Maquina_1+(6/8)*Centro_Maquina_2+(38741.04/100476.34)*(Centro_Maquina_1_B +Centro_Maquina_2_B)+(38741.04/100476.34)*(Centro_Celula_1)+Centro_Peça_Lote_2 </div> OUTFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Custo_de_Todo_o_Lote_2 = Lote_2*0.0034656785 </div>	
☐ Lote_3(t) = Lote_3(t - dt) + (Mecanica_de_Calculo_Lote_3 - Custo_de_Todo_o_Lote_3) * dt INIT Lote_3 = Mecanica_de_Calculo_Lote_3*3 INFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Mecanica_de_Calculo_Lote_3 = (2/7)*Centro_Maquina_3+(4/10)*Centro_Maquina_4+(61986.93/77485.66)*(Centro_Maquina_3_B +Centro_Maquina_4_B)+(61986.93/77485.66)*Centro_Celula_2+Centro_Peça_Lote_3 </div> OUTFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Custo_de_Todo_o_Lote_3 = Lote_3*0.0034656785 </div>	
☐ Lote_4(t) = Lote_4(t - dt) + (Mecanica_de_Calculo_Lote_4 - Custo_de_Todo_o_Lote_4) * dt INIT Lote_4 = Mecanica_de_Calculo_Lote_4*4 INFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Mecanica_de_Calculo_Lote_4 = (5/7)*Centro_Maquina_3+(6/10)*Centro_Maquina_4+(15498.73/77485.66)*(Centro_Maquina_3_B +Centro_Maquina_4_B)+(15498.73/77485.66)*Centro_Celula_2+Centro_Peça_Lote_4 </div> OUTFLOWS: <div style="margin-left: 20px;"> Custo_de_Todo_o_Lote_4 = Lote_4*0.0034656785 </div>	

Figura 25 - Expressões Centro de Custos

Direc. de Custo Nível 1

- ☐ Centro_Celula_1 = $0.59 * \text{Mao_de_Obra_Direta_da_Celula} + 0.6 * \text{Manuseio_de_Materiais} + 0.7 * \text{Seguros} + 0.6 * \text{Mao_de_Obra_Indireta_da_Celula} + 0.67 * \text{Movimentacao_na_Celula} + 0.66 * \text{Outros_Servicos} + 0.6 * \text{Atualizacao_de_Dados}$
- ☐ Centro_Celula_2 = $0.41 * \text{Mao_de_Obra_Direta_da_Celula} + 0.4 * \text{Manuseio_de_Materiais} + 0.3 * \text{Seguros} + 0.4 * \text{Mao_de_Obra_Indireta_da_Celula} + 0.33 * \text{Movimentacao_na_Celula} + 0.34 * \text{Outros_Servicos} + 0.4 * \text{Atualizacao_de_Dados}$
- ☐ Centro_Maquina_1 = $0.4 * \text{Depreciacao_das_Maquinas} + (0.4 * (\text{Configuracao_das_Maquinas} + \text{Sistema_Operacional}))$
- ☐ Centro_Maquina_1_B = $0.35 * (\text{Aluguel_do_predio} + \text{Utilidades})$
- ☐ Centro_Maquina_2 = $0.25 * \text{Depreciacao_das_Maquinas} + (0.25 * (\text{Configuracao_das_Maquinas} + \text{Sistema_Operacional}))$
- ☐ Centro_Maquina_2_B = $0.2 * (\text{Aluguel_do_predio} + \text{Utilidades})$
- ☐ Centro_Maquina_3 = $0.15 * \text{Depreciacao_das_Maquinas} + (0.15 * (\text{Configuracao_das_Maquinas} + \text{Sistema_Operacional}))$
- ☐ Centro_Maquina_3_B = $0.2 * (\text{Aluguel_do_predio} + \text{Utilidades})$

Figura 26 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 1

- ☐ Centro_Maquina_4 = $0.20 * \text{Depreciacao_das_Maquinas} + (0.2 * (\text{Configuracao_das_Maquinas} + \text{Sistema_Operacional}))$
- ☐ Centro_Maquina_4_B = $0.25 * (\text{Aluguel_do_predio} + \text{Utilidades})$
- ☐ Centro_Peca_Lote_1 = $(0.4 * \text{Ferramentas_e_dispositivos} + 0.3 * \text{Codificacao_dos_produtos}) / 50 + \text{Material_Direto} * 0.346901586$
- ☐ Centro_Peca_Lote_2 = $(0.25 * \text{Ferramentas_e_dispositivos} + 0.25 * \text{Codificacao_dos_produtos}) / 50 + 0.217692766 * \text{Material_Direto}$
- ☐ Centro_Peca_Lote_3 = $0.348315539 * \text{Material_Direto} + (0.15 * \text{Ferramentas_e_dispositivos} + 0.225 * \text{Codificacao_dos_produtos}) / 50$
- ☐ Centro_Peca_Lote_4 = $0.0870901091244 * \text{Material_Direto} + (0.2 * \text{Ferramentas_e_dispositivos} + 0.225 * \text{Codificacao_dos_produtos}) / 50$

Figura 27 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 1 (Segunda Parte)**Direc. de Custo Nível 2**

- ☐ Custo_do_Produto_1 = Custo_Unitario_do_Lote_1
- ☐ Custo_do_Produto_2 = Custo_Unitario_do_Lote_2
- ☐ Custo_do_Produto_3 = Custo_Unitario_do_Lote_3
- ☐ Custo_do_Produto_4 = Custo_Unitario_do_Lote_4
- ☐ Custo_Unitario_do_Lote_1 = $\text{Custo_de_Todo_o_Lote_1} / \text{Quant_Peça_Lote_1}$
- ☐ Custo_Unitario_do_Lote_2 = $\text{Custo_de_Todo_o_Lote_2} / \text{Quant_Peça_Lote_2}$
- ☐ Custo_Unitario_do_Lote_3 = $\text{Custo_de_Todo_o_Lote_3} / \text{Quant_Peça_Lote_3}$
- ☐ Custo_Unitario_do_Lote_4 = $\text{Custo_de_Todo_o_Lote_4} / \text{Quant_Peça_Lote_4}$
- ☐ Quant_Peca_Lote_1 = TIME
- ☐ Quant_Peca_Lote_2 = $0.5 * \text{TIME}$
- ☐ Quant_Peca_Lote_3 = $0.75 * \text{TIME}$
- ☐ Quant_Peca_Lote_4 = $0.25 * \text{TIME}$

Figura 28 - Expressões Direcionadores de Custo Nível 2

Recursos

- ☐ Aluguel_do_Predio = 11500
- ☐ Atualizacao_de_Dados = 1200
- ☐ Codificacao_dos_produtos = 240
- ☐ Configuracao_das_Maquinas = 1790
- ☐ Depreciacao_das_Maquinas = 4813
- ☐ Ferramentas_e_Dispositivos = 1360
- ☐ Manuseio_de_Materiais = 1050
- ☐ Mao_de_Obra_Direta_da_Celula = 65000
- ☐ Mao_de_Obra_Indireta_da_Celula = 16829
- ☐ Material_Direto = 177962
- ☐ Movimentacao_na_Celula = 5795
- ☐ Outros_Servicos = 3520
- ☐ Seguros = 3605
- ☐ Sistema_Operacional = 12000
- ☐ Utilidades = 9880

Figura 29 - Valores dos Recursos

ANEXO A - MODELOS DE LAYOUT DE MANUFATURA CELULAR

Figura 30 - Modelo de layout da Manufatura Celular utilizado por Dhavale (1992)

Figura 31 - Modelo de *layout* de Manufatura Celular utilizado por Rasmussen et al. (1999)

Figura 32 - Modelo de *layout* de Manufatura Celular utilizado por Özbayrak et al. (2004)

SISTEMA "ABC" EM CÉLULAS DE PRODUÇÃO

Fonte: Dhavale (1992)

Figura III.1

Figura 33 – Modelo de layout de Manufatura Celular utilizado por Cogan (2003)