

Utilização da modelagem de sistemas dinâmicos na previsão dos custos de produção

Vinicius Amorim Sobreiro

Pedro Henrique de Sousa Leão Araújo

Marcelo Seido Nagano

Resumo:

A viabilidade econômica de um empreendimento resulta das receitas menos os custos totais. Assim, a previsão dos custos totais, ou mais precisamente dos custos fixos mais os variáveis, na implementação de uma organização se concretiza como um fator importante para gerenciar os custos do negócio visando o propósito da criação e sustentação relacionada às vantagens competitivas que asseguram tal viabilidade. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é aplicar a Modelagem de Sistemas Dinâmicos - MSD para identificar os custos fixos que na composição do custo total proporcione viabilidade econômica à organização. A obtenção dessa informação possibilita a organização fixar preços, introduzir ou abandonar produtos como resposta aos rivais no mercado no qual está ou será inserida, além de ser uma perspectiva singular dos determinantes no tocante ao desempenho das organizações. Para se verificar tal aplicação foi realizado um estudo em uma empresa envasadora de água mineral no estado do Ceará. Os resultados obtidos demonstraram que mediante a MSD é possível prever os custos da produção e, conseqüentemente auxiliar os gestores da organização quanto à viabilidade econômica da produção.

Área temática: *Gestão de Custos nas Empresas de Comércio e de Serviços.*

Utilização da modelagem de sistemas dinâmicos na previsão dos custos de produção

Vinicius Amorim Sobreiro (EESC/USP) – sobreiro@sc.usp.br

Pedro Henrique de Sousa Leão Araújo (EESC/USP) – pedrocaadr@hotmail.com

Marcelo Seido Nagano (EESC/USP) – drnagano@usp.br

Resumo

A viabilidade econômica de um empreendimento resulta das receitas menos os custos totais. Assim, a previsão dos custos totais, ou mais precisamente dos custos fixos mais os variáveis, na implementação de uma organização se concretiza como um fator importante para gerenciar os custos do negócio visando o propósito da criação e sustentação relacionada às vantagens competitivas que asseguram tal viabilidade. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é aplicar a Modelagem de Sistemas Dinâmicos - MSD para identificar os custos fixos que na composição do custo total proporcione viabilidade econômica à organização. A obtenção dessa informação possibilita a organização fixar preços, introduzir ou abandonar produtos como resposta aos rivais no mercado no qual está ou será inserida, além de ser uma perspectiva singular dos determinantes no tocante ao desempenho das organizações. Para se verificar tal aplicação foi realizado um estudo em uma empresa envasadora de água mineral no estado do Ceará. Os resultados obtidos demonstraram que mediante a MSD é possível prever os custos da produção e, conseqüentemente auxiliar os gestores da organização quanto à viabilidade econômica da produção.

Palavras-chave: Custos. Simulação. Modelagem de Sistemas Dinâmicos.

Área Temática: Gestão de Custos nas Empresas de Comércio e de Serviços.

1 Introdução

Na atual conjuntura econômica, as organizações estão submetidas a um processo dinâmico de concorrência pelo mercado consumidor e dentro desse contexto o sucesso ou fracasso é resultado da habilidade em gerenciar, analisar e prever os custos do negócio para criar ou sustentar vantagens competitivas. Esse fato ocorre especialmente nas tomadas quanto a decisões que envolvem o planejamento e implementação de unidades produtivas, pois constituem projetos que, geralmente, envolve um considerado aporte referente ao capital investido.

Os custos são compreendidos como medidas monetárias dos sacrifícios financeiros, isto é, as informações referentes aos preços dos processos de transformações, que ocorrem nas organizações, nos governos, ou com as pessoas visando objetivos como, por exemplo, a obtenção de um produto ou serviço (BRUNI e FAMÁ, 2004). Além disso, Johnson e Kaplan (1991) demonstram que esse conceito deve contemplar também a importância referente ao financeiro associado ao capital investido ou de uma maneira mais apropriada uma remuneração ao patrimônio líquido.

Nesse enfoque, os custos são classificados de forma generalizada quanto à variabilidade apresentada em relação às atividades das organizações, ou seja, as quantidades produzidas, comercializadas ou a prestação de serviço, em fixos e variáveis. Os fixos, segundo Bruni e Famá (2004) e Bornia (2005), são aqueles que não variam e os variáveis são aqueles que seu valor altera-se de forma direta em relação às atividades das organizações.

Porém, Clark (1962) ressalta que essa distribuição em classes dos custos deve também considerar o horizonte temporal, visto que, determinados custos fixos podem ser considerados variáveis quando observados durante maiores períodos.

Um dos maiores problemas dos sistemas de custeio identificados pelos administradores, contadores e, sobretudo, por engenheiros mecânicos a partir do século XIX se assenta na alocação dos custos fixos aos produtos (JOHNSON e KAPLAN, 1991; BRUNI e FAMÁ, 2004). Tal questão se torna mais expressiva quando compreendido que os sistemas de custeio devem fornecer sinais relevantes sobre a posição competitiva das organizações dentro do mercado e não se limitarem à análise de eficiência das operações internas ou a atender exigências fiscais as quais as organizações possam ser submetidas.

Ainda nessa linha, Jones e Dugdale (2002) propõem que sejam utilizados sistemas de custeios, ou seja, às maneiras pelas quais os custos são registrados, transferidos e atribuídos dentro da organização para solucionar tal problema. Dentro desse enfoque, para Bruni e Famá (2004), tais técnicas apresentam diferenças apenas quanto ao rateio dos custos fixos, mais precisamente, dos custos referentes à parte administrativa da organização. Embora o rateio dos custos fixos suscite inúmeras discussões, cabe ressaltar que Johnson e Kaplan (1991) afirmam que, caso não exista uma grande heterogeneidade entre os produtos da organização, é possível aplicar práticas de custeio que relacione os custos fixos aos produtos mediante o volume, ordens relacionadas à produção ou fabricação, e processos.

Conforme Drury e Tayles (2006) a pesquisa sobre custeios de produtos, mercadoria ou serviços apresentam tendência atuais para estudos nas seguintes áreas: (a) relação empírica sobre os dados da organização e os custos; (b) a utilização relacionada aos níveis de informação; (c) aplicações em diferentes organizações; (d) identificação dos problemas na implementação quanto aos sistemas de custeio; e (e) a identificação dos fatores de sucesso ou fracasso da implementação dos sistemas de custeio nas organizações.

Contudo, nestas áreas, principalmente quanto à identificação dos fatores de sucesso na implementação desses sistemas, existem questões que ainda não foram abordadas, ou seja, lacunas que precisam ser preenchidas a fim de contribuir com o desenvolvimento das práticas contábeis. Nessa concepção, o objetivo deste artigo é responder a seguinte problemática: **É possível prever os valores, dentro de um intervalo, dos custos fixos que acrescido aos custos variáveis proporcionem a viabilidade econômica a um empreendimento mediante as técnicas de MSD, ou seja, integrar a análise referente aos custos com técnicas de modelagem dinâmica?**

Para tanto, é realizado um estudo de caso para implementação quanto a uma empresa envasadora de água mineral no estado do Ceará, por meio da utilização do software STELLA, e definições das condições a serem consideradas tais como: (a) preço de venda; (b) demanda; e (c) custos referente aos insumos de produção e os critérios quanto às escolhas das fontes e as formas de tratamentos as informações. A escolha da implementação de uma empresa de água mineral no estado do Ceará está centrada na possibilidade do mesmo se tornar um dos maiores consumidores desse produto no mercado brasileiro.

Os resultados obtidos pela aplicação da técnica de MSD no custeio do envasamento de água mineral auxiliam, notavelmente, os gestores responsáveis pelo empreendimento a tomarem as melhores decisões possíveis em relação a todos os riscos e incertezas. Além disso, é relevante salientar a importância desta pesquisa, visto que, estuda o emprego de capital na região nordeste e visa à integração da área de custo com demais campos do conhecimento.

O artigo está estruturado da seguinte forma, na próxima seção são apresentados os conceitos de MSD e a importância relacionada à identificação dos custos para os sistemas de produção, visando à tomada de decisão. Na seção três são expostas às condições e os critérios para aplicação da técnica de MSD na previsão dos custos. Na seção quatro é apresentado o estudo de caso. Em seguida na seção cinco se demonstra os resultados e, finalmente, na seção

seis às discussões e considerações finais.

2 Revisão da literatura

Para compreender a integração da análise de custos com as técnicas relacionadas à dinâmica de sistemas existe a necessidade da exposição dos fundamentos normativos que estruturam os raciocínios relevantes a esses dois campos da ciência nesta seção.

2.1 MSD

A MSD surgiu com Forrester (1971), ou mais especificamente, mediante estudos realizados nas tomadas de decisões sobre o inventário e recrutamento na General Eletric. Conforme Dyson e Chang (2005) a mesma oferece a melhor compreensão sobre os problemas complexos visto que, segundo Meadows et al. (1972), os modelos mentais elaborados pelo ser humano são inferiores quando comparados a modelos computacionais; devido à dificuldade apresentada na compreensão do comportamento dos processos de realimentação ao longo do tempo.

Nesse sentido, Dyson e Chang (2005) propõem a construção dos diagramas de fluxo e estoque visando facilitar a superação das limitações humanas no entendimento dos conceitos da MSD. Na elaboração dessas representações gráficas é necessária à compreensão dos quatro componentes envolvidos na modelagem:

- Os estoques: abrangem as variáveis armazenadas de forma potencial para a utilização por outros componentes da modelagem;
- Os fluxos: representam as variáveis responsáveis pela modificação nos estoques;
- Os auxiliares: têm como função definir as equações algébricas dos fluxos, estoque ou outros auxiliares mediante operações algébricas; e
- Os conectores: possuem a função de inter-relacionar todos os componentes do sistema com o propósito de forma as equações algébricas.

A Figura 1 ilustra os quatro componentes necessários à construção do modelo consoantes ao proposto por Dyson e Chang (2005).

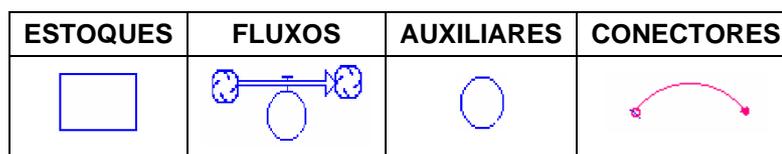


Figura 1 – Componentes para representações gráficas

Inicialmente, tem-se notação de MSD aplicadas à simulação e previsão referente a sistemas socioeconômicos (FORRESTER, 1969, 1971; MEADOWS, 1973). Posteriormente, surgiram diversas pesquisas aplicando a modelagem em sistemas ambientais e avaliações de eficiências (ABBOTT e STANLEY, 1999; DEATON e WINEBRAKE, 2001; FORD, 1999; GUO et al., 2001; VEZJAK et al., 1998; VIZAYAKUMAR e MOHAPATRA, 1991, 1993; WOOD e SHELLEY, 1999). Nail et al. (1992) se beneficiou da modelagem para auxiliar o processo quanto às tomadas de decisão no âmbito político enquanto Grant et al. (1997) voltou a relacionar MSD com o meio ambiente mediante aplicações em sistemas ecológicos.

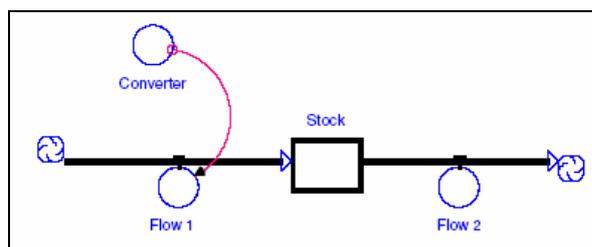
A agricultura também é campo de pesquisa para as aplicações de Qu e Barney (1998), e Saysel et al. (2002), que simularam sistemas agrícolas quanto aos aspectos intrínsecos

como, por exemplo, a safra e extrínsecos como o clima. Souza e Carpinetti (2005) utilizaram a MSD em análise concernente à re-projeção para empresas visto que as mesmas necessitam de abordagens capazes de incorporar pontos de vista holísticos, incluindo considerações sociais, orgânicas e também psicológicas, além do foco técnico econômico oferecido por meio das técnicas tradicionais. Recentemente, a MSD chegou ao mundo dos negócios auxiliando o processo de tomada das decisões em ambiente corporativo e gerando modelos para manufatura visando à aplicação de estratégias eficientes nos mercados (STERMAN, 2000 e ADAMIDES e VOUTSINA, 2006).

Contudo, para se efetuar essas aplicações é indispensável à construção de modelos. Por conseguinte, conforme Dyson e Chang (2005) e Flood e Jackson (1991) são necessários seguir algumas regras a fim de obter a maior exatidão possível da representação ou interpretação simplificada da realidade:

- Os estoques somente poderão ser precedidos por fluxos e sucedidos pelos auxiliares ou fluxo;
- O auxiliar poderá ser seguido por outro auxiliar ou um fluxo;
- O fluxo poderá ser seqüenciado por um estoque; e
- Um estoque não pode ser diretamente afetado por outro estoque.

Ao se estruturar tais componentes tencionando a simulação, obtêm-se um diagrama de estoque e fluxo conforme apresentado na Figura 2:



Fonte: Dyson e Chang (2005)

Figura 2 – Diagrama de fluxo e estoque

O desenvolvimento de um diagrama conforme a Figura 2 possibilita que o gestor simule o objeto observado e, assim, interprete, ou identifique uma forma mais segura às incertezas, pois, segundo Reibstein e Day (1999) e Rizzo et al. (2006) o diagrama permite:

- Compreender o efeito do tempo nas variáveis, reputando-se que o comportamento de vários anos possa ser reproduzido em poucos minutos;
- Reduzir os custos, pois a simulação acontece em ambiente computacional sem a necessidade de constituição física do objeto de estudo;
- Promover a criatividade, por meio da inexistência de risco o usuário pode verificar o comportamento das variáveis quando submetidas às novas condições;
- Permitir a realização de vários ensaios, possibilitando aos gestores uma compreensão clara da natureza íntima do objeto estudado;
- Unificar as opiniões divergentes entre os gestores, pois, o problema é apresentando de forma única; e
- Capturar o conhecimento e aplicar em apenas um repositório de informações competitivas.

Com o intuito de ressaltar a vantagem da utilização de MSD, será discutida na seção posterior como a modelagem pode ser utilizada para a definição dos intervalos relacionados aos custos fixos, objetivando gerar informações relacionadas ao caráter estratégico para auxiliar os gestores na tomada de decisões.

2.2 *Custo e MSD*

O fato que o custeio dos produtos contribui ou apóia a tomada de decisão nas funções relacionadas gestão e controle na administração das empresas é um acontecimento recente visto que remontam segundo Johnson e Kaplan (1991) as últimas décadas do século XIX. Entretanto, mesmo que se saiba que os primeiros registros de custos conhecidos pelos historiadores americanos, o da Boston Manufacturing Company, em Waltham no Massachusetts, apenas serviam para indicar a rentabilidade global da empresa mediante a avaliação dos estoques.

O custeio da produção era de início uma ferramenta para facilitar a coordenação de diferentes atividades, entretanto, devido ao surgimento das linhas de produção que contemplavam muitos produtos, diferenciando da produção fordista, o mesmo acabou se tornando um princípio condutor para monitorar a eficiência de todas as atividades realizadas e vincular o desempenho de cada processo à rentabilidade global da organização.

Ao se analisar as mudanças dos últimos anos em âmbito de desenvolvimento dos processos produtivos a dedução mais evidente, segundo Spedding e Sun (1999), está centrada no fato das organizações necessitarem de constantes atualizações; visto que a única coisa imutável no ambiente de concorrência são as mudanças nos níveis da competitividade. Esse fato justifica o ponto de vista apresentado pelos mesmos autores no trabalho de simulação dos eventos discretos para a utilização do custeio baseado em atividade em sistemas de produção. Fundamenta-se, assim, a possível utilização de MSD na identificação dos custos, visto que essa conciliação contemplará aspectos dos sistemas de produção e financeiros.

Os sistemas para contabilidade de custo devem fornecer sinais relevantes da posição competitiva das organizações dentro do mercado e não se limitarem à análise de eficiência das operações internas. Além do que, a eficiência obtida por intermédio da precisa definição dos parâmetros operacionais do processo produtivo é privada caso a mensuração dos custos seja realizada de forma errada, ou sem a eleição das variáveis mais representativas (DHAVALE, 1992). Nessa linha, importantes implicações gerenciais ficam omitidas ou distorcidas atrás de falhas na projeção das peculiaridades do sistema produtivo. Entre os sistemas desenvolvidos e apresentados pela literatura sobre custeios desde 1925, destacam-se:

- Custeio por departamentos: esse sistema relaciona o controle dos custos incorridos em um primeiro momento aos departamentos da organização ou aos centros de custos das organizações (NEVES e VICECONTI, 2003);
- Custeio por processos: os custos são determinados às categorias por tipo de gasto (natureza contábil), além disso, compilados por processos específicos e, posteriormente, distribuídos às unidades produzidas (BRUNI; FAMÁ, 2004);
- Custeio por ordens de produção ou fabricação: quando a organização apresenta um processo produtivo heterogêneo o sistema de custeio é fundamentado por meio das ordens referentes à produção para estoque ou encomenda expedida (JOHNSON e KAPLAN, 1991);
- Custeio padrão: são os custos estabelecidos pela organização como metas aos produtos da linha de fabricação, levando-se em considerações as características tecnológicas do processo produtivo de cada um, a quantidade e os preços dos

insumos para a produção e os respectivos volumes dessa. Apresenta aplicação na aferição de desempenho, elaboração de orçamentos, e orientação para formação de preços (NEVES e VICECONTI, 2003);

- Custeio variável: nesse sistema apropriam-se aos produtos, mercadorias e serviços vendidos apenas os custos variáveis, ou seja, apenas aqueles que estão diretamente relacionados com o volume de produção ou vendas (SANTOS, 2005);
- Custeio baseado em volume: a soma dos custos fixos e variáveis é rateada pelo volume de produção aos produtos da organização (BRIERLY et al., 2006); e
- Custeio baseado em atividade: nesse sistema os custos são reportados aos produtos segundo o número de atividades responsáveis pelo consumo de recursos produtivos (TSAI e LAI, 2006).

Considerando que, segundo Johnson e Kaplan (1991) e Lucas (2002), todas as informações quanto aos custos e mix de produção consistem nos principais fomentos para as decisões dentro do gerenciamento contábil. Porém, conforme verificado por Drury e Tayles (2006), em recente *survey* realizado com 184 organizações do Reino Unido constatam que apenas 35% das empresas consultadas consideram além dos custos variáveis, quanto aos seus aspectos de causa e efeito, a soma dos outros custos fixos na qual a relação causa e efeitos não é identificada. Nesse enfoque, outro ponto importante consiste na comparação das práticas nos custeios dos produtos em diferentes processos de fabricação, conforme constado por Brierley et al., (2006) em *survey* realizada com 280 membros da *Chartered Institute of Management Accountants* (CIMA). Tal análise ressalta que não existem diferenças consideráveis entre as práticas de fabricação vigentes nas indústrias manufatureiras.

Nesse sentido, a importância desta pesquisa se fundamenta na exposição de processos relacionados à simulação de custos pelas organizações por meio de MSD, conseqüentemente, a seção seguinte expõe os métodos, ou seja, os critérios e condições para o estudo de caso.

3 Métodos

A partir da compreensão dos fundamentos que estruturam raciocínios relevantes a MSD, custos e da necessidade de integração desses dois campos do conhecimento, justifica-se a condução desta pesquisa, cujos procedimentos metodológicos são classificados com de estudo de caso, visto que, o objeto deste é observado de forma única e intensa (YIN, 2006).

Os dados utilizados para o estudo de caso foram coletados por um grupo de universitários, com auxílio de docentes participantes de um projeto ligado ao departamento da engenharia de produção de uma universidade no estado do Ceará. Por intermédio de uma empresa júnior instalada no campus da universidade, os alunos em fase final do curso de graduação prestam consultorias para pequenos e médios investidores que possuem interesse em instalar unidades produtivas diversas (bens e/ou serviços), ou ainda, melhorar seus processos já em operação.

O detalhamento sobre os procedimentos, ou seja, os critérios e condições utilizados e o fornecimento de justificativa sobre os mesmos são apresentados no Quadro 1; com o propósito de alcançar o objetivo deste artigo.

	ETAPAS	PROCEDIMENTO	JUSTIFICATIVA
CRITÉRIOS	1	Eleição dos parâmetros, ou seja, os dados a serem considerados.	Seleção das informações ou de uma maneira mais apropriada os dados que serão coletados pelos alunos.
	2	Coleta dos dados.	Os dados foram coletados em fontes governamentais de acesso livre pela internet e junto aos concorrentes mediante pesquisa de campo durante o período de 23 dias pelos alunos.
	3	<i>Hardwares, softwares e laboratório.</i>	Escolha dos equipamentos de <i>hardwares, softwares</i> para realizar a simulação e o espaço físico, ou seja, o laboratório para realização da simulação.
	4	Delimitação da capacidade produtiva do empreendimento.	Delimitação e aquisição das máquinas apropriadas para o processo produtivo.
CONDIÇÕES	5	Padronização dos dados.	<ul style="list-style-type: none"> • Foram escalonados; • Agrupados de forma mensal; e • Sofreram alterações quanto ao formato para servirem como <i>inputs</i> ao <i>software</i>, em outras palavras, as vírgulas foram substituídas por pontos.
	6	Validação dos dados	<ul style="list-style-type: none"> • Os dados foram validados segundo informações obtidas dos concorrentes e segundo orientação dos professores do departamento de engenharia de produção.
	7	<i>Hardwares, softwares e laboratório.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hardware</i>: AMD Duron 1,10 GHz, 376 MB de Ram; • <i>Software</i>: Sistema operacional: Microsoft Windows XP Profissional versão 2002 com Service Pack 2. Aplicativo: Stella 5.0 Research. • Instalações físicas: Laboratório do departamento de engenharia de produção.

Quadro 1 – Detalhamento dos procedimentos

O procedimento adotado para analisar os dados obtidos com a simulação dos custos fixos consiste na verificação do lucro, por meio da provável receita e custos totais, considerando todas as demais informações obtidas pelo grupo de estudantes.

4 Estudo de caso

A análise a ser desenvolvida a seguir tomou como ponto de partida o interesse de um investidor em instalar uma unidade envasadora de água mineral. Assim, o interessado questionou a viabilidade da implementação de uma fábrica para produzir tal produto.

O último relatório anual, elaborado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social-BNDES (2006), que apresenta um panorama do setor de bebidas no país, indicou que a maior parcela dos custos das águas envasada corresponde aos insumos e serviços adicionados. Nessa perspectiva, a análise realizada tomou como base os pertinentes custos fixos e custos variáveis de produção. Sabe-se que existem diversos outros custos e despesas que inferem no processo de fabricação e composição do preço. Porém, este estudo limita-se a considerar custos fixos e variáveis.

Primeiramente, foi realizado um estudo de mercado com o objetivo de adquirir informações com bases nas fábricas concorrentes do mesmo ramo de negócio - água mineral

envasada. Esse estudo de mercado foi consolidado tendo como base pesquisas de campo, visitas ao sindicato regente do setor, consultas em pesquisas de caráter oficial, elaboradas sob encomenda por parte daqueles que pretendem conhecer com mais afinco o ramo de negócio que se pretende iniciar atuação. Cabe ressaltar que não foram realizados gastos com aquisição de informação alguma. Todas as informações utilizadas para a análise foram obtidas de maneira gratuita e legal. Ainda é válido salientar também que o objetivo de uma empresa júnior encubada em uma universidade não é a obtenção de superávits econômicos, mas sim a geração e propagação de todas as formas de conhecimento.

A pesquisa de mercado realizada identificou que a demanda no Brasil por águas envasada apresentou constante crescimento nos últimos anos. Segundo estatísticas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (ABINAM), o volume da produção de água envasada cresceu a uma média anual de 15%, de 1990 até 2006. De acordo com os levantamentos da associação, a produção de água envasada, em 2004, foi de 5,1 bilhões de litros. Em termos de faturamento em 2004 a indústria brasileira de águas envasada apresentou R\$ 1,2 bilhão.

A pesquisa de mercado serviu para definir o setor de bebidas, mais especificamente, o ramo de águas minerais. Dentre todas as informações coletadas, as mais relevantes foram:

- Produção nacional (em 2004): 5,1 bilhões de litros;
- Região líder em produção: sudeste;
- Estado líder em produção: São Paulo;
- Posicionamento da região nordeste no ranking brasileiro de produção: 2º;
- Prospecção de aumento de produção para 2006/2007: 12%;
- Marketshare: 13 empresas detêm 35% do mercado. Os 65% restantes são detidos por mais de 200 engarrafadoras, muitas delas com atuação local;
- Principais empresas: Grupo Edson Queiroz (Indaiá e Minalba); Flamin Mineração (Lindoya Bioleve); Empresa de Águas Ouro Fino (Ouro Fino); e Grupo Schincariol (Schincariol);
- Grupo líder: Edson Queiroz (40% das regiões NE e Centro Oeste);
- Formas de embalagens: garrafão 20 litros (50,2%), garrafas PET (34,2%), vidro (10,4%), copos plásticos (3,4%) e outros (1,8%);
- Nicho de maior crescimento: garrafão de 20 litros;
- Produção nordeste: 18,5%; e
- Custo médio de produção: Custo variável 500 ml sem gás: R\$ 0,33.

Dispostos dessas informações o estudo foi definido como uma simulação para calcular um intervalo no qual o montante atribuído ao custo fixo que acrescido dos variáveis de produção pode se alterar sem inviabilizar o preço de venda do produto. Quanto aos custos diretos, foram considerados como insumos: (a) a pré-forma de polietileno tereftalato - PET de gramatura 16,5g; (b) tampa de plástico de polipropileno; (c) rótulo de polipropileno bi orientado – BOPP; (d) filme de polietileno; e (e) mão de obra.

Sabe-se que existem mais insumos que compõem o produto como a tinta *desk jet* para a impressão do prazo de validade e do lote de produção, a água, entre outros. Porém, de acordo com a participação de cada insumo no produto final, os dados de custeio fixo considerados compõem 93% do custo direto total da confecção do produto. Não obstante, durante a pesquisa, se constatou que a água não compõe o custo do produto na maioria das empresas do ramo, devido ao fato de provir de poços naturais. Assim, seu custo como insumo não é contabilizado, tratando-se de uma medida estratégica para se obter um preço de produto mais competitivo.

Na esteira desse processo foi definido o construto relacional conforme apresenta a Figura 4, com o objetivo de alinhar de maneira estratégica as técnicas de MSD com o estudo de caso sob questão. Esse mesmo foi dividido em três grandes fases a fim de estabelecer prazos para realização ou o caminho crítico de todos os processos.

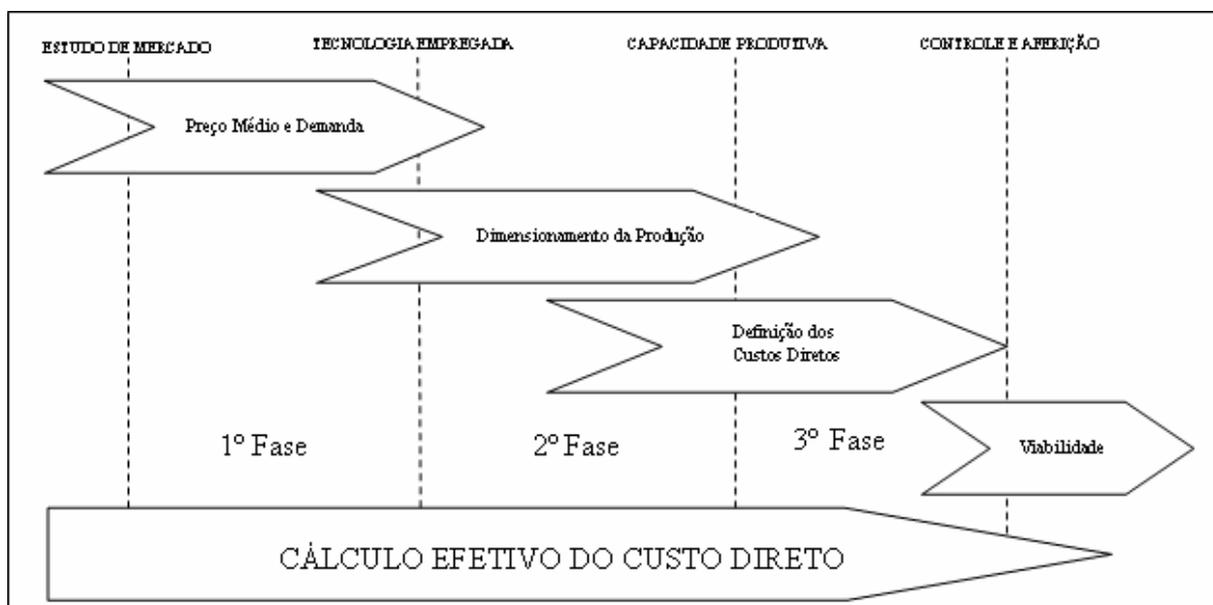


Figura 4 – Fase para cálculo dos em processo de produção.

Nesse contexto, segundo Nobsch e Winter, (2006), a primeira fase consiste na pesquisa de mercado para a obtenção do preço médio para o produto, não obstante aos preços dos concorrentes o preço médio obtido foi de R\$: 1,15. Todavia, ainda nessa fase, foi realizada a pesquisa para identificar uma provável demanda quanto ao produto, à quantidade prevista está dentro do intervalo de 50.000 a 90.000 unidades.

A segunda fase consistiu no dimensionamento da produção, ou seja, na aquisição de máquinas e equipamento necessários para atender essa capacidade, sendo assim, foi estabelecido inicialmente uma capacidade para atender uma demanda de 40.000 unidades, entretanto, a capacidade máxima de produção reside em 60.000 unidades.

Na terceira fase todos os principais custos diretos de produção foram obtidos, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Custos diretos de produção

INSUMOS	CUSTOS
Filme de polietileno	0,0034
Pré-forma	0,1460
Rótulo	0,0430
Tampa	0,0510
Mão de obra	0,0017
TOTAL UNITÁRIO	0,2451

Com base na Tabela 1 foi possível, por meio de simulação, calcular o intervalo de custo fixo que quando acrescido dos custos variáveis, ou seja, possibilite viabilidade econômica para implementação considerando a capacidade produtiva de 60.000 unidades com preço médio de mercado de R\$: 1,15 para o produto. A representação da simulação por meio de MSD, considerando o construto relacional exposto na Figura 4, é apresentada na Figura 5.

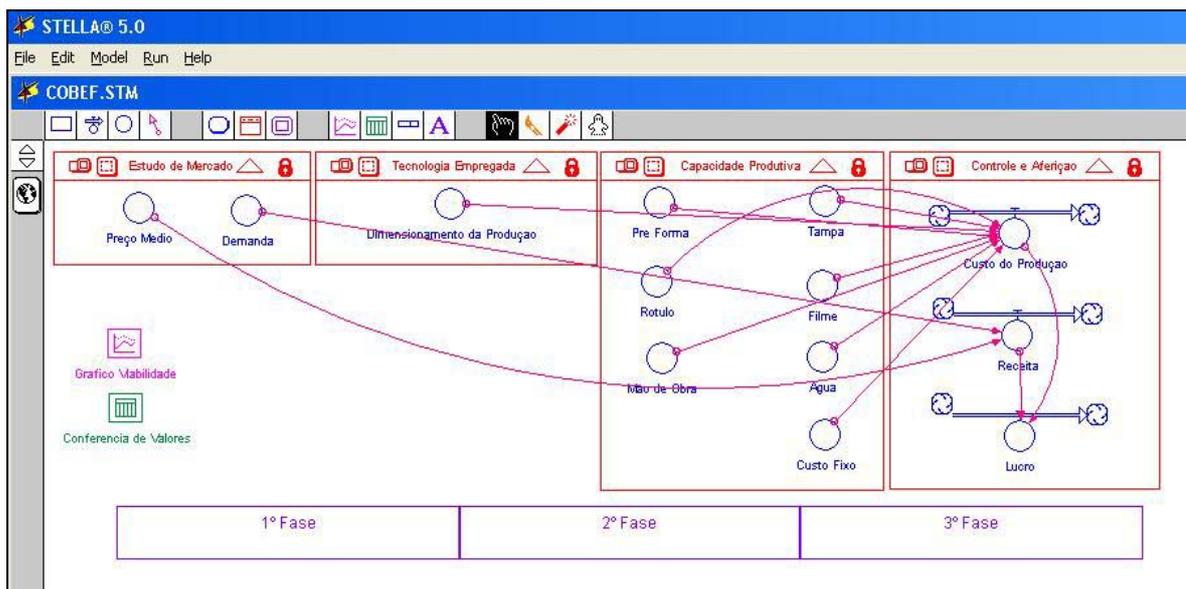


Figura 5 – Simulação por meio das técnicas de MSD

Cabe ressaltar que todas as fases demonstradas na Figura 4 são identificadas na Figura 5, tal fato se estabelece porque o Software Stella 5.0 possibilita ao usuário construir um ambiente que relacione o construto relacional com a modelagem dinâmica.

5 Resultados

Com o objetivo de prever os custos fixos utilizando MSD que favoreçam o empreendimento quanto à viabilidade econômica considerando os métodos expostos no Quadro 1 os resultados obtidos por meio da simulação são apresentados na Figura 6, que representa uma tabela elaborada pelo software utilizado. Na mesma é possível observar o comportamento das variáveis durante os processos de interação, e constatar que a implementação dessa organização para o envasamento de água mineral será apenas viável caso os custos fixos estejam no intervalo de R\$: 40.000,00 a R\$: 51.000,00, condizente com a demanda e capacidade produtiva estabelecida.

Time	Demanda	Receita	Custo do Produção	Lucro	Custo Fixo
10000	10,000.00	11,500.00	26,705.00	0.00	12,000.00
20000	20,000.00	23,000.00	28,705.00	0.00	14,000.00
30000	30,000.00	34,500.00	34,705.00	0.00	20,000.00
40000	40,000.00	46,000.00	48,705.00	0.00	34,000.00
50000	50,000.00	57,500.00	54,705.00	2,795.00	40,000.00
60000	60,000.00	69,000.00	56,705.00	12,295.00	42,000.00
70000	70,000.00	80,500.00	65,705.00	14,795.00	51,000.00
80000	80,000.00	92,000.00	87,705.00	4,295.00	73,000.00
Final	90,000.00				100,000.00

Figura 6 – Tabela de resultados

Os resultados obtidos pelas interações também são apresentados de forma gráfica, conforme a Figura 7.

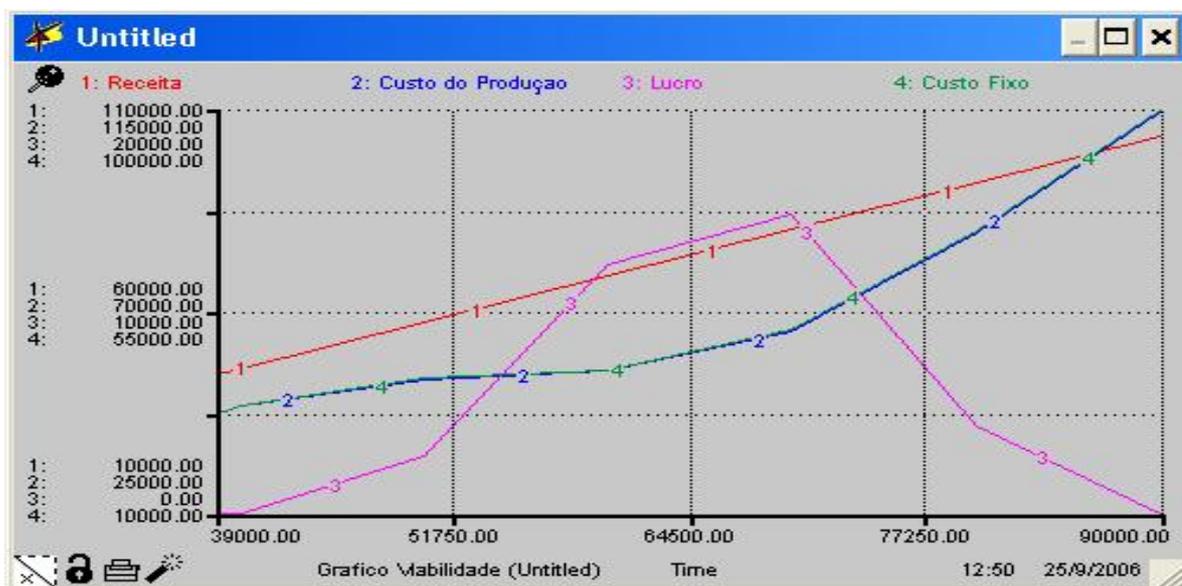


Figura 7 – Gráfico dos resultados obtidos

No entanto, com base nos valores obtidos o custo do produto é de aproximadamente R\$ 0,9118 o que quando comparado ao preço médio de venda R\$: 1,15 proporcionam uma margem de lucratividade aproximada de 20,71 % sem considerar os impostos, contribuições ou demais remunerações ao patrimônio líquido. Com base nessas indicações os resultados apresentam que:

- O empreendimento é considerado viável quanto ao seu fluxo de caixa, ou seja, considerando que a receita total estimada é maior que os custos totais, reputando a utilização dos valores demonstrados na Tabela 6 o que possibilita o investidor empregue essa informação na análise para implementação da organização no estado do Ceará;
- Identificação dos valores referentes aos custos fixos que quando acrescidos dos custos variáveis proporcione viabilidade econômica ao empreendimento mediante as técnicas de MSD; e
- Utilização para o progresso da área de gestão e análise de custos dentro da prática contábil;

Tais apontamentos possibilitam visualizar que as técnicas de MSD são possíveis de aplicação no cálculo dos custos totais para novas organizações ou para organizações que já estejam atuando no mercado, visto que o gerenciamento dos custos representa uma aposta de natureza excepcional sobre o futuro das mesmas.

6 Discussões e conclusões

Planejar uma unidade de produção consiste em uma das mais complexas atividades dentre as que compõem um processo quanto ao estudo de viabilidade econômico-financeira de um empreendimento. Essa dificuldade é intensificada ao existirem restrições sobre

aspectos financeiros tais como os custos totais de produção, tributos e margem de contribuição. Não obstante a essa dificuldade, sabe-se que o preço é regido pelo mercado consumidor, condicionando, assim, os custos de produção a proporcionarem intervalos viáveis para a obtenção de superávits.

Nesse sentido, o processo produtivo ou sistema produtivo quando analisado de forma minuciosa constitui-se como um sistema complexo no qual se busca, mediante modelos matemáticos desenvolvidos pelos mais diversos campos das ciências da ciência, a otimização dos escassos recursos.

A crescente exposição das organizações a concorrência mundial exige dos gestores de negócios uma atualização e um aprofundamento nas técnicas de análise pouco experimentadas pelos gestores brasileiros em geral até o início dos anos 90. Dentro desse cenário, surge à possibilidade apontada por diversos pesquisadores de aplicar a MSD no processo produtivo, visto as possibilidades de simular o relacionamento dinâmico e influências das principais variáveis do processo produtivo em um ambiente computacional.

Vigente à realidade que a gestão eficiente dos custos totais de produção é um imperativo para a sobrevivência das organizações, cabe aos gestores de produção investigar o intervalo de valores de custo fixo que favorecem o sucesso do empreendimento. Com o propósito de verificar essa aplicação realizou-se um estudo de caso, seguindo os métodos expostos na seção três, junto aos alunos de graduação em engenharia de produção pertencentes a uma empresa júnior para identificação das condições de custo que propícia à implementação de uma organização a fim de envazar água mineral no Ceará.

Os resultados obtidos por meio desta pesquisa confirmam o grande potencial de aplicação de MSD na gerência e de seus custos, complementando parte da lacuna, ou seja, a integração da análise de custos com a MSD, buscando identificar os custos fixos que atribuídos aos variáveis permite a organização auferir lucros, criar ou manter vantagens competitivas e atingir a viabilidade econômica.

Porém, cabe ressaltar que as limitações desta pesquisa estão centradas na diversificação e heterogeneidade dos produtos do estudo de caso, visto que o empreendimento apresentava apenas um produto, água engarrafada. Caso essas limitações não existam é necessário à utilização de outro sistema de custeio. Nesse sentido, os autores recomendam que caso a simulação seja realizada para uma organização com vários produtos o sistema de custeio mais apropriado é o baseado em atividade (ABC), vistos as vantagens que o mesmo apresenta quanto o rateio aos custos fixos.

O presente trabalho possibilita aos autores propor a realização de futuras aplicações de MSD no sistema produtivo, abordando o enfoque em controle da qualidade no processo produtivo e seus custos. Tal proposta se fundamenta na possibilidade da utilização de distribuições estatísticas na definição de algumas variáveis observadas. Mesmo não sendo consideradas na grande maioria das tentativas de representações fictícias para processos reais, há razões para se crer que, num futuro não muito distante, ter-se-á esse tipo de configuração na solução de diversos problemas.

Referências

ABBOTT, M. D.; STANLEY, R. S. Modeling groundwater recharge and flow in a upland fracture bedrock aquifer. **System Dynamic Review**, n. 15, p. 163–184, 1999.

ADAMIDES, E. D.; VOUTSINA, M. The double-helix model of manufacturing and marketing strategies. **International Journal of Production Economics**, n. 104, p. 3-18, 2006.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas.** Porto Alegre: Bookman, 2005. 203 p.

BRIERLEY, J.; COWTON, C. J.; DRURY, C. A comparison of product costing practices in discrete-part and assembly manufacturing and continuous production process manufacturing. **International Journal of Production Economics**, n. 100, p. 314-321, 2006.

BRUNI, A. LI.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços: com aplicações na calculadora HP 12c e Excel.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 179 p.

CLARK, J. M. **Studies in the economics of overhead costs.** Chicago: Univ Of Chicago, 1962. 515 p.

DEATON, M. L.; WINEBRAKE, J. J. Dynamic Modelling of Environmental Systems. **Journal of Photosynthetica**, v. 38, n. 3, 2001.

DHAVALÉ, D. G. Activity-Based Costing In Cellular Manufacturing Systems. **Industrial Engineering**, n. 24, p. 44-46, 1992.

DRURY, C.; TAYLES, M. Profitability analysis in UK organizations: An exploratory study, **The British Accounting Review**, Volume 38, Issue 4, December 2006, Pages 405-425.

DYSON, B.; CHANG, N. B. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. **Waste Management**, n. 25, p. 669-679, 2005.

FLOOD, R. L.; JACKSON, M. C. **Creative Problem Solving: Total Systems Intervention.** New York: John Wiley & Sons, 1991.

FORD, A. **Modeling the Environment.** Washington: Island Press, 1999. 254 p.

FORRESTER, J. W. **Urban Dynamics.** Boston: MIT Press, 1971. 35 p.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics.** Boston: MIT Press, 1969. 20 p.

GRANT, W. E.; PEDERSEN, E. K.; MARIN, S. L. **Ecology and Natural Resource Management: Systems Analysis and Simulation.** New York: Wiley, 1997.

GUO, H. C.; LIU, L.; HUANG, G. H.; FULLER, G. A.; ZOU, R.; YIN, Y.Y. A system dynamics approach for regional environmental planning and management: a study for Lake Erhai Basin. **Journal Environmental. Management**, n. 61, p. 93-111, 2001.

JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. 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. C.; DUGDALE. D.. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. **Accounting Organizations and Society**, n. 27, p. 121-163, 2002.

LUCAS, M. R. Pricing decisions and the neoclassical theory of the firm. **Management Account Research**, n. 14, p. 201-217, 2002.

MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H. **Toward Global Equilibrium.** Massachusetts: Wright-Allen Press, 1973.

MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H.; RANDRES, J.; BEHRENS, W. W. **The limits to Growth**. New York: New American Library, 1972.

NAIL, R. F.; GELANGER, S.; KLINGER, A.; PETERSON, E. An analysis of cost effectiveness of US energy policies to mitigate global warming. **System Dynamic Review**, n. 8, p. 111–118, 1992.

NEVES, S.; VICECONITI, P. E. V.. **Contabilidade de custos: Um enfoque direto e objetivo**. 7. ed. São Paulo: Frase, 2003. 272 p.

NOSBISCH, M. R.; WINTER, R. M. Managing Resource Leveling. **Cost Engineering**, vol. 48, n. 7, p. 24-35, 2006.

QU, W.; BARNEY, G. O. **Projecting China's Grain Supply and Demand Using a New Computer Simulation Model**. Arlington: Millennium Institute, 1998.

REIBSTEIN, D. J.; DAY G. **A Dinâmica da Estratégia Competitiva**. Editora Campus, 1999.

RIZZO, D.M.; MOUSER, P. J.; WHITNEY, D. H.; MARK, C. D.; MAGAREY, R. D.; VOINOV, A. A.. The Comparison of four dynamic systems-based software packages Translation and Sensitivity Analysis. **Environmental Modelling & Software**, n. 21, p. 1491-1502, 2006.

ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; LEÃO, L. T. S. **Panorama do Setor de Bebidas no Brasil**. 23. ed. Rio de Janeiro: Bndes Setorial, 2006. 50 p.

SANTOS, J. 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.

SAYSEL, A. K.; BARLAS, Y.; YENIGUN, O. Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. **Journal Environmental Management**, n. 64, p. 247–260, 2002.

SOUSA, G. W. L.; CARPINETTI, L. C. R. Modelagem de Dinâmica de Sistemas para Análise e Reprojetado de Empresas. In: Fábio Muller Guerrini. (Org.). **Gestão Avançada de manufatura** - Coleção Fábrica do Milênio. São Carlos: Cubo Multimídia, 2005, v. 2, p. 159-170.

SPEEDING, T. A.; SUN, G. Q. Application of discrete event simulation to the activity based costing of manufacturing systems. **International Journal of Production Economics**, n. 58, p. 289-301, 1999.

STERMAN, J. D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**. Chicago: McGraw-Hill, 2000.

TSAI, W. H.; LAI, C. W. Outsourcing or capacity expansions: Application of activity-based costing model on joint products decisions. **Computers & Operations Research**, In Press, Corrected Proof., Available online 6 March 2006.

VEZJAK, M.; SAVSEK, T.; STUHLER, E. A. System dynamics of eutrophication processes in lakes. **European Journal Operation Research**, n. 109, p. 442–451, 1998.

VIZAYAKUMAR, K.; MOHAPATRA, P. K. J. Environmental impact analysis of a coalfield. **Journal Environmental Management**, n. 34, p. 73–93, 1991.

VIZAYAKUMAR, K.; MOHAPATRA, P. K. J. Modeling and simulation of environmental impacts of a coalfield: system dynamic approach. **Journal Environmental Management**, n. 42, p. 59–73, 1993.

WOOD, T. S.; SHELLEY, M.L. A dynamic model of bioavailability of metals in constructed wetland sediments. **Ecological Engineering**, n.12, p. 231–252, 1999.

YIN, Robert K.. **Estudo de caso: Planejamento e método**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 212 p.