

SYSTEM DYNAMICS MODELING: UMA SIMULAÇÃO DOS CUSTOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA MINERAL ENGARRAFADA

Vinicius Amorim Sobreiro

Escola de Engenharia de São Carlos/USP, Avenida Trabalhador São Carlense, 400 - Centro São Carlos - SP - Brasil - 13566-590, sobreiro@sc.usp.br

Pedro Henrique de Sousa Leão Araújo

Escola de Engenharia de São Carlos/USP, Avenida Trabalhador São Carlense, 400 - Centro São Carlos - SP - Brasil - 13566-590, pedrocaadr@hotmail.com

Resumo. *O processo de produção cristaliza-se como um fator crucial para o crescimento econômico e social de qualquer nação. Por este motivo, a simulação de sistemas produtivos e de seus custos e despesas mediante técnicas de system dynamics modeling permite que os gestores de produção identifiquem de forma acurada os custos de fabricação em fases anteriores a constituição física propriamente dita do processo produtivo. Diante de tal relevância, empreendeu-se uma pesquisa exploratória nos fóruns internacionais de discussão sobre a correlação dessas técnicas com a identificação dos custos para produção a fim de identificar e analisar os pontos mais pertinentes da literatura. Entretanto, conforme observado por diversos pesquisadores tais como Spedddlin e Sun, Adamides e Voutsina, existe uma lacuna entre a literatura quanto essa correlação. Amparado pela existência dessa lacuna o objetivo deste artigo é realizar uma aplicação das técnicas de system dynamic modeling para identificar o intervalo de custo fixo no qual uma empresa deve atuar para entrar em um mercado de forma competitiva. Como corolário realizou-se um estudo de caso para identificação desse intervalo nos custos de produção de água mineral para a implantação de uma unidade fabril no estado do Ceará. Não obstante, ressalta-se que a principal conclusão obtida nesse ensaio consistiu na efetiva possibilidade de identificação de custos produtivos para essa produção mediante a aplicação de técnicas de system dynamics modeling.*

Palavras-chave: *simulação, custos, system dynamics modeling, água mineral.*

1. INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura econômica as organizações estão submetidas a um processo dinâmico de concorrência pelo mercado consumidor no qual não existe espaço para o insucesso. Essa característica se aplica especialmente para as tomadas de decisões que envolvem o planejamento e implementação de unidades produtivas, pois trata-se de projetos que via de regra envolvem um considerado aporte de capital. Para dar suporte à decisão e maximizar os resultados de importantes processos decisórios, surgiram técnicas como a Pesquisa Operacional e ferramentas computacionais como MATLAB, STELLA, GOLDSIM, SIMULINK com o propósito de demonstrar os possíveis comportamentos desses aspectos em ambiente computacional controlado (RIZZO et al., 2006)⁽¹⁾.

No bojo desse processo desponta a possibilidade de simulação de arranjos produtivos ou ainda de completos parques industriais a fim de identificar os gastos totais (custos e despesas). Jones e Dugdale (2002)⁽²⁾ propõem a utilização de técnicas de custeio a fim de lograr desses custos. Entre as técnicas apresentadas pela literatura, destacam-se: (a) o custeio baseado em volume onde a soma dos custos fixos e variáveis é rateada pelo volume de produção (BRIERLY et al., 2006)⁽³⁾; e (b) o custeio baseado em atividade onde os custos são reportados aos produtos segundo o número de atividades responsáveis pelo consumo de recursos produtivos (TSAI e LAI, 2006)⁽⁴⁾.

Entretanto, segundo Bruni e Famá (2004)⁽⁵⁾, tais técnicas apresentam diferenças quanto ao rateio dos custos fixos, mais precisamente dos custos referentes à parte administrativa da organização. Por esta razão será utilizada a técnica de custeio baseado em volume devido à facilidade de aplicação. Para simular esse ambiente e identificar o intervalo de custos fixos que proporciona viabilidade econômica, se faz necessário a adoção de técnicas de *system dynamics modeling* visto que um sistema produtivo é um ambiente complexo quanto às operações realizadas (ADAMIDES e VOUTSINA, 2006)⁽⁶⁾. Neste trabalho, utiliza-se o *software* STELLA 5 devido à interface amigável, alta capacidade de análise e facilidade no processamento de interações.

O ensaio está estruturado como se segue. Na próxima seção são apresentados os conceitos básicos de análise dinâmica. Na seção 3, será discutida a importância da identificação dos custos de produção com o objetivo de auxiliar a gestão de processos produtivos. Na seção seguinte, aborda-se a união entre as técnicas de análise dinâmica com as simulações desse intervalo na produção de água mineral para implementação de uma organização no Ceará. Finalmente, a seção 5 demonstra os resultados obtidos pelo ensaio e posteriormente são apresentados às conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. CONCEITOS BÁSICOS DE SYSTEM DYNAMICS MODELING

A *System Dynamics Modeling* surgiu com Forrester (1961)⁽⁷⁾, e mais precisamente, sua origem remota alguns estudos realizados quanto as tomadas de decisões sobre inventário e recrutamento na General Electric. Conforme Dyson e Chang (2005)⁽⁸⁾, *System Dynamics Modeling* oferece a melhor compreensão sobre os problemas complexos, visto que Meadows et al. (2004)⁽⁹⁾, afirma que os modelos mentais elaborados pela percepção humana são inferiores quanto comparados a sua origem, devido à dificuldade apresentada na compreensão do comportamento dos processos de realimentação ao longo do tempo.

Nesse sentido, Dyson e Chang (2005)⁽⁸⁾ propõem a construção de um diagrama de *loops* ou diagrama de fluxo e estoque a fim de superar as limitações humanas por meios dos softwares computacionais de *System Dynamics Modeling*. Para delinear a construção dos diagramas é necessária a compreensão básica dos quatro componentes básicos do software STELLA 5: (a) o estoque que abrange as variáveis armazenadas de forma potencial para utilização por outros componentes; (b) os fluxos representam as variáveis responsáveis pela modificação nos estoques; (c) os auxiliares tem como função definir as equações algébricas dos fluxos, estoque ou outros auxiliares mediante operações algébricas; e (d) os conectores tem como função inter-relacionar todos os componentes do sistema a fim de forma as equações algébricas. A Figura 1 ilustra os quatro componentes.

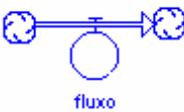
ESTOQUES	FLUXOS	AUXILIARES	CONECTORES
			

Figura 1 – Componentes básicos do software STELLA 5

A abordagem do *System Dynamics Modeling* é aplicada em varias áreas do conhecimento tais como: (a) negócios (STERMAN, 2000)⁽¹⁰⁾; (b) sistemas ecológicos (GRANT et al., 1997)⁽¹¹⁾; (c) sistemas econômicos sociais (FORRESTER, 1969⁽¹²⁾ 1971⁽¹³⁾; MEADOWS, 1973)⁽¹⁴⁾; (d) sistemas de agricultura (QU e BARNEY, 1998⁽¹⁵⁾; SAYSEL et al., 2002⁽¹⁶⁾); (e) sistemas de tomadas de decisões políticas (NAIL et al., 1992)⁽¹⁷⁾; (e) sistemas ambientais (VIZAYAKUMAR e MOHAPATRA, 1991⁽¹⁸⁾; VEZJAK et al., 1998⁽¹⁹⁾; FORD, 1999⁽²⁰⁾; WOOD e SHELLEY, 1999⁽²¹⁾; ABBOTT e STANLEY, 1999⁽²²⁾; DEATON e WINEBRAKE, 2001⁽²³⁾; GUO et al., 2001⁽²⁴⁾); e (f) modelos de manufatura visando estratégias de mercado (ADAMIDES e VOUTSINA, 2006⁽⁶⁾). Para constituir o modelo é necessário seguir algumas regras com o propósito de exatidão (FLOOD & JACKSON,

1991)⁽²⁵⁾: (a) o estoque somente poderá ser precedido por um fluxo e ser seguido por um auxiliar ou um fluxo; (b) o auxiliar poderá ser seguido por outro auxiliar ou por um fluxo; (c) o fluxo poderá ser seguido por um estoque; e (d) um estoque não pode ser diretamente afetado por outro estoque. Ao se estruturar tais componentes a fim de simular, obtêm-se um diagrama de estoque e fluxo tal como apresentado na Figura 2:

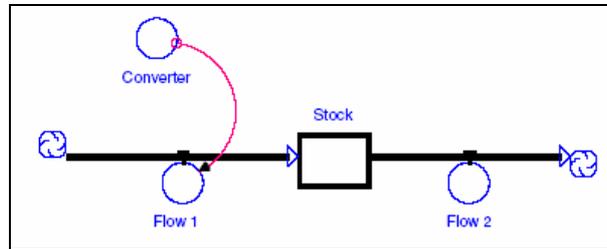


Figura 2 – Diagrama de estoque e fluxo
 Fonte: Dyson e Chang (2005)⁽⁸⁾.

Com o propósito de ilustrar as técnicas de *System Dynamics Modeling*, apresenta-se a Figura 3. a aplicação utilizada para ilustração tem como foco as estratégias de mercado.

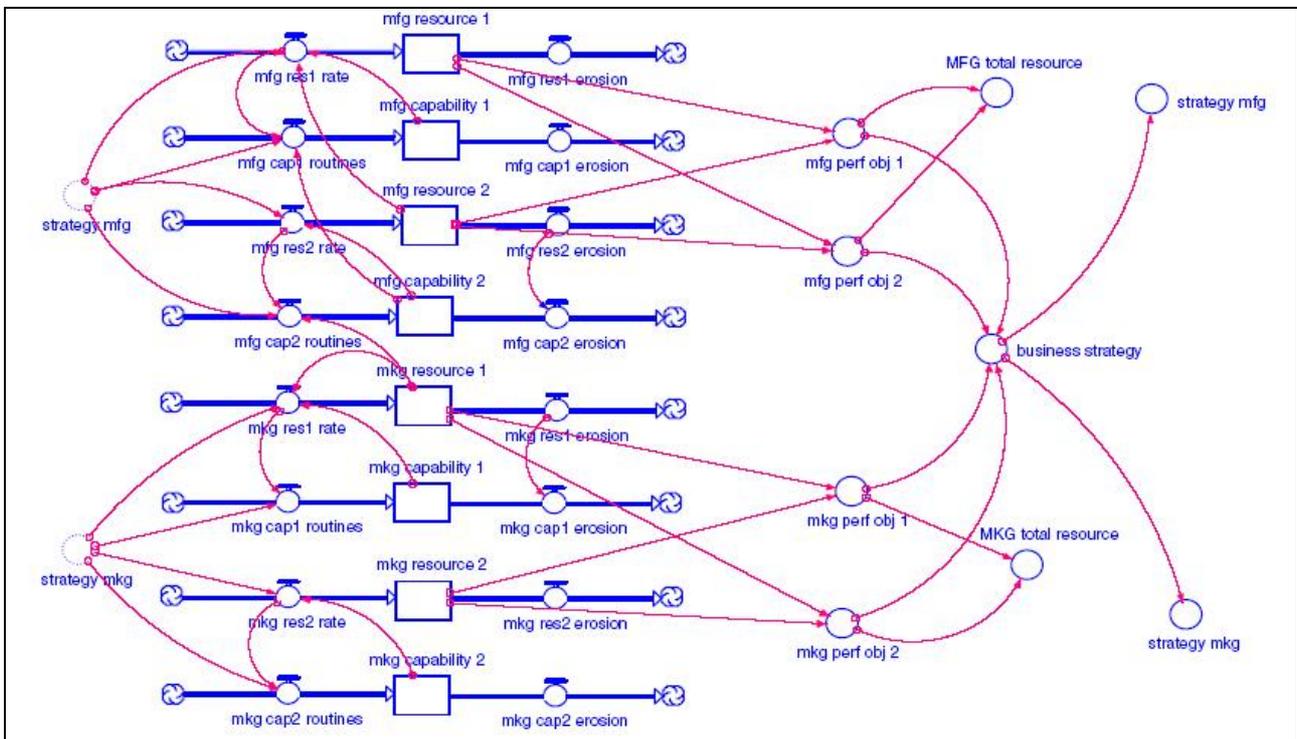


Figura 3 - Modelo de dinâmica de sistema de recursos funcionais e capacidades.
 Fonte: Adamides e Voutsina (2006)⁽⁶⁾.

Ao se desenvolver um diagrama conforme a Figura 3, a simulação possibilita ao gestor de produção digressão quanto às incertezas, pois, segundo Reibstein e Day (1999)⁽²⁶⁾, o diagrama possibilita: (a) compreensão do efeito de tempo nas variáveis, mediante comportamento de vários anos serem reproduzido em poucos minutos; (b) redução dos custos, pois a simulação é realizada em ambiente computacional sem a necessidade de constituição física do objeto de estudo; (c) promoção da criatividade, por meio da inexistência de risco o usuário pode verificar o comportamento das variáveis quando submetidas às novas condições; (d) permite realização de vários ensaios, possibilitando aos gestores uma compreensão clara da natureza íntima do objeto estudado; (e) unifica opiniões divergentes entre os gestores, pois, o problema é apresentando de forma única; e (f) captura o conhecimento e aplica em apenas um repositório de informações competitivas.

No bojo de intrujar essas vantagens, a questão de *System Dynamics Modeling* passa a ser incumbência de todas as áreas de competência da gestão de produção, inclusive da área de simulação dos custos dos processos de produção.

3. CUSTOS E SYSTEM DYNAMICS MODELING

Ao se analisar as tão apregoadas mudanças dos últimos anos em âmbito de desenvolvimento dos processos produtivos, a dedução mais evidente segundo Spedding e Sun (1999)⁽²⁷⁾, está centrada no fato de as organizações necessitarem de constante atualização, visto que a única coisa imutável no ambiente concorrencial corporativo são as mudanças dos patamares de competitividade. Esse fato justifica o ponto de vista apresentado pelos mesmos autores no ensaio de simulação dos eventos discretos para a utilização do custeio baseado em atividade em sistemas de produção. Fundamenta-se assim a possível utilização das técnicas de *System Dynamics Modeling*, visto que essa conciliação contemplará aspectos de sistemas de produção e financeiros.

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 errônea, ou sem a eleição das variáveis mais representativas (DHAVALE, 1992)⁽²⁸⁾. Nessa linha, importantes implicações gerenciais ficam omitidas ou distorcidas atrás de falhas na projeção das peculiaridades do sistema produtivo.

Lucas (2003)⁽²⁹⁾ reconhece que todas as informações de custos e mix de produção consistem nos principais fomentos para as decisões de gerenciamento contábil. Entretanto, Drury e Tayles (2006)⁽³⁰⁾, 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 onde a relação causa e efeitos não podem ser relacionados. Nesse escopo, outro ponto importante consiste na comparação das práticas nos custos dos produtos em diferentes processos de fabricação, conforme constatado por Brierley et al., (2006)⁽³⁾ em *survey* realizada com 280 membros da *Chartered Institute of Management Accountants* (CIMA). Tal estudo ressalta que não existem diferenças consideráveis entre as práticas de fabricação vigentes nas indústrias manufatureiras.

Portanto, a importância desse ensaio se embasa na identificada carência de utilização de processos de simulação de custos pelas organizações. Devido ta motivo, este trabalho também é composto por estudo de caso detalhado do uso bem sucedido das técnicas de *system dynamic modeling*.

4. ESTUDO DE CASO

Motivando a condução proposta inicialmente, este trabalho é também composto por um estudo de caso. Os dados utilizados foram coletados por um grupo de universitários, com auxílio de docentes participantes de um projeto ligado ao departamento de engenharia de produção de uma universidade do estado do Ceará. Por intermédio de uma empresa júnior instalada no *campus* da universidade, os alunos em fase final do curso de engenharia de produção 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.

Assim, a análise a ser desenvolvida a seguir tomou como ponto de partida o interesse de um investidor em instalar uma unidade produtora de água mineral engarrafada. Exercendo o papel de investidor, o interessado questionou a viabilidade de se implantar uma fábrica para produzir tal produto.

Segundo o último relatório anual elaborado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, que contém um panorama do setor de bebidas no país, a maior parcela dos custos das águas envasadas corresponde aos insumos e serviços adicionados. Por isso, a análise realizada tomou como base os pertinentes custos fixos e custos variáveis de produção. Vale ressaltar que tal adoção foi escolhida por motivos de conveniência e aplicabilidade do modelo.

Sabe-se que existem diversos outros custos e despesas que interferem no processo de fabricação e composição do preço. Porém este estudo limita-se a considerar custos fixos e variáveis.

A equipe universitária se dispôs a realizar uma análise mediante ferramenta de análise dinâmica para identificar o intervalo de custos fixos que proporciona viabilidade econômica caso o projeto de unidade produtiva venha a ser efetivamente implantado.

Inicialmente, foi realizado um estudo de mercado com o objetivo de obter informações com bases nas fábricas componentes do mesmo ramo de negócio - água mineral envasada. Esse estudo de mercado foi consolidado por intermédio de pesquisas de campo, visitas ao sindicato regente do setor, e de consultas em pesquisas de caráter oficial, elaboradas sob encomenda por parte daqueles que pretendem conhecer com mais afinco o ramo de negócio que se está inserido ou que se pretende iniciar atuação. Vale 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. É válido ressaltar 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 conhecimento.

De acordo com a pesquisa de mercado realizada, o mercado brasileiro de águas envasadas 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 de produção de água envasada cresceu a uma média anual de 15%, desde 1990. 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 envasadas 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: (a) Produção Nacional (em 2004): 5,1 bi de litros; (b) Região líder em produção: Sudeste; (c) Estado líder em produção: São Paulo; (d) Posicionamento da região Nordeste no ranking brasileiro de produção: 2º; (e) Prospecção de aumento de produção para 2006/2007: 12%; (f) Marketshare: 13 empresas detêm 35% do mercado. Os 65% restantes são detidos por mais de 200 engarrafadoras, muitas delas com atuação local; (g) Principais empresas: Grupo Edson Queiroz (Indaiá e Minalba); Flamin Mineração (Lindoya Bioleve); Empresa de Águas Ouro Fino (Ouro Fino); Grupo Schincariol (Schincariol); (h) Grupo Líder: Edson Queiroz (40% das regiões NE e Centro Oeste); (i) Formas de Embalagens: garrafão 20L (50,2%), garrafas PET (34,2%), vidro (10,4%), copos plásticos (3,4%) e outros (1,8%); (j) Nicho de maior crescimento: garrafão de 20 litros; (k) Produção Nordeste: 18,5%; e (l) Custo médio de produção: Custo variável 500 ml sem gás: R\$ 0,33.

Diante das informações dispostas, foi definido o estudo como uma simulação para calcular um intervalo no qual o montante atribuído ao custo fixo de produção pode variar sem inviabilizar o preço de venda do produto.

Quanto aos custos diretos, foi considerado como insumos: (a) a pré-forma de polietileno tereftalato - PET de gramatura 16,5g; (b) tampa de plástico de polipropileno; (c) rótulo de polipropileno biorientado - BOPP; e (d) filme de polietileno e mão de obra. Sabe-se que existem mais insumos que compõem o produto como a tinta *desk jet* (impressão do prazo de validade e do lote de produção) e 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, constatou-se 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 *system dynamics modeling* com o estudo de caso sob questão. Esse construto relacional foi dividido em três grandes fases a fim de estabelecer prazos para realização ou de forma simplista o caminho crítico (NOSBISCH e WINTER, 2006)⁽³¹⁾ de todos os processos.

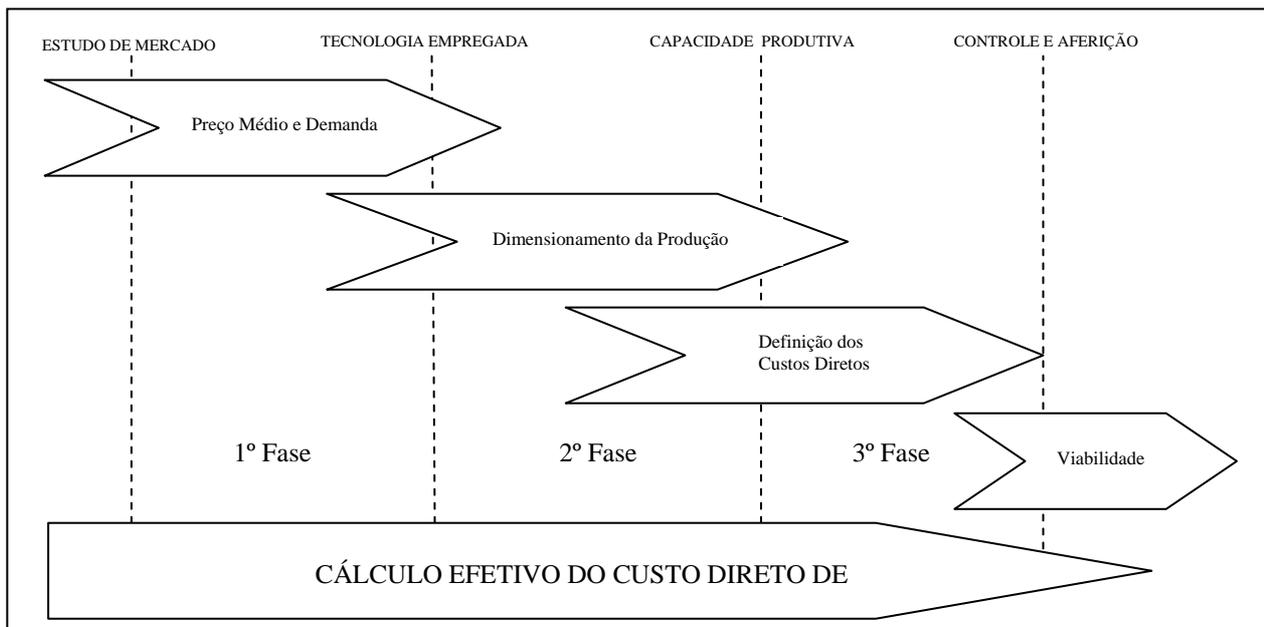


Figura 4 - Fases para cálculo dos custos em processo de produção

A representação da simulação por meio de técnicas de *system dynamics modeling*, considerando o construto relacional exposto na Figura 4, é apresentada na Figura 5.

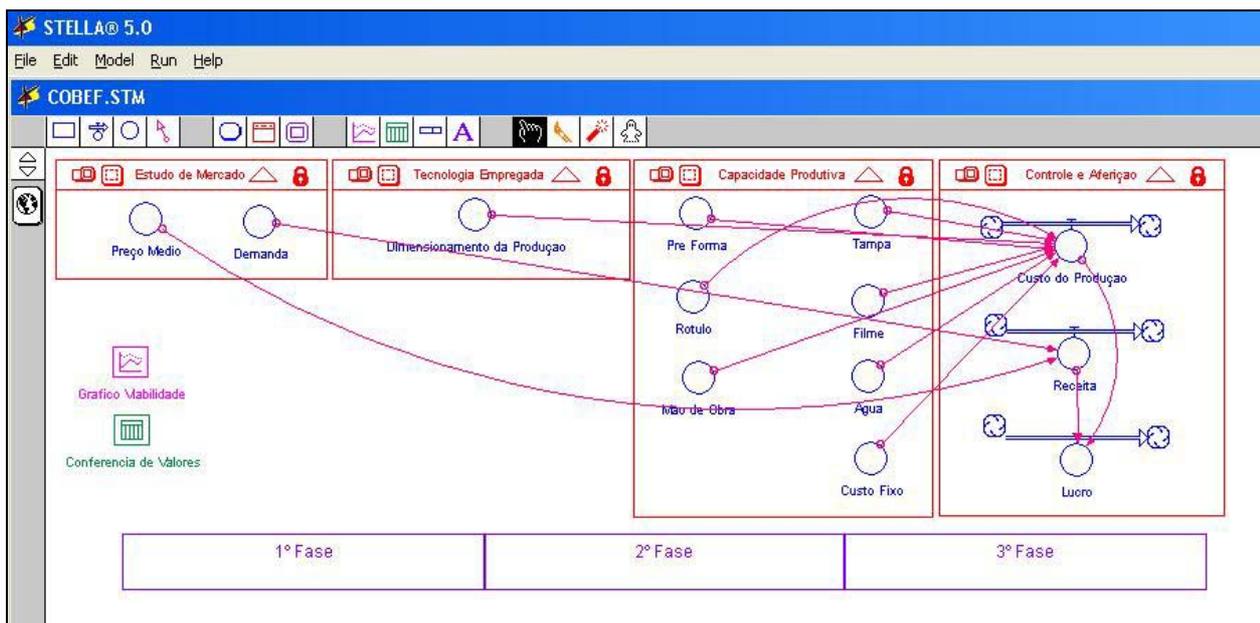


Figura 5 - Simulação por meio de técnicas de *system dynamics modeling*.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos por meio da simulação para a identificação de um intervalo correspondente aos custos fixos que proporcionem viabilidade econômica são apresentados na Figura 6, que representa uma tabela elaborada pelo software aplicado. Nela é possível observar o comportamento das variáveis durante os processos de interação, e constatar que a implementação dessa organização para a produção de água mineral será apenas viável caso seus 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.

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

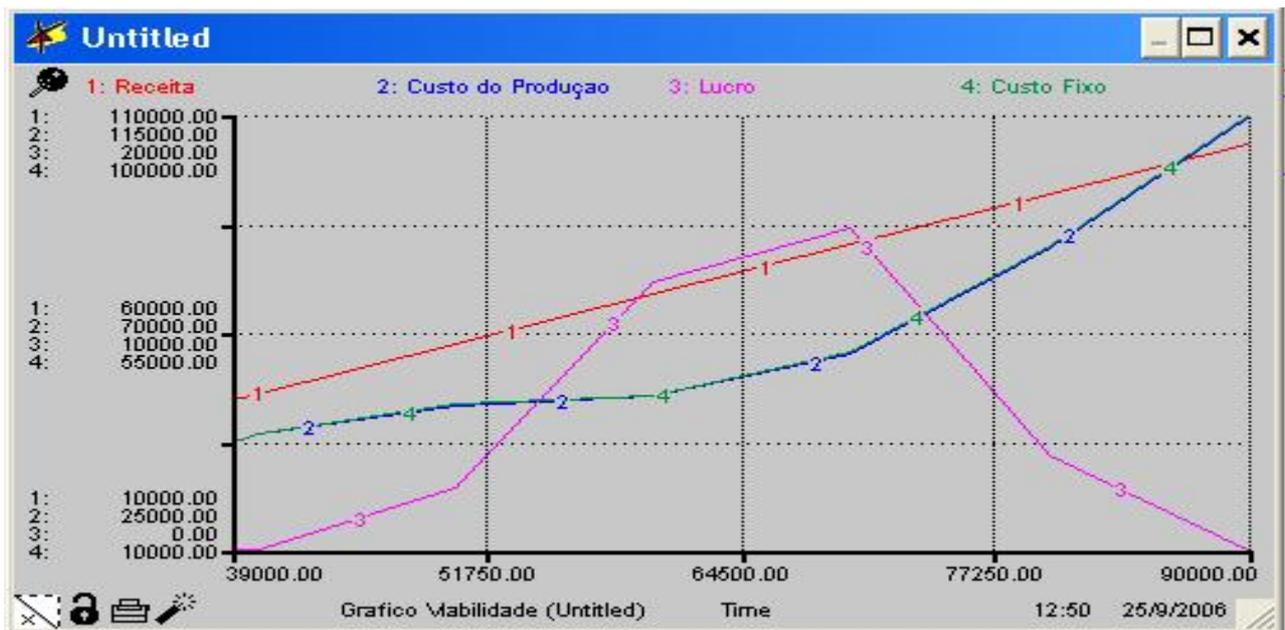


Figura 7 - Gráfico dos resultados obtidos.

6. REFLEXÕES FINAIS

Planejar uma unidade de produção consiste em uma das atividades mais complexas dentre as que compõem um processo de 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 à 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 engenharia administrar de maneira ótima os escassos recursos.

Dentro desse bojo, surge à possibilidade apontada por diversos pesquisadores de aplicar as técnicas de *System Dynamic Modeling* no processo produtivo, visto as possibilidades de simular o relacionamento dinâmico e influências das principais variáveis do processo produtivo em um ambiente computacional controlado.

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 junto aos alunos de graduação em engenharia de produção pertencentes a uma empresa júnior para identificação das condições de custo mais propícias ao se implementar uma organização para a produção de água mineral engarrafada no Ceará. Os resultados obtidos por meio desse ensaio confirmam o grande potencial de aplicação de técnicas de *system dynamics modeling* na simulação de unidades produtivas e de seus custos, desmembrando parte da lacuna existente entre as técnicas de modelagem dinâmicas e simulação de processos de fabricação.

O presente ensaio possibilitou aos autores propor a realização de futuras aplicações de técnicas de *system dynamic modeling* no sistema produtivo, e abordar o enfoque em controle da qualidade no processo produtivo e seus custos. Tal proposta se sucede da possibilidade de se utilizar distribuições estáticas na definição de algumas das variáveis observadas. Mesmo não sendo consideradas na grande maioria das tentativas de representações fictícias de processos reais, há razões para se crer que, num futuro não muito distante, ter-se-á este tipo de configuração na solução de diversos problemas.

7. BIBLIOGRAFIA

1. 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. Mensal. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/13648152>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
2. 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. Mensal. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03613682>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
3. BRIERLEY, John A.; COWTON, Christopher J.; DRURY, Colin. A comparison of product costing practices in discrete-part and assembly manufacturing and continuous production process manufacturing. **International Journal Of Production Economics**, [s.l], v. 2, n. 100, p.314-321, Apr. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255273>>. Acesso em: 01 mar. 2007
4. 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03050548>>. Acesso em: 01 mar. 2007.
5. 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).
6. 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255273>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
7. FORRESTER, Jay Wright. **Industrial dynamics**. Cambridge: MIT. Press, 1961. 464 p.

8. 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. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/0956053X>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
9. 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.
10. STERMAN, John; STERMAN, John D.. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM**. Irwin: Mcgraw-hill, 2000. 1008 p.
11. 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.
12. FORRESTER, Jay Wright. **Urban Dynamics**. Cambridge: MIT. Press, 1969. 285 p.
13. FORRESTER, Jay Wright. **Urban dynamics**. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 1971. 287 p.
14. MEADOWS, Dennis L; MEADOWS, Donella H. **Toward global equilibrium: collected papers**. Cambridge: Wright-allen Press, 1973. 637 p.
15. 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.
16. 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014797>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
17. 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.
18. 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00246301>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
19. 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, Não é um mês valido! 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03772217>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
20. FORD, Andrew T. **Modeling the Environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems**. Washington: Island Press, 1999. 401 p.
21. 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09258574>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
22. 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.
23. DEATON, Michael L.; WINEBRAKE, James J.. Dynamic Modeling of Environmental Systems. **Photosynthetica**, [s.l.], v. 3, n. 38, p.408-408, June 2001. Book Review.
24. 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. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014797>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
25. FLOOD, Robert L.; JACKSON, Michael C.. **Creative problem solving: total systems intervention**. Chichester: Wiley, 1991. 250 p.
26. REIBSTEIN, David J.; DAY, George S.. **A Dinâmica da Estratégia Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 431 p.
27. 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. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255273>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
28. DHAVALÉ, Dileep G.. Activity-based costing in cellular manufacturing systems. **Industrial Engineering**, [s.l], v. 2, n. 24, p.44-46, Feb. 1992.
29. LUCAS, M. R.. Pricing decisions and the neoclassical theory of the firm. **Management Accounting Research**, [s.l], v. 3, n. 14, p.201-217, Jan. 2003. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/10445005>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
30. DRURY, Colin; TAYLES, Mike. Profitability analysis in UK organizations: An exploratory study. **The British Accounting Review**, [s.l], v. 4, n. 38, p.405-425, Dec. 2006. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/08908389>>. Acesso em: 01 fev. 2007.
31. NOSBISCH, Michael R.; M, Ronald. Managing Resource Leveling. **Cost Engineering**, [s.l], v. 7, n. 48, p.24-35, Nov. 2006.