

O EMPREGO DE *SYSTEM DYNAMICS* NO ENSINO E TREINAMENTO

GAVIRA, M. O.; TAVARES, C. G.; ROVERI, E.; BELHOT, R. V.

Resumo: *Nos últimos anos, a simulação computacional vem assumindo uma importância cada vez maior na construção de formas de auto-aprendizado, bem como na aquisição de conhecimento no ensino de engenharia e no treinamento empresarial. Na simulação desenvolvida nos primórdios da Pesquisa Operacional, os problemas eram resolvidos através da obtenção de resultados ótimos para cada parte individual do modelo. Entretanto, à medida que a complexidade dos problemas cresceu, surgiu a necessidade de se utilizar uma abordagem mais sistêmica e generalista. A simulação utilizou-se, inicialmente, de linguagens de programação geral, como o FORTRAN. Mas, à medida que a complexidade das observações e a capacidade dos recursos computacionais cresceram, surgiram os programas de simulação de propósito geral (como o GPSS) e os baseados em “System Dynamics” (DYNAMO, STELLA etc). Essa metodologia (“System Dynamics”) faz uso do conceito de pensamento sistêmico para a resolução de problemas e para o estudo de sistemas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo identificar e analisar os aspectos potenciais da simulação baseada em “System Dynamics” quando aplicada no ensino de engenharia e no treinamento empresarial.*

Palavras-chave: *Simulação, System Dynamics, Conhecimento, Ensino de Engenharia*

1. INTRODUÇÃO

A sociedade industrial trouxe consigo tudo o que é voltado para a produção de bens materiais. A sociedade pós-industrial, por sua vez, consolida-se na geração de serviços e na produção e transmissão de informações, através da experiência organizacional e de investimentos no desenvolvimento de tecnologia de ponta, na criação de grupos de especialistas, na implementação da produção modular, entre outros. (SANTOS, 1990)

As transformações que possibilitaram essa nova realidade iniciaram-se na década de 50 e foram decorrentes, principalmente, do desenvolvimento dos recursos computacionais. Nessa nova era, chamada de pós-industrial, predominam os esforços (científicos, tecnológicos e políticos) no sentido de informatizar a sociedade. Ao mesmo tempo em que a tecnologia da informática nos impõe sérias reflexões, seu impacto sobre a ciência vem se revelando considerável, pois esta deixa de ser vista como uma atividade “nobre”, “desinteressada”, “sem finalidade preestabelecida”, para ser um recurso gerador de riquezas; isto advém da descoberta de que a coleta e processamento adequado das informações é fator preponderante no sucesso de um empreendimento, quaisquer que sejam suas características e qualquer que seja sua natureza; a ciência (assim como qualquer modalidade de conhecimento) nada mais é do que um certo modo de organizar, estocar e distribuir certas informações. (BARBOSA, 1986).

Tal fato confirma que o avanço na aquisição e transmissão de informações trouxe, e continuará trazendo, profundas modificações na aquisição e transmissão de conhecimentos, e que estes serão a principal força de produção da sociedade. Segundo LYOTARD (1986, p. 4-5) “... o antigo princípio segundo o qual a aquisição do saber é indissolúvel da formação do espírito, e mesmo da pessoa, cai e cairá cada vez mais em desuso. Esta relação entre fornecedores e usuários do conhecimento e o próprio conhecimento tende e tenderá a assumir a forma que os produtores e os consumidores de mercadorias têm com estas últimas, ou seja, a forma valor. O saber é e será produzido para ser vendido, e ele é e será consumido para ser valorizado numa nova produção: nos dois casos, para ser trocado ...”

Nessa nova era, a informação e o conhecimento assumem grande importância na preparação dos indivíduos ao entendimento e à adaptação à realidade. A simulação computacional é uma das ferramentas que podem ser utilizadas para a aquisição, organização e construção do conhecimento. Esse recurso favorece a educação e o treinamento das pessoas e, conseqüentemente, sua adaptação às rápidas mudanças de nossa sociedade.

De acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (1998) a ênfase da Engenharia de Produção vincula-se às atividades de projetar e viabilizar produtos e sistemas produtivos, planejar a produção, bem como produzir e distribuir produtos que a sociedade valoriza.

A simulação de sistemas é um dos conteúdos profissionais que permitem ao engenheiro de produção realizar as atividades a que se propõe. Através dela, ele pode adquirir, durante e após o término do curso, capacidade de identificar, formular e solucionar problemas ligados às atividades de projeto, operação e gerenciamento do trabalho e de sistemas de produção de bens e/ou serviços.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar os aspectos potenciais da simulação, principalmente daquela baseada em *System Dynamics*, na aquisição de conhecimentos no ensino de engenharia e no treinamento empresarial.

2. O PAPEL DO CONHECIMENTO

Na sociedade do conhecimento, o real valor dos produtos está no conhecimento neles embutido, uma vez que, na atual conjuntura, a economia adota uma estrutura mais diversa,

alterando-se contínua e rapidamente. Nos países mais avançados, mudanças qualitativas no setor econômico foram ocasionadas pelo o acúmulo e reunião de informações, as quais foram utilizadas para estruturar esquemas de conhecimentos cada vez maiores e mais sofisticados. Hoje, o poderio econômico internacional de um país está diretamente relacionado ao fator conhecimento. (BORGES, 1995)

Nessa sociedade, dois fatos relacionados ao modelo de produção adequação à nova realidade não podem ser ignorados: a importância da informação e a necessidade de uma visão sistêmica e sistemática da realidade.

Na era do conhecimento, a informação constitui o mais importante recurso de agregação de valor; nessa economia, o conhecimento transforma o processo de produção, tornando viável a personalização e diversificação de produtos e tornando necessária a aquisição de conhecimentos específicos, com o fim de analisar constantemente produtos, serviços, tecnologias, mercados etc.

Em sua tese, Porat afirma que, na Era do Conhecimento, a informação passa a ser considerada como recurso estratégico de agregação de valor e como elemento de competição política e econômica entre os países, estando-lhe atrelada a utilização da telemática (MALIN, 1994).

Segundo TARGINO (1995), a comunicação telemática trata da manipulação e utilização da informação mediante o uso combinado da informática, das telecomunicações e dos meios audiovisuais. Ela reforça o fim da ultra-especialização e a necessidade dos profissionais agregarem aos conhecimentos específicos uma ampla e sólida formação generalista, capacitando-os a responder a uma realidade multifacetada e dinâmica. Tal necessidade decorre do fato de o novo modelo de produção ser baseado em um ponto de vista sistêmico e sistemático, no qual os processos devem ser vistos em sua totalidade, não podendo ser fracionados e isolados.

Em tal contexto, a simulação entra como a fornecedora tanto de formas de adquirir conhecimentos específicos relacionados a produtos, serviços e mercados, quanto de proporcionar uma visão sistêmica àqueles que a utilizam como ferramenta de ensino ou treinamento ou de avaliação de alternativas e tomada de decisão.

3. O PENSAMENTO SISTÊMICO

O pensamento sistêmico é um instrumento valioso para a apreensão da complexidade do mundo. Sua principal característica é projetar a análise para o sistema mais amplo, levando em conta as propriedades e o comportamento de cada parte na estrutura do todo.

A origem do pensamento sistêmico é considerada como anterior à filosofia socrática; o marco moderno da origem do pensamento sistêmico, contudo, é atribuído a VON BERTALANFFY. Nas décadas de 20 e 30, ele tentou recompor a unidade da ciência através de sua teoria da criação de modelos holistas, isomórficos, capazes de abrigar fenômenos similares das mais distintas áreas. Ele sistematizou as novas idéias científicas que vinham permeando a ciência desde a virada do século XX, as quais postulavam uma abordagem de “todos integrados”. ARAÚJO (1995)

O sucesso da abordagem sistêmica pode ser atribuído, segundo RAPOPORT (1976), à insatisfação crescente da comunidade científica com a visão mecanicista, ou com o “mecanismo” como modelo universal, e à necessidade de essa mesma comunidade contrabalançar a fragmentação da ciência em especialidades quase isoladas umas das outras.

Em suma, a abordagem sistêmica é uma contínua revisão do mundo, do sistema total e de seus componentes; a essência da abordagem sistêmica é tanto confusão quanto esclarecimento – ambos, aspectos inseparáveis da vida humana (CHURCHMAN, 1968). O pensamento sistêmico encara o mundo como um conjunto de sistemas e subsistemas.

Sistema pode ser conceituado como um conjunto de elementos inter-relacionados que interagem entre si para atingir um determinado objetivo; dentre as classificações empregadas para sistemas está a de DAVIS (1974), que os divide em abstrato ou físico, determinístico ou probabilístico, fechado ou aberto.

Sistema abstrato é um arranjo ordenado de idéias interdependentes. Sistema físico é um conjunto de elementos que operam juntos para atingir um objetivo. Os sistemas físicos são tangíveis, materiais. Sistema determinístico é o que funciona de maneira previsível, isto é, o estado do sistema em um dado ponto, mais a descrição de sua operação, levam idealmente à previsão do próximo estado, sem erros. Sistema probabilístico é aquele que opera dentro de condições prováveis de comportamento ou, em outras palavras, há uma margem de erro associada à previsão.

Sistema fechado é aquele autocontido. Não troca material, informação ou energia com o ambiente. Tais sistemas fechados, diz Davis, vão esgotar-se ou tornar-se desordenados. Sistema aberto é o que troca informação, material e energia com o meio ambiente, ou seja, um sistema aberto é aquele que tem um ambiente, formado por outros sistemas com os quais ele se relaciona, troca e comunica. Sistemas abertos tendem à adaptação, pois podem adaptar-se a mudanças em seus ambientes de forma a garantir a própria existência.

Além dos insumos energéticos, que se transformam ou se alteram para realizar um trabalho, os sistemas incluem também os insumos informativos, os quais proporcionam à estrutura sinais acerca do ambiente e de seu próprio funcionamento. A realimentação negativa é o tipo mais simples de insumo de informação encontrado. Tal realimentação ajuda o sistema a corrigir desvios de direção.

AFANASIEV utiliza uma categoria de sistemas que chama de “sistema dinâmico integral”. Segundo ele, esses sistemas têm algumas características essenciais:

- Existência de “qualidades resultantes da integração e da formação do sistema”, as quais não se reduzem à mera soma das qualidades de seus componentes.
- Composição: cada sistema possui seu próprio conjunto de componentes e partes.
- Organização interna: um modo específico de interação e interconexão dos componentes; cada sistema integral tem estrutura e organização específicas que lhe são inerentes.
- O caráter específico de sua interação com o meio ambiente: os objetos que constituem o meio ambiente do sistema integral, sejam eles sistemas ou não, têm diferentes graus de importância para o funcionamento deste.

A estabilidade de um sistema não significa que o sistema esteja imóvel ou em um equilíbrio verdadeiro, uma vez que há um contínuo fluxo de energia e informação entre o ambiente externo e o sistema. Para AFANASIEV, o sistema é um contínuo tornar-se.

Assim, é possível perceber a importância do pensamento sistêmico na abordagem dos problemas científicos, sociais e do mundo como um todo. Mas, como a abordagem sistêmica e a simulação podem auxiliar as pessoas a se manterem capacitadas no novo contexto mundial? Antes de se responder a essa pergunta, é necessário conhecer um pouco mais da simulação.

4. A SIMULAÇÃO E SUA EVOLUÇÃO

Ao descrevermos um sistema por um modelo, às vezes descobrimos que o sistema é complexo demais para ser descrito, ou que o modelo, uma vez desenvolvido, não admite uma solução analítica. Neste caso, a simulação pode tornar-se uma ferramenta valiosa na obtenção de uma resposta a um problema particular.

A partir da definição de que simular é imitar as características e/ou as operações de algo real, pode-se deduzir que a simulação é uma técnica muito antiga. Comprova-se isso nas pinturas rupestres dos primeiros seres humanos, que utilizavam desenhos para simular as caçadas e outros rituais.

O foco deste estudo está na simulação computacional de sistemas (a partir daqui, chamada apenas de simulação), a qual teve sua origem na Pesquisa Operacional (PO).

Segundo HILLIER e LIEBERMAN (1988), a simulação de sistemas, dentro da PO, envolve a construção de um modelo que é, por natureza, predominantemente matemático. No procedimento de simulação, o sistema é subdividido em elementos cujos comportamentos possam ser preditos, pelo menos em termos das distribuições de probabilidade, para cada um dos possíveis estados do sistema e suas entradas. As inter-relações entre os elementos também são construídas dentro do modelo. A partir daí, combina-se os elementos em sua ordem natural e faz-se com que o computador apresente o efeito das interações. Após sua construção, o modelo é ativado (pela geração de dados de entrada), a fim de simular a operação real do sistema e registrar seu comportamento agregado. Repetindo-se isso para várias configurações alternativas de projeto e políticas de operação do sistema, e comparando seus desempenhos, as configurações mais promissoras podem então ser identificadas. Os problemas são, então, resolvidos através da obtenção de resultados ótimos do modelo de cada parte.

Assim, poder-se-ia definir a simulação, no contexto da PO como a realização de experimentos numéricos com modelos lógico-matemáticos. (SALIBY, 1989)

Entretanto, à medida que os recursos computacionais e a complexidade da observação dos problemas cresceram, essa forma analítica de se ver um problema tornou-se ineficiente. Isso motivou o surgimento do conceito de pensamento sistêmico (definido na seção anterior) e da simulação baseada na abordagem sistêmica.

Atualmente, a simulação pode ser definida como um processo de projetar um modelo do sistema real e conduzir experimentos com este modelo, com o objetivo de conhecer o comportamento do sistema e considerar estratégias para sua operação (PEGDEN *et. al.*, 1990).

Os modelos de simulação computacional podem ser classificados em estáticos ou dinâmicos. O modelo de simulação estático é a representação de um sistema em um momento específico, ou de um sistema no qual o tempo simplesmente não tem influência. Exemplos de simulação estática são encontrados nos modelos de Monte Carlo. Por outro lado, um modelo de simulação dinâmico representa um sistema à medida que ele evolui com o tempo.

Os modelos de simulação dinâmicos são o objeto de estudo deste artigo, uma vez que o comportamento de um modelo de sistema dinâmico é mais difícil de ser previsto, proporcionando desta forma um maior acúmulo de conhecimentos para o estudante.

As linguagens de propósito geral foram as primeiras a serem utilizadas para a simulação (ver “Tabela 1”). Essas linguagens, como o FORTRAN e o PASCAL, podem ser usadas para implementar virtualmente qualquer problema computacional, e muitos programas de simulação foram escritos nessas linguagens. Contudo, em virtude de algumas propriedades comuns dos programas de simulação, foram desenvolvidas linguagens de simulação que têm eficiência de programação e são muito poderosas. Entre essas linguagens estão o GPSS, SIMAN, SLAM e o SIMSCRIPT.

Um pacote de simulação é um simulador que é designado para representar qualquer caso específico de uma classe de situações, através de inserções de valores próprios para os parâmetros. Pacotes de simulação têm o benefício óbvio de reduzir o tempo necessário para a implementação de um modelo, uma vez que estes são especializados. Eles são mais rápidos que uma linguagem de simulação, desde que nenhum projeto ou programa do modelo seja requerido.

Tabela 1: História do uso da simulação

| Anos | Ferramenta | Características do estudo de simulação |
|--------------------|---|---|
| 50 e 60 | Linguagens de propósito geral | Aplicação a Grandes corporações Grupos de desenvolvimento de modelos com 6 a 12 pessoas Linguagens geravam programas para serem executados em grandes computadores (FORTRAN etc.) Grandes investimentos em capital |
| 70 e início dos 80 | Linguagens de simulação | Desenvolvimento e uso dos pacotes de linguagens/programas (GPSS, SIMAN, SLAM, GASP IV etc.) Utilização em um maior número de corporações |
| 80 e início dos 90 | Simuladores de alto nível | Introdução do PC e da animação Presença de guias, menus e caixas de diálogos Simulação realizada antes do início da produção Facilidade de uso Menos flexível que as linguagens de propósito geral |
| Após 90 | Pacotes flexíveis de programas de simulação | Melhor animação e facilidade de uso Fácil integração com outras linguagens de programação Usada na fase de projeto Grande uso em serviços Uso para controle de sistemas reais Pacotes flexíveis de programas de simulação Grande integração da simulação com outros pacotes (base de dados e processadores de texto) Combina vantagens das linguagens e dos simuladores Facilidade de uso da animação |

Fonte: KELTON *et. al.* (1997)

Uma das linguagens gerais de simulação mais utilizadas é o GPSS. A estrutura fundamental do GPSS (*General Purpose Simulation System*) é conceitualmente diferente das linguagens de propósito geral, como o FORTRAN. O uso do GPSS facilita muito a tarefa de construir modelos computacionais para certos tipos de simulações de eventos discretos.

Após os programas de simulação de propósito geral, surgiram os programas baseados em *System Dynamics* (SD), entre eles DYNAMO e STELLA. Esses programas trouxeram uma nova visão das interações e relações entre os componentes dos sistemas e dos sistemas com o ambiente.

A metodologia *System Dynamics* é utilizada para estudar e administrar sistemas de realimentação complexos, como os encontrados em negócios e outros sistemas sociais. Esse campo foi desenvolvido inicialmente a partir dos trabalhos de Jay W. Forrester (1961), que se baseou nos conceitos do pensamento sistêmico para desenvolver esse conjunto de ferramentas e forma de abordagem. O pensamento sistêmico é a base das simulações de *System Dynamics*; é um meio de pensar e descrever as forças e inter-relações que caracterizam o comportamento dos sistemas.

Simulações de SD são baseadas no princípio da causa e efeito, retroalimentação (ou realimentação) e atraso. Causa e efeito é uma idéia simples, mas outras metodologias não a usam. Essa idéia profere que ações e decisões têm conseqüências; por exemplo, o preço afeta as vendas. Quando se examina as relações de causa e efeito isoladamente, elas são geralmente fáceis de entender. Entretanto, quando são combinadas em longas cadeias, elas se tornam muito complexas. A realimentação é o processo no qual uma ação tomada por uma pessoa ou

coisa eventualmente afetará a tal pessoa ou coisa. Um laço de realimentação é uma seqüência fechada de causas e efeitos, um caminho fechado de ações e informações. Um conjunto interconectado de laços de realimentação é um sistema de realimentação.

Diagramas de causa e efeito baseados em laços podem ser criados, sendo usados com freqüência em SD. Em tais diagramas, as setas são usadas para indicar as relações. Algumas vezes, a informação sobre o meio no qual as relações trabalham é também incluída no diagrama. A “Figura 1” mostra um diagrama simples, onde o preço tem um efeito negativo nas vendas, que por sua vez tem um efeito negativo nos custos unitários, o qual em sua vez tem um efeito positivo no preço.



Figura 1 - Diagrama ilustrativo das relações entre preço, vendas e custo unitário.

Nem toda relação de causa e efeito ocorre instantaneamente. Algumas vezes, as conseqüências de uma ação ou decisão não são aparentes até muitos dias, meses ou até anos depois que um evento ocorreu. Atrasos podem produzir comportamentos interessantes e complexos, mesmo quando os sistemas não têm realimentação ou quando a complexidade de causa e efeito é limitada.

O entendimento dos conceitos de causa e efeito, laços de realimentação e atrasos provê bons fundamentos para entender a complexidade da natureza de um sistema. A utilização desses conceitos no estudo de engenharia e no treinamento provê um acréscimo de experiências, que é de grande interesse para aquele que utiliza a simulação como forma de se aperfeiçoar e de entender os sistemas com os quais lida diariamente.

Segundo ANDERSSON e KARLSSON (2001) existem vários programas que se baseiam em System Dynamics, entre os quais o *Dynamo Plus* e o *Stella/ithink*, brevemente descritos abaixo:

- **Dynamo Plus:** o *Dynamo* foi a primeira linguagem de simulação de SD, e por um longo tempo a linguagem e o campo foram considerados sinônimos. Tornou-se disponível comercialmente no começo dos anos 60. O *Dynamo Plus* permite a construção de modelos extremamente extensos, com uma variedade de características de programação sofisticadas. A programação começa pela digitação de equações, baseadas em diagramas previamente traçados. A ferramenta é complexa, mas tem um grande poder de programação.

- **Stella/ithink:** introduzido originalmente para o computador *Macintosh*, em 1984, o programa *Stella* forneceu uma ferramenta com orientação gráfica para o desenvolvimento de modelos SD. O *Stella* é usado para soluções educacionais, enquanto o *ithink* é usado para soluções de negócios. Devido às suas características poderosas e sua facilidade de uso, o *Stella/ithink* é uma das ferramentas de modelagem de SD mais populares. Ele permite traçar diagramas de estoque e fluxo e mapear a estrutura do sistema, antes de se entrar com as equações. Mais detalhes podem ser adicionados, elementos podem ser agrupados em sub-modelos, e é possível analisar com mais detalhes partes específicas de modelos complexos.

5. PAPEL DA SIMULAÇÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA E NO TREINAMENTO

As mudanças na natureza do poder calcado no conhecimento estão revolucionando as relações no mundo empresarial, uma vez que migrar de uma economia “estável” para outra baseada em computadores, informação, conhecimento e reestruturação de mercados requer maciças transferências de poder. Os gerentes da nova organização vivem em um ambiente inteiramente novo, no qual vêm-se obrigados a tomar decisões, não só em maior número, mas de forma cada vez mais rápida.

Segundo as diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia de Produção (BRASIL, 1999), o curso de Engenharia de Produção destina-se a auxiliar o aluno a adquirir um perfil profissional que compreende uma sólida formação técnico científica e profissional geral, que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade. Esse objetivo pode ser atingido através da utilização da simulação como um novo método de aprendizagem.

A simulação, como ferramenta gerencial e de aquisição de conhecimento, é utilizada para análise de alternativas, auxiliando os alunos na tomada de decisão e na análise de sistemas, aprendendo assim a selecionar as informações que são realmente úteis aos negócios das empresas/sistemas.

À medida que as empresas convertem conhecimentos em ações, modificam seus processos de decisão, sua estrutura administrativa e sua maneira de trabalhar. A aceleração das mudanças determina que o conhecimento sobre tecnologia, mercados, fornecedores, consumidores etc., torna-se rapidamente perecível. Torna-se imprescindível a atualização contínua do profissional através de diversas ferramentas, dentre as quais encontra-se a simulação de sistemas.

A simulação proporciona o conhecimento do funcionamento do sistema interno e as influências do ambiente externo, principalmente numa era de incertezas e mudanças constantes. Para adaptação a essas mudanças, é essencial compreender esses dois aspectos que determinam às organizações seu planejamento, diversificação, alocação de recursos e definição de domínios de atuação. A “incerteza ambiental” é muito importante, especialmente, para empresas encarregadas de planejar a longo prazo e implementar programas de desenvolvimento tecnológico, antecipando-se às mudanças sócio-econômicas.

Finalmente, as informações adquiridas com a simulação permitirão alterações e melhoria das ações ou até mesmo a mudança radical de atividades e da própria decisão.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise da história do ser humano e das revoluções científicas realizadas por ele, é possível inferir que o homem sempre procurou desenvolver sua capacidade física e cognitiva, por meio de tecnologias que medeiam seu relacionamento com a natureza.

A tecnologia é apenas mais uma força produtiva, fruto da própria evolução da sociedade, cujo produto básico é o conhecimento, voltado essencialmente para o interesse humano de libertar-se em relação à natureza e aos seus problemas existenciais de ordem material ou simbólica. HABERMAS (1983)

Segundo WILLIAMS (1992), as inovações tecnológicas são decisivas no processo de transformação sócio-cultural, reforçando o efeito das tecnologias da informação nos meios de comunicação, os quais, por sua vez, atuam como fatores que desencadeiam mudanças sociais,

econômicas, políticas e culturais. Mas é a sociedade que permite que isso ocorra, servindo de suporte para tais inovações.

Deste modo, a aquisição de experiências deve ser garantida para a ampliação do conhecimento do ser humano, já que suas necessidades influenciam as mudanças sociais e são por elas modificadas. No ensino de Engenharia de Produção e no treinamento empresarial, essa garantia de atualização e aprendizagem pode ser dada pela utilização da simulação.

O que fica claro é a necessidade do engenheiro (e de outros profissionais) de conhecer essa ferramenta, que faz com que ele adote uma postura de tomador de decisões e de gestor de suas atividades. Através do método de simulação, tanto o estudante de engenharia quanto o treinando passam a ter uma maior clareza dos seus objetivos e dos problemas a serem resolvidos. Além disso, aprendem a selecionar informações e alternativas úteis para as dificuldades que encontram durante um estudo de simulação. Aqui, torna-se evidente o papel do conhecimento que aquele que usa a simulação tem e o conhecimento que adquirirá durante os experimentos que fizer.

O pensamento sistêmico é um instrumento valioso para a compreensão da complexidade do mundo natural, e a simulação baseada em *System Dynamics* mostra-se como uma ferramenta na qual o aluno torna-se elemento ativo da aprendizagem. Ela possibilita o surgimento de capacidades como: visão sistêmica; emprego da informação como uma poderosa ferramenta de trabalho; visualização de objetivos e estratégias; alcance do contexto dos problemas; capacidade criadora etc.

Assim, a simulação, principalmente aquela que leva em consideração os aspectos sistêmicos, contribui através do auto-aprendizado para ampliar, de forma rápida e segura, a visão que os indivíduos têm de um sistema ou problema, tornando-os capazes de enfrentar os desafios inerentes à atual conjuntura, a qual é fortemente baseada na informação e no conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Engenharia de Produção**: grande área e diretrizes curriculares. Porto Alegre: ABEPRO, 1998.
- AFANASIEV, V.G. Sistemas dinamicos integrales; concepto de direcion. In: **Teoria geral de Sistemas y administracion publica**. Costa Rica: EDUCA-ICAL, 1977.
- ANDERSSON, Carina; KARLSSON, Lena. **A system dynamics simulation study of a software development process**. Lund, Suécia, 2001. Disponível em: <<http://www.telecom.lth.se/SERG/Master/5419.pdf> 2001>. Acesso em: 16 maio 2002.
- ARAÚJO, Vania Maria Rodrigues Hermes de. Sistemas de informação: nova abordagem teórico-conceitual. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 54-76, jan./abr. 1995.
- BARBOSA, W. do V. Tempos pós-modernos. In: LYOTARD, J-F. **O pós-moderno**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1986. p. vii-xviii.
- BERTALANFFY, L. Von. **General system theory**. New York: George Braziller, 1968.
- BORGES, Mônica E. N. A informação como recurso gerencial das organizações na sociedade do conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 181-188, maio/ago. 1995.
- BRASIL. Ministério da educação. Anteprojeto da resolução sobre Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia da Secretaria de Ensino Superior. SESu/MEC, de 05 de maio de 1999. <http://www.mec.gov.br>
- CHURCHMAN, C.W. **The systems approach**. New York: Dell Publ., 1968.
- DAVIS, G. B. **Management information systems: conceptual foundations, structure, and development**. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, 1974.
- FORRESTER. **Industrial Dynamics**. Portland: Productivity Press, 1961.
- HABERMAS, J. Conhecimento e interesse. In: BENJAMIN, W. et al. **Textos escolhidos**. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983a. 343p. p.301-312.

- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., SADOWSKI, D. A. **Simulation with Arena**. New York: McGraw-Hill, 1998.
- LYOTARD, J-F. **O pós-moderno**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1986.
- MALIN, A. B. Economia e política de informação: novas visões da história. **São Paulo em Perspectiva**, v. 8, n.4, p. 9.18, out./dez. 1994.
- PEDGEN, C. Dennis, SHANNON, Robert E., SADOWSKI, Randall P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2. Ed. McGraw-Hill, Inc. New York, 1995.(25)
- RAPOPORT, A. **Aspectos matemáticos da análise geral dos sistemas**. In: BERTALANFFY, L. Von. *et al.* Teoria dos sistemas. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.
- SANTOS, J. F. dos. **O que é pós-moderno**. 8. ed. São Paulo: Brasiliense, 1990.
- TARGINO, M. das G. Novas tecnologias de comunicação: mitos, ritos ou ditos? **Ciência da Informação**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 194-203, maio/ago. 1995.
- WILLIAMS, R. **Cultura**. São Paulo: Paz e Terra, 1992.

SYSTEM DYNAMICS USED IN THE TEACHING AND TRAINING

Abstract: *In the last years, the computer simulation has become a vital tool in the development of several self-learning techniques, as well in the acquisition of knowledge in the engineering teaching and in the managerial training. The simulation used in the early years of the Operational Research boarded the potential problems by obtaining optimum results for each part of the model. However, as the complexity of such problems increased, the need of more systemic and generalist approaches has increased too. Initially, the simulation was performed by general programming languages, as FORTRAN. But, as the complexity of the observations and the capability of the computer resources increased, Simulation Languages (like GPSS) and Dynamic System Simulation Software (DYNAMO, STELLA etc) were developed. This methodology ("System Dynamics") uses concepts of the systemic thought to solve problems and to analyze systems. In that context, the main objectives of this work is to identify and to analyze the potential aspects of the simulation based on System Dynamics when applied in the engineering teaching and in the managerial training.*

Keywords: *Simulation, System Dynamics, Knowledge, Engineering Teaching*