



## A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO INDIVIDUAL

**Muriel de O. Gavira** – [murielgavira@yahoo.com](mailto:murielgavira@yahoo.com)

FAAT – Faculdades Atibaia

Av. Nove de Julho, 288 – Centro – Atibaia – SP – CEP: 12940-580

**João V. Moccellin** - [jvmoccel@prod.eesc.sc.usp.br](mailto:jvmoccel@prod.eesc.sc.usp.br)

USP - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos - SP - CEP: 13566-590

***Resumo:** A história ocidental sofre, periodicamente, grandes transformações. Hoje, uma nova mudança, conhecida como Revolução da Informação, nos impulsiona a uma nova sociedade. Nessa nova era, a informação e o conhecimento assumem grande importância na preparação dos indivíduos e empresas 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 e da visão sistêmica. Esse recurso favorece a educação e o treinamento das pessoas e, conseqüentemente, sua adaptação às rápidas mudanças de nossa sociedade. Nesse contexto, o presente trabalho propõe-se a identificar e analisar os aspectos potenciais da simulação computacional na aquisição de conhecimentos individuais sobre um determinado sistema de produção. Para isso, baseia-se em algumas conclusões fundamentadas na literatura e em experimentações realizadas por meio de um pacote de simulação.*

***Palavras-chave:** Aquisição de conhecimento individual, Simulação, Dinâmica de Sistemas.*

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com DRUCKER (1994), a história ocidental sofre, periodicamente, uma grande transformação. Dentre essas transformações, pode-se citar as geradas pelo Renascimento e pela Revolução Industrial. Hoje, uma nova mudança, conhecida como Revolução da Informação, nos impulsiona à sociedade pós-capitalista.

Uma série de fatores acarretou a transição da sociedade industrial para a chamada sociedade pós-industrial ou do conhecimento. Dentre eles, pode-se citar: aumento da competitividade; maior exigência dos consumidores; mudanças tecnológicas, políticas e ambientais etc. Essas mudanças levaram as empresas a procurar saídas que lhes garantissem tomadas de decisão mais precisas e eficientes, de maneira a lhes proporcionar competitividade a longo prazo.

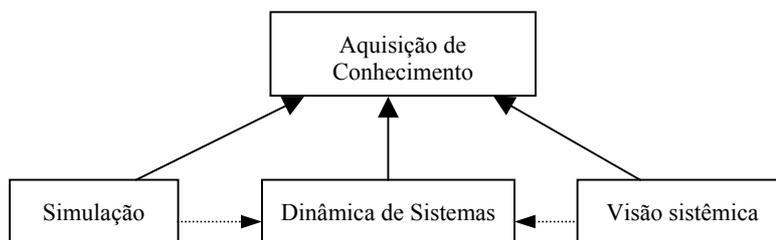
Diversos fatos corroboram o crescimento da importância econômica do conhecimento, entre eles: constatação de que o valor de mercado de diversas empresas é maior de que seu patrimônio físico; crescimento de setores intensivos em capital intelectual (microeletrônica, biotecnologia etc); aumento de investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento etc.

Assim, na sociedade pós-capitalista, o recurso realmente controlador, o “fator de produção” decisivo, é o conhecimento. Ao invés de capitalistas e proletários, tem-se trabalhadores do conhecimento e trabalhadores em serviços (DRUCKER, 1994).

Segundo SENGE e STERMAN (1994), o conhecimento dos profissionais é constituído de seu modelo interno da realidade, de seu conjunto de suposições que estrutura seu entendimento a respeito do ambiente de negócios e dos fatores críticos para seu sucesso; esse conhecimento é a base para o sucesso ou fracasso de uma organização. Quando o mundo muda, os administradores precisam se adaptar à nova realidade; para isso, precisam de ferramentas que possibilitem o teste de novos cenários antes que mudanças possam ocorrer.

A simulação é uma das ferramentas que permitem a diversos profissionais, entre eles o administrador e o engenheiro, realizar as atividades a que se propõe. Ela pode ser utilizada para a aquisição, organização e construção do conhecimento e da visão sistêmica. Além disso, favorece a educação e o treinamento das pessoas e, por conseguinte, sua adaptação às rápidas mudanças de nossa sociedade. Do mesmo modo, estimula a análise crítica de dados, a formulação de perguntas e a descoberta de respostas, entre outros.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe-se a demonstrar a aplicação prática da simulação, em particular daquela baseada na Dinâmica de Sistemas, como um método de aquisição de conhecimento individual sobre um sistema de produção a ser estudado (“Figura 1”). Para isso, baseia-se em algumas conclusões fundamentadas na literatura e em experimentações (pesquisa de laboratório) realizadas por meio de um pacote de simulação.



**Figura 1** - Ferramentas de aquisição do conhecimento consideradas no trabalho

**Fonte:** Elaborada pelo autor

O desafio é saber se a simulação é uma ferramenta eficiente, através da qual os atuais e futuros tomadores de decisão possam adquirir conhecimento, tanto sobre o sistema em que estão inseridos, quanto sobre seus subsistemas e ambiente.

## 2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

### 2.1 Conhecimento

A preocupação com o conhecimento não é algo novo. Contudo, seu reconhecimento como um elemento fundamental para pessoas e organizações e a exploração de seu potencial como uma vantagem competitiva sustentável são fenômenos recentes. Só recentemente as empresas se deram conta da importância da aquisição e gerenciamento do conhecimento para um melhor desenvolvimento de suas atividades.

De acordo com GEUS (1997), o início da década de 50 do século XX é o momento de transição da sociedade baseada no capital para a sociedade baseada no conhecimento. Segundo ele, o conhecimento passou a ser o elemento mais escasso, e as organizações vencedoras são aquelas que sabem aplicá-lo e transformá-lo em produtos e serviços.

O conceito de conhecimento está intimamente ligado ao de aprendizagem. Na verdade, a aprendizagem abrange o conhecimento; segundo FLEURY e FLEURY (1995, p. 23) “o processo de aprendizagem refere-se à aquisição de conhecimentos e habilidades, e o de memória ao de retenção desses conhecimentos”. Enfoca-se aqui apenas a parte do processo de aprendizagem referente à aquisição de conhecimentos.

Conhecimento, para DAVENPORT e PRUSAK (1998), é uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e visão experimental, a qual proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações. Ele tem origem e é aplicado na mente dos conhecedores.

Cada vez mais, o conhecimento é considerado um fator valioso para pessoas e empresas. Uma das razões disso, conforme NONAKA e TAKEUCHI (1997), é que o conhecimento está próximo da ação; o conhecimento de uma técnica, método ou forma de trabalho pode ser uma vantagem competitiva significativa em um mercado cada vez mais exigente.

O exame da literatura leva à crença de que o conhecimento individual pode ser adquirido através de vários caminhos, dentre os quais pode-se citar a experimentação (simulação, estudos de caso etc.) e a absorção de conhecimentos de outros indivíduos (livros, vídeos etc.).

Adquirir novos conhecimentos não é uma questão apenas de instruir-se com os outros ou com livros, mas também aprender através da prática, da experimentação. Esta última forma de aprendizado pode ser representada pela simulação de sistemas, onde o conhecimento a respeito de determinado sistema é adquirido através da análise de diversos cenários. Aquele que constrói e experimenta um modelo de simulação adquire conhecimento a respeito do estudo de simulação, do pacote de simulação utilizado e do sistema modelado. Neste artigo, serão tratados apenas os conhecimentos adquiridos sobre o sistema modelado.

## 2.2 Simulação e Dinâmica de Sistemas

Segundo EHRLICH (1985), a simulação é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático capaz de reproduzir, da maneira mais fiel possível, as características do sistema original. Manipulando o modelo e analisando os resultados, pode-se concluir como diversos fatores afetam o sistema.

Toda simulação requer a construção de um modelo com o qual serão feitos os experimentos; estes, por sua vez, permitirão inferências sobre o sistema sem a necessidade de construí-lo.

Um processo de simulação baseia-se numa série de etapas que definem sua metodologia. Neste trabalho, são utilizados os passos de um estudo de simulação de LAW e KELTON (2000), como mostrado na “Figura 2”; outros autores, como SHANNON (1975), EMSHOFF e SISSON (1970), BANKS et al. (1996), foram consultados para um maior esclarecimento de cada passo.

- Formulação do problema e planejamento do estudo: determinação de informações como número de pessoas envolvidas, custo do estudo, tempo requerido para completar cada fase do trabalho, resultados esperados etc.

- Coleta de dados e definição do modelo: o sistema real sob investigação é abstraído através de um modelo conceitual, e dados relacionados ao sistema são coletados.

- Validação do modelo conceitual: percorrer de maneira estruturada o modelo conceitual usando documento de suposições, antes de passar para a etapa seguinte.

- Construção do programa computacional e verificação: nessa fase, deve-se fazer a programação do modelo em uma ferramenta de simulação. Após, faz-se a verificação do programa frente ao modelo determinado.

- Realização de execuções piloto: esta etapa consiste na realização de execuções piloto para validação.

- Validação do modelo programado: é a determinação de que o modelo é uma representação confiável do sistema real. Ela é alcançada através de um processo iterativo de comparação e calibração do modelo frente ao comportamento do sistema (BANKS et al., 1996). Dentre as técnicas de validação tem-se: coleta de informações e dados no sistema;

validação da saída do modelo de simulação (comparação das saídas do modelo e do sistema, análise de especialistas); animação etc.

– Projeto dos experimentos: nesta etapa, são determinados número, comprimento, configurações e condições iniciais da simulação.

– Realização das execuções de simulação: várias execuções são realizadas para que resultados e medidas de desempenho sejam empregados nas análises.

– Análise de Resultados: os dois maiores objetivos na análise dos dados de saída são a determinação do desempenho absoluto de certas configurações do sistema e a comparação de configurações alternativas em termos relativos. Entre as abordagens de auxílio à análise de resultado, tem-se: testes estatísticos clássicos (como qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov etc.), abordagem por inspeção (média, função de correlação etc.), abordagem de intervalo de confiança baseado em dados independentes e abordagem de séries temporais.

– Documentação e implementação: uma documentação adequada serve para auxiliar o entendimento do estudo realizado, dar credibilidade aos resultados do processo, facilitar modificações e proporcionar ao analista o conhecimento de seus erros.

Apesar dos passos de simulação serem seqüenciais, a simulação não é um simples processo seqüencial. Há, muitas vezes, a necessidade de se refazer passos anteriores (esse fato é indicado na “Figura 2” através das setas retroativas).

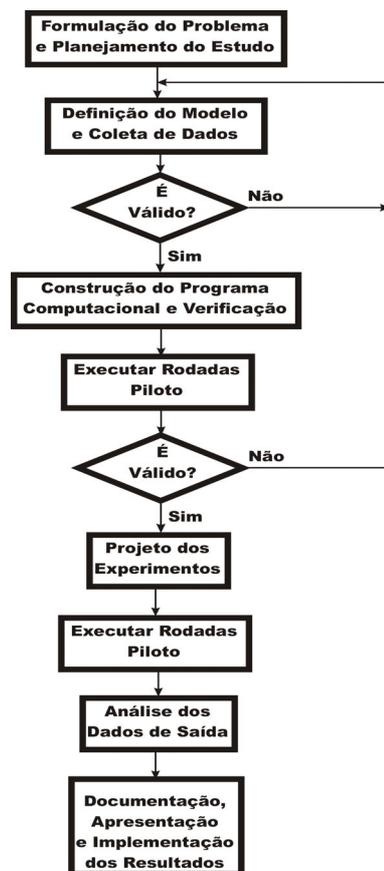
O quarto passo da metodologia de simulação consiste na construção e verificação do programa computacional, o qual, neste trabalho, foi implementado no pacote de simulação STELLA<sup>®</sup>. A estrutura do STELLA fornece ao usuário uma visão geral do sistema, além de facilitar a modelagem e economizar tempo de projeto.

Esse pacote é baseado na metodologia das Dinâmicas de Sistemas (SD), foi desenvolvido pela empresa *High Performance System Incorporation* (Estados Unidos) e direciona-se à construção de modelos de sistemas dinâmicos. Para tanto, faz uso de: uma hierarquia multinível com três diferentes camadas (camada superior, camada de construção do modelo e equações); blocos; objetos; ferramentas e funções (funções financeiras, funções discretas etc.).

A metodologia de Dinâmica de Sistemas refere-se ao campo de pesquisa que foi desenvolvido a partir dos trabalhos de Jay W. Forrester (1961). Ele fez uso dos conceitos do pensamento sistêmico para desenvolver esse conjunto de ferramentas e forma de abordagem. O pensamento sistêmico é um meio de pensar e descrever as forças e inter-relações que caracterizam o comportamento dos sistemas, e tem como principais características uma abordagem sistêmica de resolução de problemas. Essa abordagem, em suma, é uma contínua revisão do mundo, do sistema total e de seus componentes (CHURCHMAN, 1968).

BUFFA e DYER (1977) afirmam que, através da utilização desse tipo de modelo de simulação, os indivíduos podem adquirir uma melhor compreensão dos efeitos das variáveis interativas e dos aspectos dinâmicos do sistema; ganham compreensão de como o sistema funciona como um todo, ao invés de uma maneira dissociada.

Simulações SD são baseadas no princípio da causa e efeito, realimentação e atraso. A



**Figura 2** - Passos de um estudo de simulação

**Fonte:** Law & Kelton (2000)

idéia de causa e efeito profere que ações e decisões têm conseqüências e que quando examinadas isoladamente, as relações de causa e efeito são, de uma maneira geral, de fácil entendimento; entretanto, quando são combinadas em longas cadeias, podem tornar-se 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; esses laços podem envolver lapsos de tempo bastante longos (atrasos). Um conjunto interconectado de laços de realimentação é um sistema de realimentação.

Por que o construtor do modelo freqüentemente adquire conhecimento e experiência utilizando os conceitos de Dinâmica de Sistemas? Isso ocorre porque o desenvolvimento do modelo (e sua experimentação) cria um *micromundo* em laboratório, no qual hipóteses são testadas, avaliadas e revisadas, sem a necessidade de se utilizar o sistema real. Os construtores e usuários dos modelos sondam profundamente suas questões relevantes e desenvolvem habilidades no método científico e pensamento crítico (SENGE e STERMAN, 1994).

### **3. EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO INDIVIDUAL**

Como mencionado anteriormente, parte deste trabalho consiste de uma pesquisa laboratorial. O objetivo da pesquisa é extrair conhecimentos através da simulação de um sistema produtivo. Os experimentos seguiram os passos de um estudo de simulação sugeridos por LAW e KELTON (2000), discutidos anteriormente.

Um computador foi usado para modelar o sistema no pacote de simulação STELLA, gerar o comportamento no tempo das variáveis incluídas no modelo e manter o registro das medidas de desempenho.

#### **3.1 Formulação do problema e Planejamento do estudo**

O exemplo para as simulações refere-se a um sistema de fila de uma fábrica de componentes plásticos (EMSHOFF e SISSON, 1970). Esse exemplo foi escolhido porque problemas de filas em produção são inerentes ao escopo deste trabalho e muito comuns em todas as organizações.

A oficina simulada tem três estações de processamento. Na primeira, a matéria-prima plástica é moldada no formato apropriado, usando matrizes especiais na máquina de moldes. Na segunda, as partes plásticas são separadas, aparadas e armazenadas. Na última estação, as partes são unidas no produto final. Todos os trabalhos passam através de cada um dos três processos. Como o tempo de processo varia, a fábrica não pode ser programada perfeitamente, e linhas de espera ou filas de trabalhos a serem processados se formam em frente às várias estações de processamento.

Quando um trabalho chega, os materiais e matrizes necessários para sua confecção estão sempre disponíveis. O tempo médio de atendimento é de 4 horas para o molde, 3 horas para o corte e de 5 horas para a montagem. Assume-se que esses tempos são exponencialmente distribuídos.

Embora este modelo possa ser estendido com facilidade para incluir múltiplos produtos, múltiplos servidores, subsistemas etc., por simples questão de simplificação restringiu-se sua atuação à simulação de filas monocal multiestação (canal único com três estações de processamento) de um único produto.

O planejamento do estudo consiste na definição de alguns outros itens, apresentados abaixo.

### ***Objetivo do estudo de simulação***

Para atingir seu objetivo, o sistema foi estudado a partir da variação dos parâmetros de seu modelo, conforme descrito na “Tabela 1”.

**Tabela 1** - Parâmetros estudados no modelo

<b>Parâmetros</b>	<b>Variações</b>	
<b>Tempo de processamento das estações (horas)</b>		
Molde	4	2
Corte	3	1,5
Montagem	5	2,5
<b>Número de estações</b>	1	2

O número de estações descreve a quantidade de estações de processamento utilizadas no modelo, e o tempo médio de processamento refere-se ao valor da média escolhida para a distribuição de probabilidade adotada para o tempo de serviço (exponencial). Uma diminuição neste último valor simula a utilização de equipamentos mais rápidos e eficientes.

### ***Questões a serem respondidas***

As questões específicas a serem respondidas pelo estudo de simulação são: número de estações de processamento; comportamento de gargalos e tempo médio de processamento.

### ***Configurações do sistema a ser modelado***

As configurações básicas relacionadas ao sistema simulado são apresentadas abaixo:

- Entidades (clientes): trabalhos (serviços); há apenas uma classe de trabalhos;
- Produto final: componentes plásticos;
- Capacidade da fila: infinita;
- Número de servidores (processos): entre um ou dois para cada estação;
- Capacidade dos servidores: dois clientes por estação;
- Estratégias de admissão: todos os clientes são admitidos no sistema;
- Chegada dos clientes: de acordo com uma distribuição de Poisson.
- Prioridade ou Disciplina da fila: quem chega primeiro é atendido primeiro;
- Tamanho da população: população admitida para o modelo é infinita.
- Taxa de chegada e taxa de atendimento: aleatoriamente distribuídas conforme a distribuição de Poisson;
- Tempo entre chegadas e tempo de atendimento: caracterizados por distribuição exponencial negativa;

### ***Avaliadores de desempenho***

Os avaliadores são utilizados para medir a eficácia de diferentes configurações do sistema. São eles: tempo máximo de processamento de um trabalho, tempo médio de processamento, tamanho das filas e número de elementos atendidos.

### ***Recursos computacionais utilizados***

No caso dessa pesquisa, utilizou-se um computador com processador Pentium III de 650 MHz, 128 Megabytes de memória RAM, disco rígido com capacidade de armazenamento de 10 Gigabytes e sistema operacional Microsoft Windows ME.

Os recursos computacionais utilizados foram disponibilizados pelo Laboratório de Simulação e Jogos do Departamento de Engenharia de Produção (Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo).

### ***Estrutura de tempo para o estudo e recursos requeridos***

A duração escolhida para as execuções foi de 17528 horas (que correspondem a dois anos ininterruptos de trabalho) e o intervalo de tempo regular (dt) escolhido foi de 1 hora.

### **3.2 Coleta de dados e Definição do modelo**

Como o sistema de fila simulado é fictício, não há coleta de dados diretamente do sistema; os dados relativos ao sistema estudado referem-se à EMSHOFF e SISSON (1970).

Ao mesmo tempo em que ocorre a coleta de dados, o sistema sob investigação é abstraído através de um modelo conceitual. Nesta etapa, especificaram-se os componentes, variáveis, parâmetros e relações funcionais do modelo. Além disso, examinou-se a realidade para incluir dinâmicas de realimentação importantes.

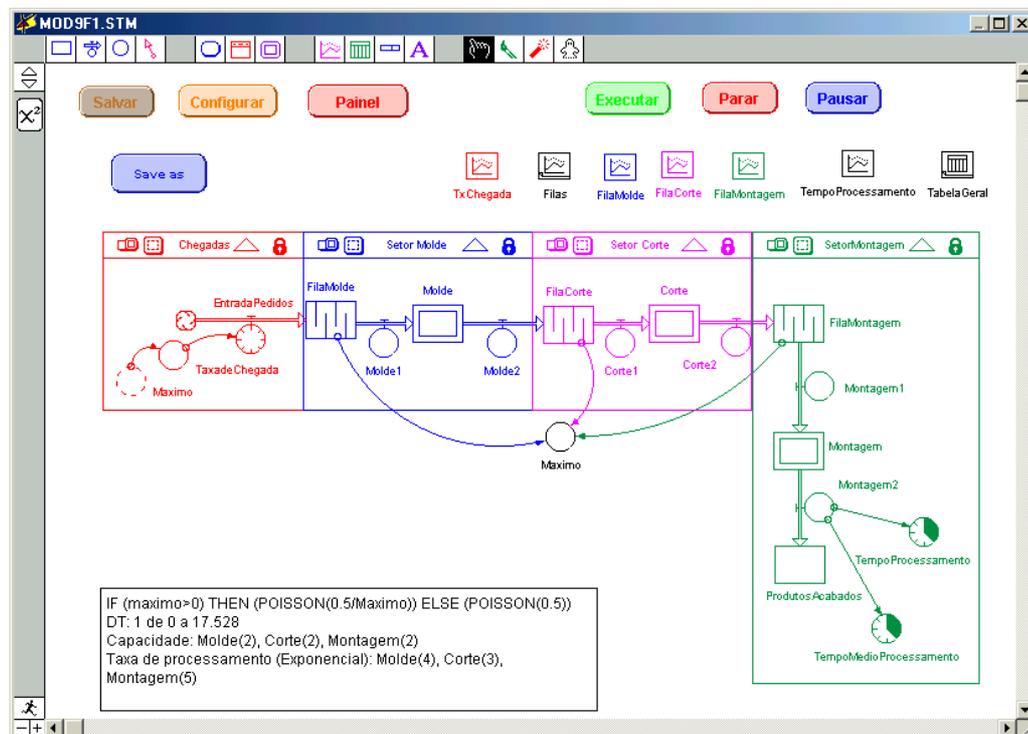
### **3.3 Validação do modelo conceitual**

A validação do modelo foi realizada através do exame estruturado do modelo conceitual e através de consulta a especialistas (pesquisadores do Laboratório de Dinâmica Industrial (LDI) do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos).

### **3.4 Construção do modelo de simulação e verificação**

#### ***Programação do modelo no pacote de simulação STELLA***

A modelagem do sistema iniciou-se com modelos simples que, progressivamente, foram se tornando complexos. Durante esta fase, foram desenvolvidos vários modelos intermediários, não descritos aqui devido a limitações de espaço. Por esse mesmo motivo o modelo final só é apresentado na camada de construção do modelo (“Figura 3”). Esse modelo final foi usado para todas as simulações, com as variações indicadas na seção 3.1.1.



**Figura 3 - Camada de construção do modelo final**

Na “Figura 3”, observa-se o modelo de simulação em si. Nele, há quatro setores simulados: chegadas, molde, corte e montagem. No setor “chegadas”, modelou-se a entrada dos trabalhos na fábrica. Com base na literatura e em modelos similares, determinou-se que a distribuição que melhor descrevia as chegadas era a de Poisson. Também foi implementado um laço de realimentação do sistema, a fim de modelar o fato de que uma empresa rejeita pedidos caso haja um excesso de produtos no sistema (principalmente nos estoques em processo). Assim, a taxa de chegadas é influenciada pelo tamanho das filas; quanto maior o tamanho das filas, menor a taxa de chegadas, pois menos clientes podem ser aceitos.

### ***Verificação do programa de simulação computacional***

Aqui, verificou-se se o programa era adequado para o modelo e se funcionava adequadamente. Entre os tipos de verificação, utilizou-se: representação no STELLA verificada por especialistas da área e examinada através de animação; exame das saídas do modelo etc.

### **3.5 Realização de execuções piloto**

Foram realizadas diversas experimentações no modelo verificado no item anterior, a fim de fornecer dados para a validação do modelo programado.

### **3.6 Validação do modelo programado**

A validação do modelo programado foi realizada através da coleta de informações e dados de alta qualidade no sistema e da manutenção de um documento de suposições e desempenho para validação da saída do modelo.

### **3.7 Coleta de informações e dados de alta qualidade no sistema**

Refere-se à coleta de toda informação existente sobre o sistema. Isso foi realizado por meio da comunicação com especialistas em simulação e no pacote de simulação, da análise da teoria existente e da intuição do modelador.

### **3.8 Validação da saída do modelo de simulação**

Como não há um sistema real para comparação, empregou-se a análise de especialistas para se determinar se os dados de saída eram coerentes com o sistema modelado. Mais uma vez uma entrevista foi realizada com os pesquisadores do LDI.

### **3.9 Projeto dos experimentos**

Nesta etapa, definiu-se o número de simulações realizadas a partir dos parâmetros a serem variados na simulação (ver seção 3.1.1). A combinação desses fatores resultou em sessenta e quatro simulações. Além disso, determinou-se como condição inicial um sistema sem cliente (vazio).

### **3.10 Execuções das simulações**

Tabelas e gráficos foram empregados para reunir os dados resultantes das simulações.

### 3.11 Análise de resultados

A “Tabela 2” traz os resultados obtidos para oito dos casos testados; o restante apresenta um padrão de comportamento similar, sendo por isso aqui omitido.

**Tabela 2 - Resultados dos testes**

Modelo	Tempo médio de processamento (horas)	Maior tempo de processamento (horas)	Tamanho máximo das filas			Elementos Atendidos
			Molde	Corte	Montagem	
1	24,59	67,00	9	8	10	4660,00
2	24,46	77,00	13	10	10	6614,00
3	23,47	77,00	8	4	12	4838,00
4	18,86	68,00	7	6	8	6042,00
5	24,91	90,00	6	8	12	4850,00
6	18,66	62,50	6	10	8	6672,00
7	24,01	92,00	6	6	12	5092,00
8	16,75	54,50	6	6	8	7284,00
...	...	...	...	...	...	...

Os testes aqui realizados objetivaram verificar como se adquire conhecimento através da realização de simulações a respeito do sistema que se deseja estudar. Foi realizado um total de sessenta e quatro simulações, cada uma das quais apresentando uma configuração distinta para os parâmetros. As principais conclusões com relação aos conhecimentos adquiridos sobre o sistema foram:

- O critério para aceitação de novas encomendas, baseado no tamanho das filas, faz com que o número de elementos esperando em qualquer fila nunca atinja valores muito elevados. Isto indica que o critério utilizado é eficiente no propósito de manter as filas sob controle.
- Com relação ao número de elementos atendidos pelo sistema; o tamanho das filas não é fator preponderante, pois, seu tamanho é mantido sob controle em qualquer situação.
- Para se aumentar a capacidade de atendimento do sistema, duas estratégias podem ser utilizadas, as quais apresentam resultados equivalentes: aumento do número de estações de atendimento ou diminuição do tempo de processamento de cada estação.
- As diferenças nos tempos de processamento são as principais fontes de restrições do sistema. Pôde-se observar que o aumento da capacidade de atendimento surtiu mais efeito quando este foi aplicado aos pontos de gargalo. Contudo, quando se adiciona uma estação apenas a esta etapa, transfere-se o gargalo para outro ponto do sistema.
- A ampliação da capacidade de uma estação não restritiva: não trouxe aumento da capacidade do sistema; ocasionou aumento da ociosidade do sistema e do tempo de processamento dos trabalhos; os gargalos ficaram ainda mais sobrecarregados; e, por causa do sistema de realimentação, houve uma forte flutuação na taxa de pedidos aceitos, acarretando queda na produtividade e, portanto, prejuízos para a empresa.
- As ações para aumento da capacidade do sistema devem ser sempre aplicadas aos pontos de restrição, e esse procedimento deve ser repetido até que se atinja capacidade e tempo de processamento desejados, ou até os limites de recursos financeiros e físicos.
- O tempo médio de processamento será tanto menor quanto melhor for o equilíbrio entre as diferentes etapas do processo. A melhor maneira de se atingir esse equilíbrio é

manipular o número e a eficiência das estações até que se atinja o desempenho desejado.

- No caso do sistema estudado, a melhor situação verificou-se quando todas as etapas receberam uma estação adicional.

É importante observar que cada pessoa, ao estudar o sistema e utilizar seu conhecimento e visão pessoal, pode retirar das simulações conhecimentos diferentes. Por essa razão é aconselhável que mais de uma pessoa realize os estudos de simulação.

As conclusões e observações aqui levantadas respondem por apenas uma pequena parte da análise que se poderia fazer a respeito do sistema; considerando-se que o caso aqui abordado é muito simples. Ainda assim, pode-se concluir que a simulação oferece uma diversidade de meios e ferramentas para análise de sistemas reais.

### **3.12 Documentação e implementação**

Neste estudo, a documentação do desenvolvimento dos passos da simulação foi feita em relatórios parciais e em um relatório final. Além disso, os modelos, em si, são registros do desenvolvimento das simulações.

A sugestão dos autores quanto à utilização da simulação para aquisição de conhecimento individual, refere-se à sua correta utilização. Isto é, seu estudo deve seguir os passos sugeridos e ser encarado com seriedade e disciplina. Além disso, os resultados das simulações devem ser cuidadosamente analisados para se aproveitar eficientemente seu potencial. Ainda, usuários do modelo de simulação devem possuir conhecimentos anteriores de modelagem e de estatística para conseguir resultados eficientes da simulação.

Outra sugestão refere-se à realização do estudo em equipe para maior aproveitamento do conhecimento e experiências individuais e para se evitar erros de interpretação e de tratamento estatístico de dados.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os profissionais têm que tomar decisões rápidas e eficazes em uma nova ordem mundial gerada pela revolução da informação. Nessa nova sociedade, o principal recurso estratégico é o conhecimento. Assim, para assegurar competitividade em longo prazo, as organizações devem ter profissionais capazes de adquirir e gerenciar conhecimento para obter vantagens reais. É aqui que entra a simulação como ferramenta de aquisição de conhecimento individual.

A simulação computacional mostrou-se capaz de criar novos conceitos sobre as relações entre os elementos do sistema estudado e apresentou-se adequada para a análise de diferentes cenários e políticas operacionais. Através de seu estudo e implementação, a simulação auxilia eficientemente na aquisição de conhecimento individual sobre o sistema simulado.

Do mesmo modo, a simulação da fábrica de plásticos mostrou como um problema não estruturado transforma-se em uma fonte poderosa de conhecimento, por meio de um modelo de simulação na forma de um programa de computador. As idéias para melhoria do sistema foram traduzidas em mudanças específicas na política e estrutura das estações de processamento (variações no número de estações e variações no tempo de processamento). Essas mudanças, e seus efeitos, foram uma importante fonte de conhecimento sobre o sistema.

Deve-se ressaltar que, para ser uma ferramenta útil, a simulação deve ser utilizada corretamente: os passos do estudo devem ser seguidos sistematicamente, os dados devem ser analisados com cuidado e a implementação feita corretamente. Caso contrário, erros advindos de uma simulação incorreta causarão danos e prejuízos ao sistema real. Assim sendo, conclui-

se que a simulação computacional é uma ferramenta muito útil para aquisição de conhecimentos sobre o sistema estudado. Isso porque proporciona a superação de algumas das dificuldades com as quais os tomadores de decisão se confrontam nas organizações, dificuldades estas que vêm crescendo em quantidade e complexidade de maneira cada vez mais severa num ambiente altamente mutável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANKS, J.; CARSON II, J.S.; NELSON, B.L. **Discrete-event system simulation**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

BUFFA, E.S.; DYER J.S. **Management science/operations research model formulation and solution methods**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

CHURCHMAN, C.W. **The systems approach**. New York: Dell Publ., 1968.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DRUCKER, P. F. **Sociedade pós-capitalista**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1994.

EHRlich, P. J. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

EMSHOFF James R.; SISSON, Roger L. **Design and use of computer simulation models**. New York: MacMillan, 1970.

FLEURY, A.C.; FLEURY, M.T.L. **Aprendizagem e Inovação Organizacional: as experiências de Japão, Coréia e Brasil**. São Paulo: Atlas, 1995.

FORRESTER, J.W. **Industrial Dynamics**. Portland: Productivity Press, 1961.

GEUS, A. **The living company**. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

HIGH PERFORMANCE SYSTEM. **STELLA research**. Hanover: High Performance System, 1997.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa: como empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SENGE, P. M.; STERMAN, J. D. Systems thinking and organizational learning: acting locally and thinking globally in the organization of the future. In: MORECROFT, J. D. W; STERMAN, J. D. (ed.). **Modeling for learning organizations**. Portland: Productivity Press, 1994.

SHANNON, R.E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1975.



## COMPUTER SIMULATION: A TOOL TO ACQUIRE INDIVIDUAL KNOWLEDGE

**Abstract:** *The western history suffers, periodically, great transformations. Today, a new change, known as Revolution of the Information, impels us to a new society. In that new age, the information and the knowledge assume great importance in the individuals and companies preparation to the understanding and the adaptation to the reality. The computer simulation is one of the tools that can be used for the acquisition, organization and construction of the knowledge and of the system visualization. That resource favours the education and the people's training and, consequently, its adaptation to the fast changes of our society. In that context, the present work intends to identify and analyse the potential aspects of the computer simulation in the acquisition of individual knowledge on a certain production system. For that, it is based on some conclusions of literature and on experimentations accomplished by means of a simulation package.*

**Keywords:** *Acquisition of individual knowledge, Simulation, Systems Dynamics*