



UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR *EMSO* NO ENSINO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

Bianca Capucho¹, Domenico Andreatta¹, Mariana Kuster Moro¹, Rayane Bimbato¹, George Simonelli²

1. Discentes do curso de Engenharia Química da Faculdade de Aracruz (biacapucho@hotmail.com; domenicoandreatta@hotmail.com; marikuster@hotmail.com; rayane_bimbato@hotmail.com), Aracruz – Brasil.
2. Professor do Curso de Engenharia Química da Faculdade de Aracruz (george@fsjb.edu.br), Aracruz – Brasil.

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

A utilização de programas de simulação em sala de aula é fundamental para dinamizar o ensino. Este trabalho teve por objetivo apresentar o uso da simulação computacional na modelagem e simulação de processos envolvendo balanço de massa e de energia. Para atingir o objetivo proposto é implementado diretamente no simulador *EMSO* problemas do livro "Princípios Elementares de Processos Químicos" de FELDER e ROUSSEAU (2000). Os resultados da simulação são obtidos na forma de gráficos, sendo estes gerados pelo próprio simulador. Utilizando este recurso os alunos aprendem de forma dinâmica, e são apresentados a uma ferramenta que proporciona rapidez na análise de processos.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de massa. Balanço de energia. Engenharia Química.

USE OF *EMSO* SIMULATOR IN TEACHING MODELLING AND SIMULATION OF PROCESSES

ABSTRACT

The use of simulation programs in the classroom are essential to boost education. This work presents the use of computer simulation modeling and simulation of processes involving mass and energy. To achieve this purpose is implemented directly in the simulator *EMSO* problems of the book "Elementary Principles of Chemical Processes" by Felder and Rousseau (2000). The simulation results are obtained in the form of graphs, which are generated by the simulator. Using this feature students learn in a dynamic way, and are introduced to a tool that provides quick analysis of processes.

KEYWORDS: Mass balance. Energy balance. Chemical Engineering.

1. INTRODUÇÃO

A modelagem é um método científico de pesquisa que consiste em transformar problemas atuais em modelos matemáticos. Com isso busca encontrar as soluções para cada situação com uma linguagem apropriada (BASSANEZI, 2009). Ou ainda, para WOODS & LAWRENCE (1997), é um processo que utiliza equações

construídas para representar um sistema a partir da seleção dos principais efeitos físicos que o influenciam. Essa representação é feita por meio de modelos.

Os modelos são uma imitação simplificada e abstrata da realidade ou de parte dela. Têm o propósito de obter maior controle e entendimento do sistema em estudo (ROSSONI, 2006). De acordo com ROSSONI (2006) é impossível desenvolver um modelo que represente de forma completa um fenômeno real, ainda que haja grandes recursos para tal atividade.

O objetivo do modelo é descrever o sistema de forma a permitir prever o comportamento deste quando suas variáveis de entrada sofrem alterações (WOODS; LAWRENCE, 1997). Além disso, indica a resposta do sistema antes mesmo deste ser construído. Sua representação matemática pode incluir algumas aproximações, pois muitas variáveis que influenciam o sistema precisam ser omitidas para amenizar a complexidade do modelo e permitir que o modelador possa manipulá-lo (TORGA, 2007). Apesar das aproximações o modelo deve ser representativo o suficiente para produzir respostas confiáveis. (FERREIRA, 2006).

A grande vantagem da modelagem é analisar o desempenho do sistema com o intuito de aperfeiçoar o seu comportamento (WOODS; LAWRENCE, 1997). Para isso utiliza-se o recurso computacional da simulação que permite estudar as respostas do sistema possibilitando seu estudo sem que seja necessário construí-lo na realidade ou alterá-lo (FERREIRA, 2006).

A simulação ainda permite a realização de teste de hipóteses, submetendo modelos sob diferentes condições à observação de como se comportam, propiciando verificar o modelo ideal, economizando recursos financeiros e tempo. Além disso, possibilita averiguar as variáveis que mais influenciam no desempenho do sistema (TORGA, 2007).

A modelagem e simulação de uma situação são realizadas a partir de um conjunto de etapas (PEREIRA, 2000, BASSANEZI, 2009). Inicialmente é feita a definição e o entendimento do problema, e em seguida, o modelo real é descrito em um modelo matemático. A partir daí é feita uma coleta de dados para que o modelo seja executado em um software adequado para verificar se este reflete a realidade. Segundo WOODS & LAWRENCE (1997), caso os resultados avaliados não estejam próximos o suficiente da realidade o modelo deve ser ajustado ou então modificado e testado novamente até que se obtenham resultados satisfatórios.

Na engenharia, a modelagem e simulação são fundamentais quando se deseja fazer previsões sobre o comportamento de um processo, em diferentes condições de operação. Nos modelos matemáticos obtidos para descrever quantitativamente os processos, os parâmetros podem ser variados facilmente em grandes intervalos, ao contrário da investigação experimental, que pode ser cara, longa, e até mesmo impossível (BOYCE & PRIMA, 1994).

Quando se objetiva estudar o comportamento das variáveis de um processo com o tempo, a simulação computacional torna-se uma ferramenta facilitadora e eficaz. Os sistemas dinâmicos são caracterizados por um comportamento irregular ao longo do tempo, sendo assim, as propriedades do sistema não são as mesmas para diferentes instantes. Nos sistemas dinâmicos o estado presente influencia diretamente o estado futuro. Logo, este pode ser modificado através de qualquer perturbação nas variáveis de entrada. A resposta do sistema a uma perturbação da entrada não é proporcional à mesma, e ainda pode se perdurar por um tempo (WOODS & LAWRENCE, 1997).

A simulação vem sendo utilizada cada vez mais em vários campos de estudo. É um facilitador frente à grande complexidade dos problemas atuais, além disso, não requer muito esforço, experiência ou tempo (DÁVALOS, 2001).

1.1 Simulação computacional em sala de aula

A simulação computacional pode ser utilizada, inclusive, na sala de aula como forma de complementar o ensino teórico e visando despertar a motivação e o interesse dos alunos (DÁVALOS, 2001).

DÁVALOS (2001) avaliou as melhorias alcançadas decorrente do uso da simulação computacional pelos alunos da Universidade do Sul de Santa Catarina. Observou um grande interesse por parte dos alunos durante todo o processo de estudo. O sucesso do programa se deu em função da interface gráfica, recursos de animação e a facilidade de modelagem, advindos do software utilizado.

De acordo com ARAÚJO (2005), na modelagem computacional, aplicada ao ensino, o aluno pode desenvolver desde a estrutura matemática até a análise dos resultados, de forma a interagir com o modelo e até que se obtenha resultados desejáveis.

ARAÚJO (2005) analisou o processo de ensino e aprendizagem de Física utilizando a simulação como ferramenta computacional. Constatou uma grande melhoria dos alunos que trabalharam com o uso da simulação quando comparado com os alunos que utilizaram o método tradicional de ensino para uma mesma atividade.

2. OBJETIVO

Apresentar o uso do *EMSO* como suporte ao ensino de Modelagem e Simulação de Processos, através da simulação de exercícios de FELDER & ROUSSEAU (2000), envolvendo balanço de massa e de energia.

3. METODOLOGIA

O *EMSO* (*Environment for Modeling, Simulation and Optimization*) foi utilizado no curso de Engenharia Química da Faculdade de Aracruz, com 33 alunos da disciplina de Modelagem e Simulação de Processos, no período de 05 a 16 de Março de 2012.

O *software* é resultado do consórcio entre universidades e empresas petroquímicas nacionais, e pode ser baixado gratuitamente de [DOWNLOAD EMSO \(2012\)](#), podendo ser utilizado em diferentes sistemas operacionais de computadores.

O *EMSO* foi desenvolvido a partir do trabalho de SOARES (2003) que objetivou apresentar um novo simulador para processos estacionários e transientes. O uso do simulador não possui custos para fins didáticos de instituições de ensino, podendo então ser utilizado livremente para os fins deste trabalho.

4. RESULTADOS

São empregados a seguir exercícios de FELDER & ROUSSEAU (2000), envolvendo balanço de massa e de energia, e sua respectiva simulação apresentada aos estudantes, com o intuito de demonstrar o uso do *EMSO* como ferramenta prática na simulação de processos.

4.1 Problema envolvendo balanço de massa

Um tanque de $12,5 \text{ m}^3$ está sendo preenchido com água a uma taxa de $0,050 \text{ m}^3/\text{s}$. No momento em que o tanque continha $1,20 \text{ m}^3$ de água, um vazamento no fundo piora progressivamente com o tempo. A taxa de vazamento pode ser

aproximada como $0,0025t$ (m^3/s), onde t é o tempo desde o momento em que o vazamento é iniciado. (FELDER & ROUSSEAU, 2000).

Deseja-se observar graficamente como a quantidade de água no reservatório muda com o tempo.

Com a interpretação do problema, e a aplicação do princípio da conservação de matéria pode-se realizar um balanço para a água (Entrada de água – Saída de água = Acúmulo de água no reservatório).

A equação diferencial que descreve a taxa de variação do volume de água, e sua respectiva condição inicial é apresentada a seguir:

$$\frac{dV(t)}{dt} = 0,050 - 0,0025t$$

Em $t = 0$, $V = 1,2 m^3$

Em muitos casos, as equações diferenciais obtidas na modelagem dos processos podem ser resolvidas manualmente. No entanto, sabe-se que a resolução computacional (usando softwares específicos) pode poupar tempo, fornecendo os resultados com rapidez, e evitando a realização exaustiva de cálculos manualmente.

Para solução dos problemas apresentados na metodologia através do *EMSO*, basta que seja conhecida a equação diferencial que descreve o comportamento do processo (modelo matemático), e que a mesma seja implementada no programa.

Para implementação do modelo matemático é necessário que sejam declarados seus parâmetros e variáveis, bem como a equação diferencial. A condição inicial e o limite de integração do tempo são também fundamentais na declaração de novas equações.

A implementação da equação diferencial no *EMSO*, é mostrada na sequência.

```
1 FlowSheet tanque_agua
2
3 PARAMETERS
4 A as Real (Brief="Constante 1", Unit = 'm^3/s', Default=0.050);
5 B as Real (Brief="Constante 2", Unit = 'm^3/s^2', Default=0.0025);
6 .....
7 VARIABLES
8 y as Real (Brief="Volume de água", Unit='m^3');
9 .....
10 EQUATIONS
11 "Balanço de massa"
12 (diff(y)) = (A) - ((B) * (time)) ;
13 .....
14 INITIAL
15 y = 1.2 * 'm^3';
16 .....
17 OPTIONS
18 TimeStart = 0;
19 TimeStep = 0.5;
20 TimeEnd = 80;
21 TimeUnit = 's';
22 .....
23 end
```

FIGURA 1 – Implementação da equação diferencial do problema 1 no *EMSO*.

Fonte: Resultado da pesquisa.

A mudança do volume de água no reservatório com o tempo está graficamente apresentada na Figura 2.

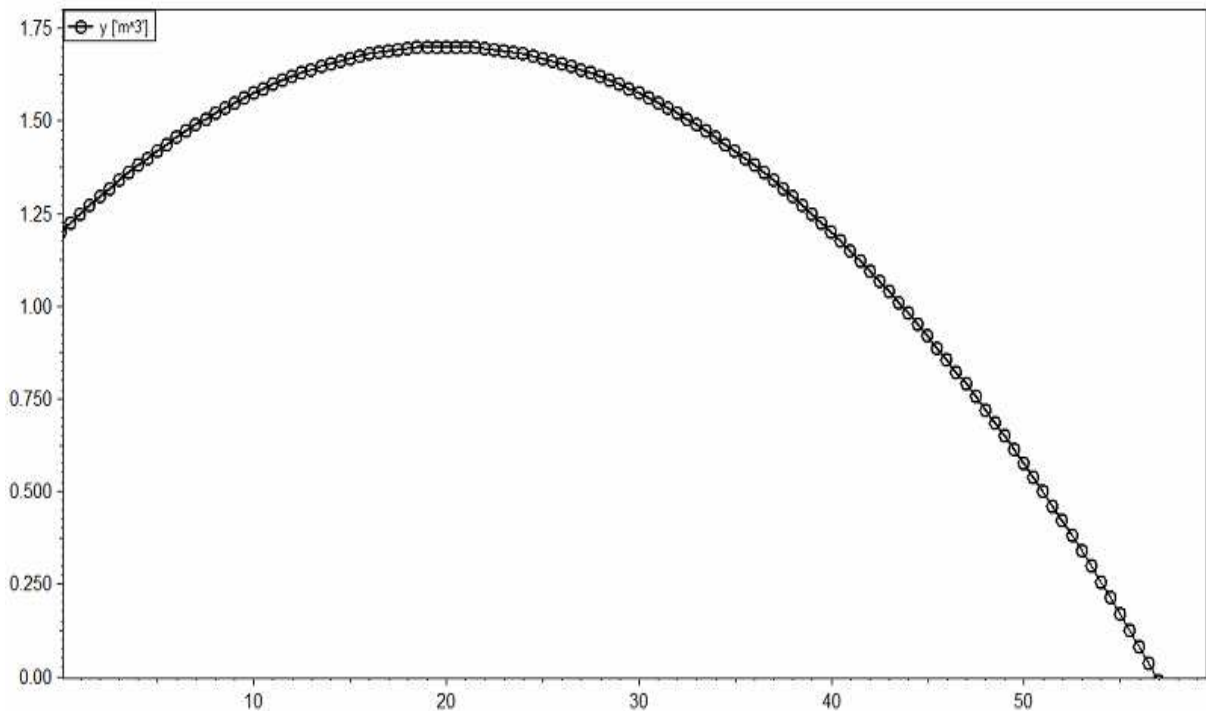


FIGURA 2 – Volume de água (m^3) em função do tempo (segundos).

Fonte: Resultado da pesquisa.

Analisando a Figura 2, pode-se afirmar que inicialmente o volume de água no tanque aumenta até $1,7m^3$. Com o passar do tempo o vazamento no reservatório progride, e o tanque fica completamente vazio no tempo maior e/ou igual 57 segundos.

4.2 Problema envolvendo balanço de energia

Um motor de ar refrigerado gera calor (Q_g) a uma taxa constante de 8530 Btu/min.

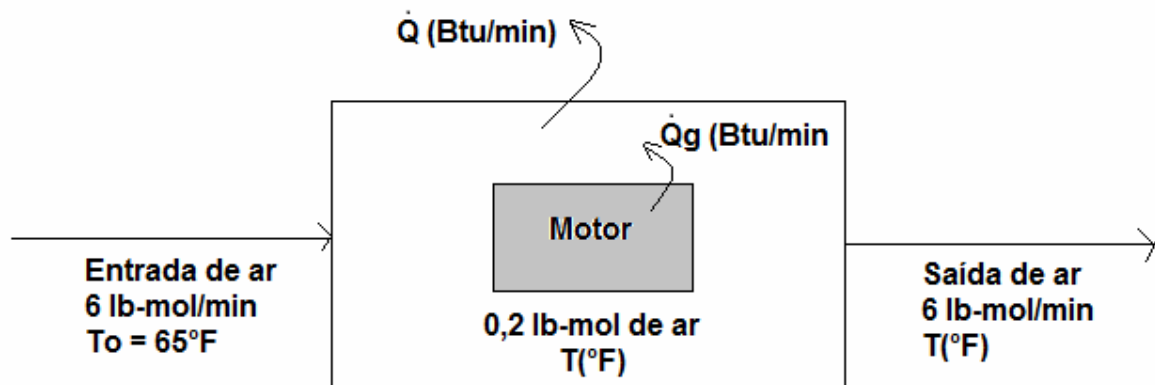


FIGURA 3 – Representação física do problema.

Fonte: Adaptado de FELDER e ROUSSEAU (2000).

Na caixa do motor o ar circula com rapidez suficiente para que a sua temperatura seja considerada uniforme e igual à temperatura de saída do ar. O ar passa através do invólucro do motor, a uma taxa de $6,0 \text{ lb-mol/min}$, entrando à temperatura de 65°F . Uma quantidade de $0,2 \text{ lb-mol}$ de ar está contido dentro do invólucro do motor (Negligencie a variação desta quantidade, com a mudança de

temperatura do gás) (FELDER & ROUSSEAU, 2000). O calor é perdido a partir do ar refrigerado para os seus arredores, a uma taxa de:

$$Q \text{ (Btu/min)} = [33,0 \text{ Btu}/(^{\circ}\text{F}\cdot\text{min})] (T - 65^{\circ}\text{F})$$

Suponha que o motor inicie sua operação com a temperatura do ar igual a 65°F no seu interior (FELDER & ROUSSEAU, 2000).

Deseja-se observar graficamente como a temperatura de saída do ar do motor muda com o tempo.

Com a interpretação do problema, e a aplicação do princípio da conservação da energia pode-se realizar um balanço térmico para o ar.

A equação diferencial que descreve a taxa de variação do volume de água, e sua respectiva condição inicial é apresentada a seguir:

$$\frac{dT}{dt} = -74,9 T + 13400^{\circ}\text{C}/\text{min}$$

Em $t = 0$, $T = 65^{\circ}\text{F}$

A implementação da equação diferencial no *EMSO*, é mostrada na sequência.

```

1 FlowSheet energia_motor
2
3 PARAMETERS
4   A as Real (Brief="Constante 1", Unit = '1/min', Default=-74.9);
5   B as Real (Brief="Constante 2", Unit = 'F/min', Default=13400);
6
7   VARIABLES
8   y as Real (Brief="Temperatura", Unit='F');
9
10  EQUATIONS
11  "Balanço de energia"
12  (diff(y)) = (A * y) + (B) ;
13
14  INITIAL
15  y = 65 * 'F';
16
17  OPTIONS
18  TimeStart = 0;
19  TimeStep = 0.01;
20  TimeEnd = 6;
21  TimeUnit = 'min';
22
23 end

```

FIGURA 4 – Implementação da equação diferencial do problema 2 no *EMSO*.

Fonte: Resultado da pesquisa.

A mudança na temperatura do ar que sai do motor com o tempo está graficamente apresentada na Figura 5.

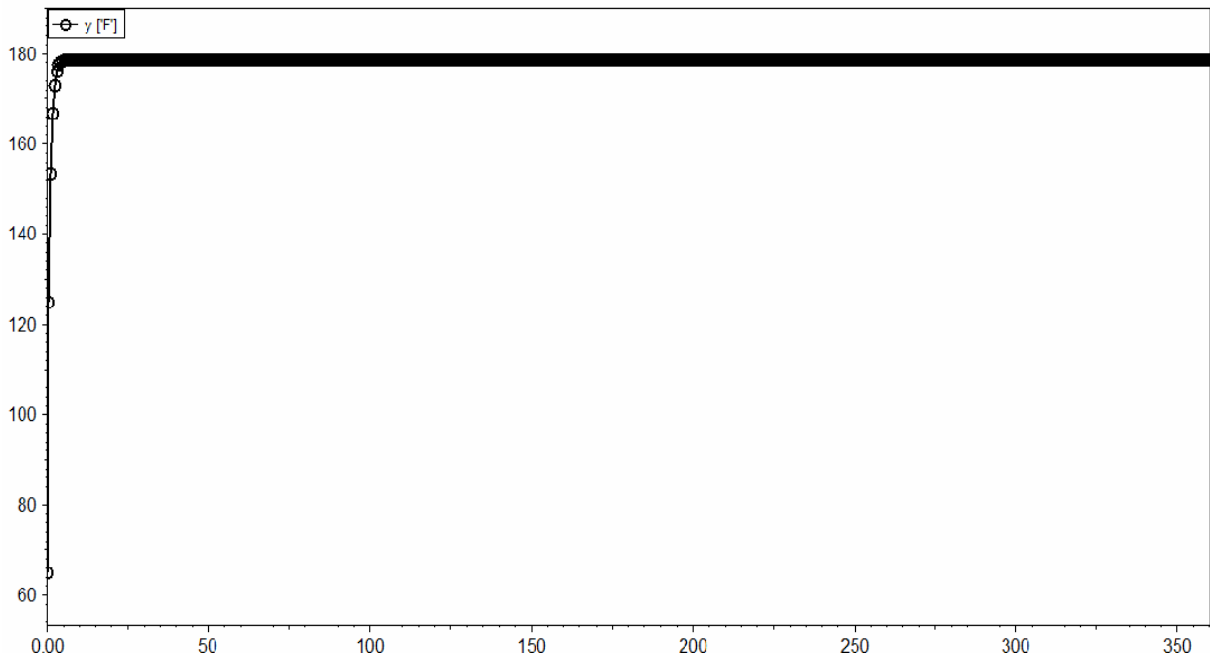


FIGURA 5 – Temperatura (°F) do ar que sai do motor com o tempo (minutos).
 Fonte: Resultado da pesquisa.

Através da Figura 5 observa-se que a temperatura inicial do ar (65°F) aumenta até que seja atingido assintoticamente o valor de 179°F (temperatura atingida no estado estacionário). Isto acontece em cerca de 3,8 minutos de funcionamento do sistema em estudo.

5. CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho foi possível demonstrar a utilização do EMSO na simulação de problemas envolvendo balanço de massa e de energia transientes. O simulador, com sua linguagem de modelagem, possibilita a implementação de equações diferenciais de forma organizada, facilitando sua visualização e possíveis modificações. Acredita-se que utilizando este recurso, o aluno ganha em entendimento e rapidez no processo de aprendizagem.

Além disso, a possibilidade de alteração do valor das variáveis do problema favorece ao aluno testar diferentes condições de operação, facilitando a análise dos sistemas em estudo de forma simples e rápida.

Para trabalhos futuros pretende-se fazer uma investigação que possibilite observar o grau de satisfação dos alunos ao estudarem modelagem e simulação de processos utilizando o simulador *EMSO*. A pesquisa será desenvolvida no curso de Engenharia Química da Faculdade de Aracruz, e os resultados serão analisados visando sugerir possíveis intervenções no processo de ensino-aprendizagem da disciplina.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em Física, Instituto de Física, Porto Alegre, 2005.

BASSANEZI, R. C. **Modelagem Matemática**. 3 ed. São Paulo: Contexto, 2009.

BOYCE, W. E.; PRIMA, R. C Di. **Equações Diferenciais Elementares e Problemas**

de Valores de Contorno. 5. ed. Guanabara: Koogan, 1994.

DÁVALOS, R. V. **O ensino de simulação de sistemas nos cursos de engenharia e informática.** In: XIV Encontro nacional de professores em pesquisa operacional e XII Escola de melhoria em pesquisa operacional, Córdoba, 2001.

DOWNLOAD **EMSO.** Disponível em:
<<http://www.enq.ufrgs.br/trac/alsoc/wiki/Download>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, R. W. **Elementary principles of chemical processes.** 3. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

FERREIRA, F. M. **Modelagem de sistemas mecânicos utilizando procedimentos modulares.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA, I. C. **Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2000.

SOARES, R. P. **Desenvolvimento de um Simulador Genérico de Processos Dinâmicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TORGA, L. M. **Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

WOODS, R. L.; LAWRENCE, K. L. **Modeling and simulation of dynamic systems.** 1.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

ROSSONI, L. **Modelagem e simulação soft em estratégia.** Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, v. 6, n. 2, 2006.