



## **APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR INDUSTRIAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO EM UMA REFINARIA DE ÓLEO DE SOJA**

*José Maximiano Candido Neto<sup>1</sup>, Wagner Andre dos Santos Conceição<sup>2</sup>, Paulo Roberto Paraíso<sup>3</sup>, Luiz Mario de Matos Jorge<sup>4</sup>*

**RESUMO:** A produção de óleo de soja constitui um dos mais importantes setores do complexo agroindustrial, pela ampla utilização dos seus produtos nas indústrias siderúrgicas, de cosméticos e como matéria-prima no processamento de alimentos para consumo humano. Os produtos gerados atendem o mercado interno e externo, e para serem competitivos, necessitam sempre buscar a redução de custos. Uma estratégia visando à redução de custos, bem como a proteção do meio ambiente e do consumidor, nas industriais já instaladas, é procurar sempre estabelecer as melhores condições de operação do processo. Esse procedimento vem sendo realizado com muito sucesso através do uso da tecnologia computacional de modelagem e simulação. A destilação da micela é uma etapa do processamento de óleo de soja que visa à separação do solvente do óleo com o aquecimento da mistura, sendo uma das etapas de maior consumo de energia deste processo. Neste contexto, a modelagem e simulação de processos utilizando simuladores como o HYSYS, se torna muito atrativa devido à possibilidade de estudos de redução de custos. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a modelagem e simulação utilizando o HYSYS estão bastante coerentes com as condições reais do processo e também com um modelo proposto na literatura baseado em balanços de massa e energia e em relações de equilíbrio desenvolvidos para os mesmos dados operacionais utilizados. Logo o modelo obtido no HYSYS pode ser utilizado como ferramenta de gestão, simulações e otimizações da operação de concentração da micela nos evaporadores da indústria de processamento da soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** Separação, soja, hexano.

### **1 INTRODUÇÃO**

A produção de óleo de soja constitui um dos mais importantes setores do complexo agroindustrial, pela ampla utilização dos seus produtos nas indústrias siderúrgicas, de cosméticos e como matéria-prima no processamento de alimentos para consumo humano (Boss, 2000).

De acordo com FERNANDES-JUNIOR (2009), especificamente na indústria de processamento de óleos vegetais, nos últimos cinco anos houve um aumento da

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação do Curso de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. [zemax@hotmail.com](mailto:zemax@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Guarapuava – Paraná. [wasconceicao@hotmail.com](mailto:wasconceicao@hotmail.com).

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. [paulo@deq.uem.br](mailto:paulo@deq.uem.br).

<sup>4</sup> Orientador, Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. [lmj@uem.br](mailto:lmj@uem.br).

capacidade instalada de processamento de 35% no Brasil; e no estado do Paraná, este crescimento foi de 21,4%. O autor ressalta que esse aumento só poderá ter continuidade com a otimização dos custos industriais.

O processo de produção de óleo de soja é complexo e envolve desde a recepção e tratamento da matéria-prima até a extração do óleo via solvente (hexano) formando uma solução denominada micela a qual é separada nos dois constituintes principais (óleo vegetal e hexano) mediante processos de evaporação e destilação "flash" que demandam um alto consumo energético (Paraíso, 2001).

Ao longo das últimas décadas ferramentas de gestão se tornaram comuns na vida das empresas. Elas ajudam os executivos a atingirem seus objetivos, sejam eles aumentar receitas, reduzir custos, inovar, melhorar a qualidade ou se planejar para o futuro. Mas como identificar as ferramentas mais apropriadas para os desafios de sua organização? O segredo não está em descobrir uma ferramenta mágica, mas sim entender as diferentes ferramentas e saber quando e como utilizá-las (Rigby, 2011).

Atualmente, os simuladores de processos são uma realidade nos diferentes ramos industriais, bem como nas diferentes instituições de pesquisa. A simulação assistida por computador é uma das mais importantes ferramentas tecnológicas de processos. Na indústria química, esta pode ser aplicada tanto na fase de projeto como na fase operacional do processo. A demanda crescente pela simulação computacional na indústria química levou, nas últimas décadas, ao desenvolvimento e aplicação de inúmeros softwares comerciais, entre eles o HYSYS.

De acordo com JORGE *et al.* (2010) o HYSYS é um programa que foi desenvolvido para atuar principalmente na área da petroquímica e de produção de gás, sendo um dos simuladores industriais com maior aceitação neste setor. Entretanto o seu uso não é restrito somente a essas áreas industriais. Com algumas adaptações é possível expandir sua utilização para demais áreas da engenharia química. O reflexo dessas adaptações são os inúmeros trabalhos científicos que fizeram uso deste simulador. Entre eles pode-se citar a grande vertente de trabalhos na área de biodiesel, produção de etanol e óleos vegetais.

Neste contexto, a modelagem e simulação de processos utilizando simuladores como o HYSYS, que se destaca pela qualidade do seu banco de dados e relativa facilidade na utilização, pode contribuir como uma ferramenta de gestão de forma decisiva, auxiliando na determinação das melhores condições de processamento e de projeto, visando a redução de custos e a proteção do meio ambiente e do consumidor nas indústrias já instaladas. Tais condições podem propiciar em um processo de obtenção de óleo de soja a viabilização de um estudo rápido e seguro de redução de consumo de energia e um nível mais elevado de recuperação de hexano.

O objetivo geral desse trabalho foi desenvolver a modelagem em estado estacionário, simulação e análise da operação de evaporação da micela de soja, no equipamento evaporador, utilizando o software HYSYS como ferramenta de gestão para análise do processo em estudo. O objetivo específico foi fazer a validação do modelo desenvolvido através de dados reais de processo e comparação com os dados obtidos por PARAÍSO (2001).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho foi através dos módulos disponíveis no HYSYS, fazer a emulação de um evaporador, uma vez que este equipamento não está disponível diretamente no software. Os módulos utilizados para emulação do evaporador foi à associação de um trocador de calor tipo tubular e um vaso separador flash. Essa idéia descrita por FOUST *et al.* (1982) diz que um evaporador em sua forma básica é constituída por um trocador de calor, capaz de elevar a temperatura da solução até o

ponto de ebulição, e um dispositivo para separar a fase vapor do líquido em ebulição. Esse conceito foi utilizado por BOSS (2000) para concentração da micela e por JORGE *et al.* (2010) para concentração de caldo de cana de açúcar, no software HYSYS.

Dessa maneira desenvolveu-se o modelo do sistema de evaporação da COAMO (Cooperativa Agroindustrial Mouraoense) no HYSYS representando cada um dos dois evaporadores da indústria pela associação de um trocador de calor multitubular (heat exchanger) a um vaso flash (separador). O trocador de calor representa a calandra do evaporador e para fins de simulação admitiu-se um passo no casco e um passo nos tubos, orientação vertical, espaçamento máximo entre os espelhos e classificação A-E-L conforme as normas apresentadas por TEMA (1988).

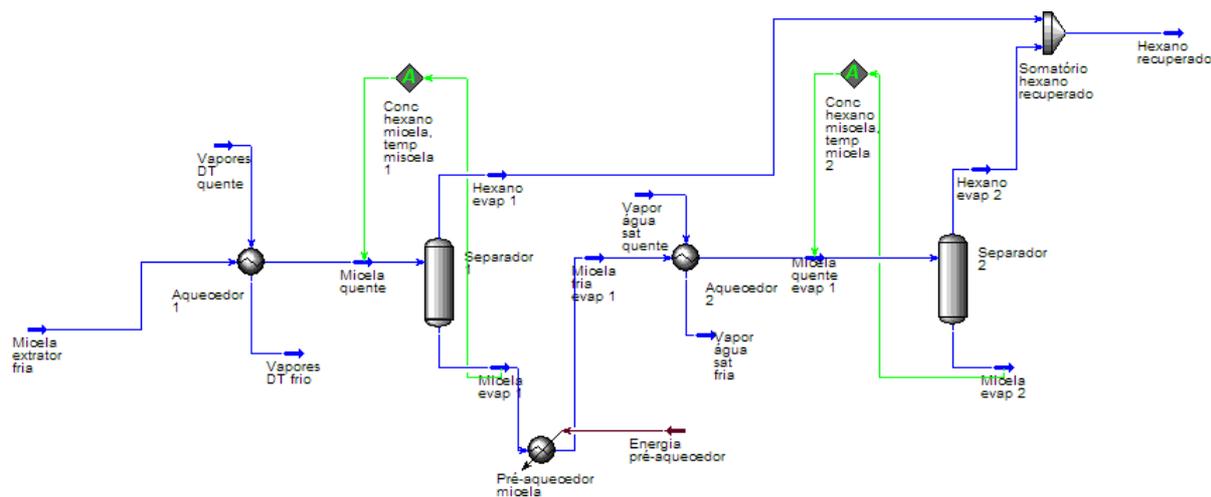
De um modo geral, o óleo de soja é composto por diversos componentes, sendo que em torno de 96% do total é formado de ácidos orgânicos saturados e insaturados, denominados de ácidos graxos. A parte restante é formada por traços de metais e componentes de estrutura complexa como os esteróis, tocoferóis, esqualenos e ácidos graxos livres. Todas estas estruturas obviamente interferem, individualmente, nas propriedades físico-químicas da solução (micela). Mas devido a pequena quantidade das outras substâncias em relação aos ácidos graxos (<4%(m/m)), neste trabalho foi considerado o óleo de soja como sendo uma mistura de ácidos graxos.

Para a predição do equilíbrio de fases e cálculo do coeficiente de atividade, neste trabalho, foi utilizado o modelo termodinâmico Peng-Robson para fase gasosa e solução ideal para fase líquida.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode-se observar o modelo construído no HYSYS para o processo de separação hexano-óleo de soja. Na Tabela 1 encontram-se os desvios entre os valores obtidos na simulação utilizando o software HYSYS e por PARAÍSO (2001) com relação aos valores operacionais da planta industrial da COAMO.

Em primeira análise, quanto às vazões tem-se que o desvio de 0,00% na vazão de entrada de micela no segundo evaporador foi devido ao valor de concentração de hexano imposta para micela na saída do primeiro evaporador, na rotina de convergência no HYSYS. Contudo os desvios das vazões da micela na saída do segundo evaporador igual a -0,89% e de hexano na saída também do segundo evaporador igual a 1,55% indicam grande proximidade dos valores reais e coerência com os resultados de PARAÍSO (2001).



**Figura 1:** Modelo construído no HYSYS para o processo de separação hexano-óleo de soja

**Tabela 1:** Comparação dos resultados obtidos neste trabalho e por Paraíso (2001) com os dados operacionais da COAMO

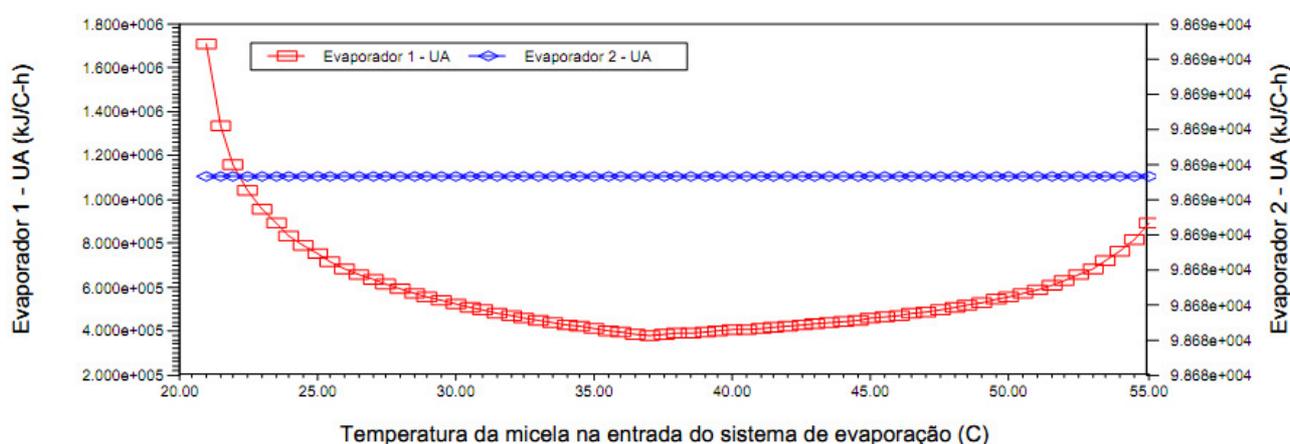
Discriminação	1º evaporador		2º evaporador	
	Simulação		Simulação	
	PARAÍSO (2001)	HYSYS	PARAÍSO (2001)	HYSYS
Vazão mássica da micela na entrada	-		1,50%	0,00%
Vazão mássica da micela na saída	1,50%	0,00%	-0,88%	-0,89%
Vazão mássica do hexano na saída	-1,00%	0,00%	1,71%	1,55%
Fração mássica do óleo na entrada	-		-1,38%	0,00%
Fração mássica do óleo na saída	-1,38%	0,00%	0,82%	0,00%
Temperatura da micela na saída	0,20%	2,60%	-5,18%	0,91%

Fonte: Paraíso, (2001).

Analisando em segundo aspecto a fração mássica de óleo observa-se não houve desvio na concentração do óleo na micela saindo do primeiro evaporador e do segundo evaporador. Isso também vem mostrar a proximidade dos valores simulados com os valores obtidos na planta. Em terceiro lugar, analisando as temperaturas na saída dos evaporadores observa-se um desvio de 2,60% na saída do primeiro evaporador, valor maior que obtido por PARAÍSO (2001), embora no segundo evaporador o desvio em relação ao valor operacional foi de 0,91%, menor que o obtido por PARAÍSO (2001).

A Figura 2 apresenta o comportamento do coeficiente global de transferência de calor (U) vezes a área de troca térmica do evaporador (A) pela influência da temperatura da mistura óleo de soja bruto e hexano na entrada do processo de concentração, sendo uma segunda aplicação do HYSYS como ferramenta de gestão de processos.

Pode-se observar a partir da Figura 2 que todo impacto da variação de temperatura na corrente de entrada da micela no processo de concentração é recebido pelo primeiro evaporador. O parâmetro UA para o segundo evaporador permanece constante independente da temperatura de entrada da micela no início do processo, pois é o primeiro evaporador quem vai equalizar a temperatura da corrente de entrada. Isso acontece devido à rotina de ajuste de convergência pela composição de saída imposta no modelo que pode ser observado na Figura 1. Também pode-se verificar que o Evaporador 1 apresenta um ponto de menor desempenho operacional em 37°C. A corrente de aquecimento do primeiro evaporador que são os vapores de hexano do equipamento dessolventizador-tostador possui 71°C, com isso a temperatura máxima da micela na



**Figura 2:** Comportamento do coeficiente global de transferência de calor (U) vezes a área de troca térmica do evaporador (A) pela influência da temperatura da mistura óleo de soja bruto e hexano na entrada do processo de concentração

na entrada do sistema de evaporação para que haja convergência do primeiro evaporador foi de 55°C onde se observa um ponto de melhor desempenho do sistema de evaporação. Já analisando a temperatura mínima de entrada da micela é possível obter a convergência do primeiro evaporador até com 20°C que é também um ponto de máximo na curva de UA. Contudo temperaturas abaixo de 49°C não se tornam viáveis uma vez que na COAMO a etapa anterior, onde a micela é formada, tem esse valor como temperatura operacional e o segundo evaporador tem necessidade de uma temperatura de entrada da micela em torno de 59°C. Portanto um aumento de temperatura na micela que entra no primeiro evaporador aumenta o desempenho desse equipamento e reduz a energia necessária no pré-aquecedor da micela antes do segundo evaporador.

#### 4 CONCLUSÃO

O composto hipotético óleo de soja, simulado no HYSYS, através da fração mássica dos ácidos graxos constituintes foi uma aproximação satisfatória.

O modelo de solução ideal e Peng-Robson, para cálculo do coeficiente de atividade nas fases líquidas e gasosas respectivamente, apresentaram-se coerentes frente à comparação entre as simulações e os dados coletados na planta.

Os resultados mostraram que a modelagem e simulação do processo de evaporação no HYSYS está bastante coerente com as condições reais do processo.

Foi constatado que o HYSYS pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão industrial na análise, simulação e otimização da operação de concentração da micela em refinaria de óleo de soja.

#### REFERÊNCIAS

BOSS, E. A. **Análise do desempenho de plantas de extração de óleos convencionais e de processos supercríticos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – UNICAMP. Campinas. 2000.

FERNANDES-JUNIOR, C. C. **Extração energética da etapa de extração de óleo de soja, utilizando a análise Pinch**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química – UNIOESTE, Toledo. 2009.

FOUST, A. S., WENZEL, L. A., CLUMP, C. W., ANDERSON, L. B. **Princípios das operações unitárias**. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, p. 436, 1982.

JORGE, L. M. M., RIGHETTO, A. R., POLLI, P. A., SANTOS, O. A. A., MACIEL FILHO, R., Simulation and analysis of a sugarcane juice evaporation system. **Journal of Food Engineering**, p. 351–359. 2010.

PARAÍSO, P. R. **Modelagem e análise do processo de obtenção do óleo de soja**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – UNICAMP. Campinas. 2001.

RIGBY, D. K. **Ferramentas de gestão: um guia para executivos**. Bain & Company. Disponível em:

<[http://www.bain.com/bainweb/images/cms/localOffice/S%C3%A3o\\_Paulo/Livreto\\_Ferramentas\\_de\\_Gest%C3%A3o.pdf](http://www.bain.com/bainweb/images/cms/localOffice/S%C3%A3o_Paulo/Livreto_Ferramentas_de_Gest%C3%A3o.pdf)> Acesso em: 30 jul. 2011

TEMA, **Standards of the tubular exchanger manufactures association**, Exchanger Manufactures, 7. ed., Nova York.1988.