

## EQUILÍBRIO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA COM ETANOL HIDRATADO

LIZE E. K. BACK<sup>1,\*</sup>, TAÍSA P. WELTER<sup>1</sup>, FERNANDA E. SANTOS<sup>2</sup>, BRUNO M.  
WENZEL<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*;

<sup>2</sup> Programa de Pós Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (PPGATS), Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*;

\*Autores para correspondência: lize-kaufmann@hotmail.com (L.E.K. Back); bruno.wenzel@uffs.edu.br (B.M. Wenzel)

### 1. Introdução

Dentre as fontes energéticas utilizadas, o petróleo se destaca com 36,5% da oferta de energia em 2016 no Brasil, sendo 74,4 % da energia destinada ao setor de transportes (EPE, 2017). Contudo, a crescente demanda de energia e a preocupação ambiental e com a saúde pública, impulsionam a procura de alternativas energéticas renováveis menos poluentes, como o biodiesel.

Hoje o Brasil é o quinto maior produtor de biodiesel no mundo, utilizando o óleo de palma, mamona, algodão e na região sul, o óleo de soja. (SHARMA E SINGH, 2009). Para a produção do biodiesel, o principal processo emprega a reação de transesterificação de óleos vegetais com um álcool, utilizando hexano como solvente. Portanto, torna-se interessante avaliar a viabilidade técnica da extração do óleo empregando etanol como solvente, podendo promover a simplificação do processo produtivo.

### 2. Objetivo

Mensurar o desempenho do etanol hidratado como agente de extração de óleo de soja (OS), possibilitando a sua utilização imediata como reagente da reação de transesterificação. Neste trabalho foi determinado, através de experimentos, o equilíbrio da extração, em diferentes temperaturas, teores de hidratação do etanol e razões mássica OS/etanol. Ajustou-se um modelo fenomenológico baseado, por analogia, no modelo de adsorção em multicamadas BET (Brunauer, Emmett e Teller, 1938) e determinado os parâmetros termodinâmicos associados à extração sólido-líquido.

### 3. Metodologia

Para a verificação da viabilidade de realizar a extração do OS determinou-se inicialmente a umidade e o teor de óleo das sementes, resultando em 5,27 wt% e 18,31 wt% respectivamente. As sementes de soja foram trituradas e peneiradas (entre 0,71 e 1,41 mm). Para cada experimento, 10 gramas de amostra foram adicionadas em erlenmeyers, acrescentando diferentes quantidades de etanol com purezas de 95 e 97,5wt%.

As misturas foram postas em banho-maria com agitação, por um tempo pré-determinado, de acordo com a temperatura. Cada batelada de experimento continha razões mássicas de OS/etanol de: 1/5, 1/10, 1/15, 1/20, 1/25, 1/50, 1/75 e 1/100, para obter uma larga faixa de dados de equilíbrio, na temperatura (30°C, 50°C e 70°C) e grau de hidratação do etanol (95 e 97,5wt%).

O produto de cada experimento foi filtrado, para separar a fração líquida de óleo/etanol da fase sólida. A solução foi colocada em um rotaevaporador à 60°C e 720 mmHg de vácuo, procedimento repetido após lavagem e filtração com éter de petróleo aquecido. Assim, obteve-se a quantidade de triglicerídeos extraídos, por método gravimétrico, possibilitando a determinação da eficiência de extração.

#### 4. Resultados e Discussão

A variação da eficiência de extração de óleo no equilíbrio para as razões mássicas de óleo/etanol foram, para 95wt% de pureza do etanol (i) de 24,14 a 78,86% para temperatura de 30°C; (ii) de 34,41 a 80,15wt% para 50°C; (iii) e 32,61 a 78,59wt% para 70°C; e para 97,5wt% de pureza: (iv) 36,59 a 95,69% para 50°C; (v) 34,46 a 74,44% para 70°C.

Para analisar o comportamento termodinâmico, realizou-se um balanço material, descrevendo os dados em função das frações mássicas de óleo na fase líquida ( $Y_e$ ) e sólida ( $X_e$ ), no equilíbrio. Assim, aplicou-se o modelo BET, adaptado para o processo de extração (Equação 1), onde as constantes de equilíbrio da extração na monocamada e multicamada são  $K_S$  e  $K_L$ , respectivamente (g sólido inerte/g óleo); e  $Y_m$  é a quantidade de óleo presente na fase líquida em equilíbrio com a quantidade de óleo no sólido na monocamada (g óleo/g etanol).

$$Y_e = \frac{Y_m K_S X_e}{(1 - K_L X_e)[1 + (K_S - K_L)X_e]} \quad (1)$$

O modelo da Equação 1 foi linearizado e ajustado aos dados experimentais através de regressão linear, conforme apresentado na Figura 1. A fração de óleo  $Y_e$  aumentou com o

aumento da fração disponível  $X_e$  e o coeficiente de determinação  $R^2$  variou de 0,6038 a 0,9931.

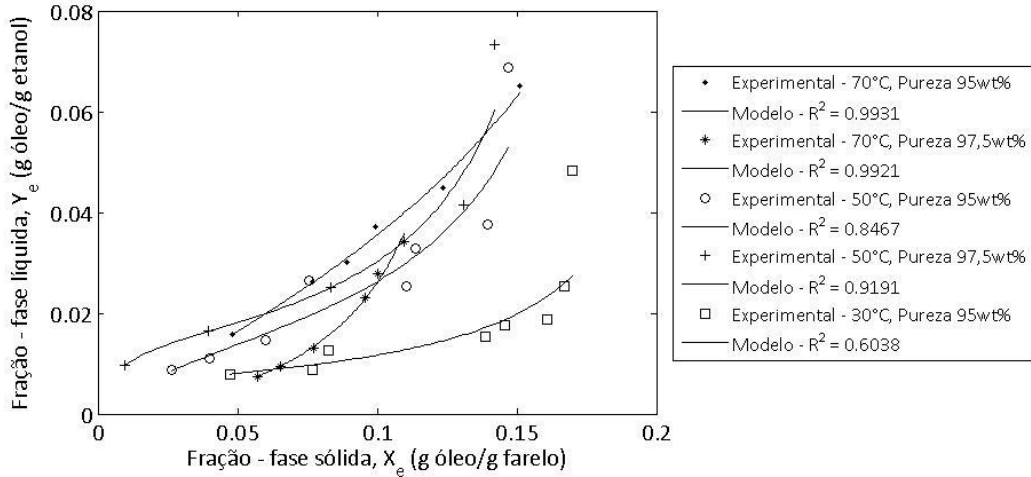


Figura 1. Fração mássica absoluta de óleo de soja nas fases sólidas e líquidas no equilíbrio.

As constantes de equilíbrio do modelo ( $K_S$  e  $K_L$ ) podem ser relacionadas com a grandeza termodinâmica energia livre de Gibbs:  $\Delta G_i^0 = -RT \ln(K_i)$ , com  $i=S$  (extração na monocamada) e  $i=L$  (multicamada). Com ajuste linear dos dados pode-se analisar as variações da Entalpia ( $\Delta H_i^0$ ) e Entropia ( $\Delta S_i^0$ ):  $\Delta G_i^0 = \Delta H_i^0 - T\Delta S_i^0$ . A Figura 2 apresenta a variação de Gibbs em função da temperatura.

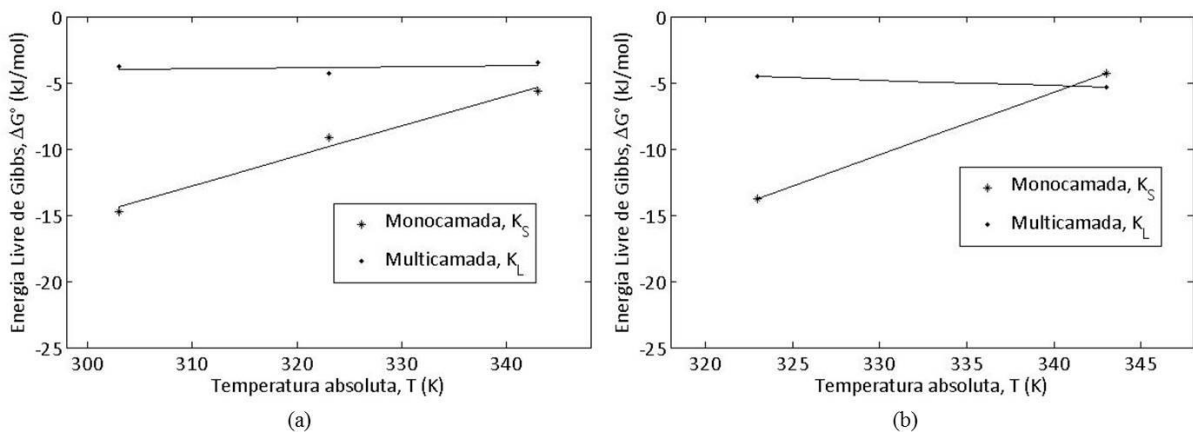


Figura 2. Variação da energia livre de Gibbs – extração na mono e multicamada: (a) etanol 95wt%; (b) etanol 97,5wt%.

Na Figura 2, verifica-se que a energia livre de Gibbs é negativa, indicando um processo espontâneo. Baseado no ajuste dos dados da Figura 2 obtiveram-se variações de Entalpia para a mono e multicamada respectivamente: -83,1 e -6,1 kJ/mol (etanol 95wt%); e -166,2 e 9,1 (etanol 97,5wt%). Estes resultados mostram que o processo é predominantemente exotérmico, salvo para a multicamada utilizando etanol 97,5wt%, onde se apresenta levemente endotérmica. Pelo ajuste, encontrou-se também a variação da Entropia: -227 e -7 J/(mol K) para a mono e multicamada com etanol 95wt%; e -472 e 42 J/(mol K) para a mono e multicamada com etanol 97,5wt%.

## 5. Conclusão

A adaptação da isoterma de BET apresentou um bom ajuste dos dados para a extração. Contudo não foi eficiente para todas as análises dos dados de equilíbrio da extração de triglicerídeos da soja com etanol hidratado. O modelo indicou um processo espontâneo e exotérmico. Porém, quanto à desordem do sistema, não há sentido físico, sendo necessária análise mais detalhada do processo.

**Palavras-chave:** Extração sólido-líquido; biodiesel; equilíbrio.

## Fonte de Financiamento

PIBIC/FAPERGS, EDITAL N° 489/UFFS/2016

## Referências

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*, 60, 309-319, 1938.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. 2017. **Balanco Energético Nacional, ano base 2016 – Relatório síntese e Matriz energética nacional**. Rio de Janeiro, Empresa de Pesquisa Energética.

SHARMA YC, SINGH B. **Development of biodiesel: current scenario**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V.13, No.6-7, pp. 1646-1651, 2009.