

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM UM MICRORREATOR TUBULAR

Mariana de Sousa Felix¹, Luís Fernando Novazzi²

^{1,2}Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI
marianafelix69@yahoo.com.br | lnovazzi@fei.edu.br

Resumo: Este projeto visa o estudo da produção de biodiesel por catálise homogênea, em meio básico, mas de forma contínua através de um microrreator tubular preenchido com recheio de esferas inertes e mantido sob temperatura controlada de 60 °C. Os estudos mostraram que apesar de problemas em relação à reprodutibilidade dos experimentos, o grau de conversão atingido para a razão molar metanol/óleo (6:1) mostrou bastante potencial, sendo igual a 37% para um tempo espacial no reator de 23,4 s.

1. Introdução

O biodiesel é produzido a partir de fontes renováveis, sendo biodegradável e não tóxico. Esse biocombustível é produzido comercialmente no Brasil através da rota básica, a partir de metanol e óleo de soja, de modo descontínuo [1].

A fim de aumentar a eficiência desse processo, nesse projeto propõe-se como objetivo o estudo da produção contínua do biodiesel a partir de metanol e óleo de soja, seguindo a rota tradicional, mas com a reação de transesterificação sendo conduzida em um microrreator tubular preenchido com recheio de esferas inertes [2]. Esse tipo de operação é muito atraente, pois proporcionaria vantagens em relação ao processo em batelada como: maior eficiência energética e produtiva; menor custo na otimização das condições de reação, bem como menor número de operações no isolamento do produto e tempo de residência.

2. Metodologia

O processo de produção do biodiesel foi realizado de modo contínuo, conforme o esquema ilustrado nas Figuras 1 e 2, no qual duas bombas peristálticas Provitec® DM-5000 tiveram seus dutos de sucção posicionados em um béquer com o metanol e em um balão de fundo redondo com óleo de soja refinado, mantido em uma manta de aquecimento, de modo a aquecer uniformemente o fluido a aproximadamente 60°C. O catalisador da reação, KOH, foi previamente dissolvido no álcool, sendo proporcional a 1% em relação à vazão de óleo utilizada.

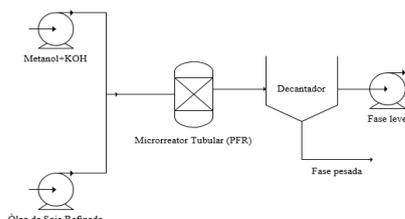


Figura 1 - Esquema do fluxograma de processo da produção do biodiesel

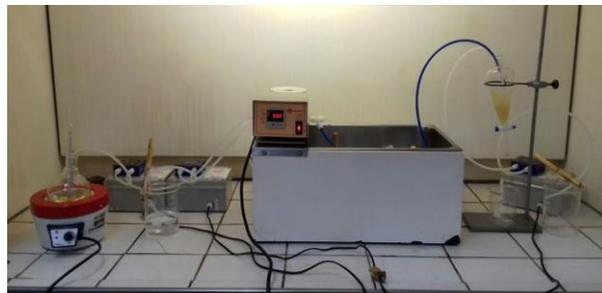


Figura 2 – Visualização do Experimento

As descargas das bombas peristálticas se juntaram numa conexão em “T” e a corrente resultante foi alimentada num microrreator tubular, com comprimento de 1,00 m e diâmetro de ¼”, totalizando um volume de 32mL e preenchido com esferas de polipropileno, de diâmetro igual a 1,2 mm. O reator operou imerso num banho térmico, a fim de se ajustar a temperatura da reação em 60 °C. Na Figura 3 tem-se uma visualização do reator, colocado sobre uma plataforma de apoio do banho termostático.



Figura 3 – Reator de leito empacotado

O efluente do reator foi enviado para um funil de separação de 250 mL e a fase pesada, rica no glicerol, foi retirada por gravidade, e a fase leve, rica em biodiesel, foi removida por meio de outra bomba peristáltica.

Como a operação foi conduzida de modo contínuo, as amostras realizadas até o momento foram tomadas depois de 15 minutos, tempo suficiente para que o regime permanente tenha se estabelecido no processo.

O tempo espacial no reator, definido pela relação entre o volume V do equipamento dividido pela vazão volumétrica total v_o , foi calculado conforme escrito na Equação 1.

$$\tau = \frac{V}{v_o} \quad (1)$$

A análise do grau de conversão de biodiesel das amostras de ésteres metílicos foi realizada por meio de cromatografia gasosa e a concentração mássica $\rho_{E,j}$ de cada éster j presente nas amostras, foi calculada pela Equação 2, em unidades de mg/ml ou g/L. Nessa expressão, ρ_E é a concentração mássica do éster puro (800 mg/ml), $\rho_{amostra}$ é a concentração da amostra

usada na injeção (2 mg/ml), a_j coeficiente angular de cada curva padrão do j -ésimo éster e $A_{pico,j}$ é a área de cada pico reconhecido na cromatografia.

$$\rho_{E,j} = \frac{\rho_E}{\rho_{amostra}} a_j A_{pico,j} \quad (2)$$

Através dos resultados da Equação 2 e da massa molar M_j de cada éster presente na amostra, foi calculada a concentração molar $C_{E,j}$ de cada éster presente nas amostras pela Equação 3, em mol/L.

$$c_{E,j} = \frac{\rho_{E,j}}{M_j} \quad (3)$$

A vazão molar total de ésteres F_E obtida no processo contínuo, proveniente da corrente de topo do decantador, pode ser calculada pela Equação 4, na qual f é a fração volumétrica correspondente à fase leve no separador, v_o é a vazão volumétrica total do sistema e $\sum c_{E,j}$ representa a concentração molar total dos diferentes ésteres metílicos produzidos.

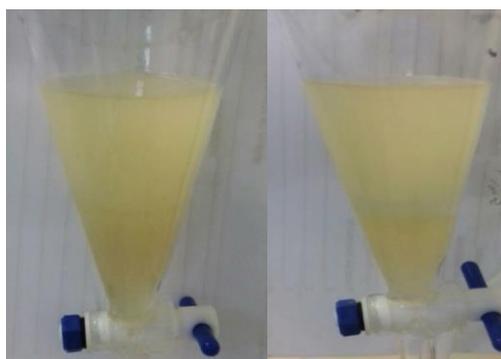
$$F_E = f v_o \sum c_{E,j} \quad (4)$$

Levando-se em conta que a proporção estequiométrica entre o óleo de soja e o metanol é de 1 para 3 e que o óleo é o reagente limitante, determina-se o grau de conversão X do sistema reator / separador através da Equação 5, na qual $F_{T,o}$ simboliza a vazão molar de óleo de soja alimentada.

$$X = \frac{F_E}{3F_{T,o}} \quad (5)$$

3. Resultados e Discussões

Após 15 minutos de operação as amostras foram tomadas, como mostra a figura 4, com intuito de garantir que o regime permanente tivesse sido estabelecido.



(a) amostra 1 (b) amostra 2
Figura 4 – Separação da fase leve e da fase pesada

As vazões volumétricas de fase leve (L) e de fase pesada (P) foram medidas experimentalmente, na operação contínua, de modo a permitir o cálculo de f , que representa a fração de leve em relação ao total, em base volumétrica. Os valores do tempo espacial no decantador, τ_D e de f são indicados na Tabela 1. A diferença no tempo espacial τ_D entre as amostras 1 e 2

se explica pelo volume diferente que foi ocupado no funil de separação.

Tabela 1 – Tempo espacial e fração de fase leve no decantador

| amostra | τ_D / s | f |
|---------|--------------|------|
| 1 | 56,7 | 0,77 |
| 2 | 50,8 | 0,72 |

Através dos dados da Tabela 2 pode-se observar que os graus de conversão foram muito diferentes entre si, com a primeira amostra gerando quase 85% e a segunda não chegando a 37% de conversão, para um tempo espacial no reator de 23,4 s.

Tabela 2 – Concentração de ésteres e graus de conversão

| amostra | $\sum c_{E,j} / M$ | X |
|---------|--------------------|--------|
| 1 | 2,70 | 84,76% |
| 2 | 1,26 | 36,72% |

Uma possível explicação para tal discrepância seria a separação de fases, que foi mais eficiente na amostra 1 do que na 2. Isso pode ter acontecido pelo fato de o tempo espacial no decantador ter sido insuficiente para uma separação adequada: os ésteres metílicos podem ter se misturado com a fase pesada ou a glicerina não ter se separado dos leves. Apesar de menos provável, outra explicação seria o sistema não ter atingido regime permanente quando as amostras foram tomadas. De qualquer modo, a reprodutibilidade dos experimentos precisa ser verificada.

4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos conclui-se que a discrepância entre os resultados poderia ser explicada pela separação de fases no decantador e isso precisa ser verificado. Como próximas etapas do projeto, pretende-se estudar a influência de diferentes tempos de residência no reator (50,100 e 150s) sobre a formação de ésteres metílicos, a importância de distintas relações molares de metanol/óleo (3:1, 6:1 e 9:1) sobre os graus de conversão do biodiesel e a análise da separação entre as fases leve (ésteres metílicos) e pesada (glicerina) na decantação contínua.

5. Referências

- [1] PAIVA, E.J.M. *Estudo da produção de Biodiesel a partir de Óleo de Babaçu e Etanol utilizando a Transesterificação Alcalina Tradicional com Agitação Mecânica e Assistida por Ultrassons*. Dissertação (Mestre em Ciências) – Universidade de São Paulo, Lorena, (2010) 173
- [2] RAHIMI, M et al. Optimization of biodiesel production from soybean oil in a microreactor. *Energy Conversion and Management*, **79** (2014) 599-605.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer todo o apoio institucional do Centro Universitário da FEI.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/18 a 11/18.