



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

CONSTRUÇÃO DE UMA MINI PLANTA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

JESUS JUNIOR M.M.¹, MESQUITA M. S.¹, BRITO A. B. N.¹ e YOSHIOKA C. M. N.¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo,
Departamento de Engenharias e Tecnologia
E-mail para contato: maurinomjj@gmail.com

RESUMO – O óleo diesel convencional é o combustível mais consumido no Brasil, sua produção ocorre a partir da destilação do petróleo, e como todos os derivados do petróleo, sua queima contribui para o aquecimento global, por eliminar altos níveis de CO₂. No Brasil, grande parte da produção de biodiesel ocorre via transesterificação alcalina em fase homogênea de triglicerídeos presente em óleo vegetais. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo projetar, construir e avaliar a eficiência de uma mini planta de biodiesel em batelada na produção de biodiesel a partir do óleo de soja comercial e usado em frituras. Para análise da conversão a biodiesel foram utilizadas as técnicas de cromatografia em camada delgada (CCD), espectroscopia infravermelho com transformada de fourier (FTIR). Como resultado a mini planta de biodiesel obteve uma eficiência média de 89% para conversão do óleo de soja comercial em biodiesel e 84% para a conversão de óleo de soja usado em biodiesel. A produção de biodiesel pode ser confirmada, a partir dos fatores de retenção obtidos pela CCD próximos de 0,81, padrão para o biodiesel, e o aparecimento de uma banda de absorção característica na região de 1035cm⁻¹ no espectro de FTIR.

1. INTRODUÇÃO

Após a segunda crise mundial do petróleo (1979) e a expansão industrial fez-se necessário, no âmbito mundial, aumentar a demanda de combustíveis líquidos, a segurança energética e reduzir o aquecimento global, com isso, oportunidades para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de produção de energia provenientes de fontes renováveis acabaram surgindo. Dentre as fontes de energia renovável existentes destacam-se o biodiesel, um biocombustível obtido a partir da reação de transesterificação catalítica homogênea, tendo como matéria prima uma fonte de óleo animal ou vegetal, um agente esterificante (álcool), e um catalisador. A matéria prima utilizada pode ser oriunda de fonte vegetal, tais como, soja, algodão, girassol, mamona, amendoim, pinhão manso, canola e dendê. A matéria prima de fonte animal é outra possibilidade de matéria prima, como a gordura de frango e o sebo bovino. Os agentes esterificantes utilizados na reação são álcoois de cadeia curta, como metanol, etanol, butanol, propanol e álcool amílico. Porém, os mais utilizados são o etanol e o metanol que, devido ao tamanho da cadeia, faz com que a reação se processe com maior rendimento e menor tempo (Knothe *et al.*, 2006).

Durante a produção do biodiesel, o óleo reage com um monoálcool de cadeia curta na presença de um catalisador, dando origem a monoésteres de ácidos graxos correspondente da



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

mistura (Knothe *et al.*, 2006). Nesse processo é necessário uma perfeita agitação, com uma alta rotação no início da reação, e a medida que ocorre o avanço da reação, uma menor agitação se torna necessária, afim de que se possa ajudar na separação do glicerol dos ésteres formados, caso contrário, ocorre uma dispersão da glicerina no biodiesel. (Van Gerpen *et al.*, 2004).

O método mais simples de produção ocorre em regime de batelada. Os reatores são superdimensionados para suportar amplas variações de pressão e temperatura e são construídos com material resistente à maioria dos líquidos corrosivos. Para obter uma mistura perfeita no meio reacional, é necessário a utilização de impelidores e chicanas que apresentam as características e dimensões necessárias em função da geometria do reator, viscosidade e densidade do fluido, e a velocidade de rotação do impelidor (Nunhez *et al.*, 2007). As relações entre os tamanhos dos impelidores e as chicanas em função das dimensões do reator são apresentadas por Nunhez *et al.* (2007), em que, a largura do impelidor/diâmetro do tanque = de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ e a largura da chicana/diâmetro do tanque = $\frac{1}{10}$ a $\frac{1}{12}$.

2. METODOLOGIA

A mini planta foi projetada com um reator batelada com capacidade de 1,8 L. Sua estrutura é composta por um tanque de armazenamento de óleo, um sistema de aquecimento de água, um tanque de armazenamento de água quente, um reator encamisado, um tanque para armazenamento da solução alcoólica do catalisador, um sistema de agitação para o reator e um painel de controle para inserção dos parâmetros operacionais. Para confecção dos componentes da mini planta foram utilizados válvulas, chapas, eixos e tubos em inox 304, tubo em PVC de 100mm, um motor de 300W, uma resistência de 1000W e bombas de água 12v. As variáveis controladas no sistema são: o volume de óleo adicionado ao reator, a temperatura de reação, a velocidade de rotação do meio reacional e o tempo de reação. Para isso foi utilizado um micro controlador arduino nano juntamente com sensores de vazão, temperatura e rotação. Para inserção dos valores requeridos para essas variáveis foi construído um painel de controle contendo uma tela em LCD e 4 potenciômetros para inserir os valores demandados.

A metodologia utilizada foi apresentada por Ferrari (2005), em que, os experimentos para produção de biodiesel foram realizados a partir da reação de transesterificação do óleo a 45°C, durante 5 minutos, utilizando uma relação de 5g de catalisador e 0,5L de etanol para cada litro de óleo, além dessas condições, foi fixado para a reação uma rotação de 860 RPM. Para uma melhor agitação do meio reacional as chicanas e os impelidores utilizados no reator foram dimensionados e construídos segundo as relações apresentadas por Nunhez *et al.* (2007). A purificação do óleo usado em fritura, utilizado para a produção de biodiesel, passou por uma filtragem primária, utilizado como meio filtrante uma camada espessa de palha de aço, seguindo de uma filtragem a vácuo utilizando como meio filtrante filtro de papel da marca melita, número 103. Após essa etapa o óleo foi armazenado em um tambor de 20L, afim de obter um óleo homogêneo. Já o óleo comercial foi utilizado sem nenhum tratamento prévio.

Ao término de cada batelada, foi adicionado 100 mL de solução de glicerina comercial na mistura reacional, deixando a mesma, em repouso por aproximadamente 90 minutos. Após esse tempo houve a separação das fases, o produto sobrenadante, rico em ésteres etílicos, foi separado dos demais e passou por três processos de purificação. Na primeira etapa foi recuperado o excesso etanol, utilizando um evaporador rotativo a 60°C a uma pressão deduzida de 400 mmHg. A segunda etapa consistiu em lavar o biodiesel com água destilada a 90°C

levemente ácida, com 5% de HCl, até que a água de lavagem esteja aproximadamente neutra. Para a terceira etapa, a solução de ésteres etílicos passa por um processo de secagem a 100°C sob um vácuo de 400 mmHg durante 1 hora. Foram efetuadas 6 bateladas em processo análogo intitulados como B1, B2 e B3, (biodiesel produzido a partir do óleo comercial) e B4, B5 e B6 (biodiesel produzido a partir de óleo usado). Para a confirmação da formação do biodiesel a solução de ésteres etílicos foram analisados qualitativamente através de cromatografia em camada delgada e por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) utilizando um espectrômetro Agilent modelo AgilentCary 630 FTIR Spectrometer.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Como resultados preliminares, foram obtidas as informações do dimensionamento dos impelidores e das chicanas. Foram utilizados 5 impelidores tipo pá com 35 mm de diâmetro, com a pá medindo 6mm de comprimento e 10mm de altura e 4 chicanas tipo chapa com 10mm de largura e 200mm de altura.

Para o controle da mini planta foi necessário determinar a relação entre o valor de setpoint inserido no painel de controle para a temperatura, velocidade de rotação e do volume requerido com a variável controlada pelo micro controlador. Para isso foi preciso fazer as curvas de calibração buscando obter a equação que relacione os valores para cada sensor.

A mini planta pronta, Figura 1, obteve um comportamento aceitável durante a produção de biodiesel.



Figura 1 - Mini planta de produção de Biodiesel. **Fonte:** Elaborada pelo autor.

O sistema de injeção de matéria prima, os sistemas de controle de rotação juntamente com as bombas de retorno de água quente trabalharam conforme esperado. A partir dos espectros obtidos pela análise qualitativa de FTIR para os ésteres etílicos produzidos, foi possível confirmar a produção do biodiesel a partir do aparecimento de uma banda de absorção na região próxima ao número de onda 1035 cm^{-1} , sendo esta, corresponde ao estiramento do grupo funcional O-C-C. (Ventura, 2012). Outra análise qualitativa feita para a confirmação da produção de biodiesel foi a cromatografia em camada delgada (CCD). Os fatores de retenção médios obtidos das amostras das 6 bateladas produzidas e dos óleos utilizados, foram calculados e estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Valores de R_f dos óleos utilizados, do biodiesel produzido.

Tipo	R_f	Tipo	R_f	Tipo	R_f
Óleo de soja comercial	0,66	Óleo de soja usado	0,70	Valor Padrão Biodiesel	0,83
Produto formado	0,79	Produto formado	0,81		



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Comparando os valores de R_f dos óleos utilizados e dos produtos formados observa-se que houve uma variação do valor de R_f . O valor padrão do R_f para o biodiesel é de aproximadamente 0,83, (Froehner *et al.*, 2007), e se aproxima bem do valor apresentado na tabela 3, confirmando assim a conversão dos triglicerídeos em ésteres etílicos. A eficiência média da planta foi calculada em função da quantidade de óleo utilizado em cada batelada e o volume de biodiesel purificado obtido ao final de cada reação. Para a produção de biodiesel a partir de óleo de soja comercial a mini planta obteve uma eficiência média de 89%, já utilizando óleo de fritura, obteve uma eficiência média da planta de 84%. Os fatores que devem ser levados em consideração é que os óleos utilizados neste trabalho não foram analisados em função da humidade e acidez, também não foram avaliadas as influências da histerese dos sensores, fatores esses que, quando melhorados aumentam a eficiência do processo.

5. CONCLUSÃO

Após vários testes realizados na mini planta para produção de biodiesel, é possível concluir que os mesmos proporcionaram uma eficiência média satisfatória de 89% e 84% para conversão de triglicerídeos em ésteres etílicos a partir de óleo comercial e óleo usado respectivamente. Os resultados obtidos ainda podem ser melhorados a partir do estudo que possibilite melhorar as características dos óleos utilizados e a histerese dos sensores, visto que, a qualidade do produto depende da acurácia dos parâmetros de controle e características das matérias primas. O sistema ainda possibilita estudar a produção de biodiesel em uma escala maior e a influência desse aumento de escala durante a produção. Podendo trabalhar com diferentes tipos de matérias primas, diferentes tipos de catalisadores, variando os valores de temperatura, volume de óleo, tempo de reação e velocidade de rotação da mistura.

6. REFERÊNCIAS

- FERRARI, R. A.; Oliveira, V. S.; Scabio, A. *Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia*. Química Nova, Vol. 28, n. 1, 19-23, 2005.
- FROEHNER, S.; LEITHOLD, J.; JÚNIOR, L. F. L. *Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade*. Química nova, v. 30, n. 8, p. 2016, 2007.
- KNOTHE, G. *et. al. Manual do Biodiesel*. São Paulo: Edgard Blücher, 2006, cap 1-3.
- NUNHEZ, J. R. *et. al. Agitação e mistura na indústria*. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 3-23p.
- VAN GERPEN, J.; Shanks, B.; Prusko, R.; Clements, D.; Knothe, G. *Biodiesel analytical methods*. National Renewable Energy Laboratory, July 2004 [NREL/SR-510-36240] Colorado, p.37-47.
- VENTURA M. S. *Uso da Espectroscopia Óptica e Espectrometria de Lente Térmica no Estudo de Blendas Óleo-Biodiesel e Biodiesel-Diesel*. 89f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2012.