



SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Jislane Santana dos Santos¹; Savana Lélis Villar²

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química - santosjislane@gmail.com; ² Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – savana_lelis@hotmail.com

RESUMO

A busca por soluções energéticas que substituam os combustíveis nocivos ao meio ambiente se faz a cada dia mais indispensável; o biodiesel é uma dessas soluções. Além de ser obtido de fontes renováveis, tem como vantagens a menor emissão de gases poluentes e a menor persistência no solo. Entretanto, o custo de produção atualmente é maior, e o balanço energético é menos favorável em relação ao óleo diesel. Por esse motivo, a análise e criação de novas formas de produção são de grande importância para o setor. Essa pesquisa teve como objetivo estudar profundamente o processo de produção e separação do biodiesel, com ênfase no sistema reacional de transesterificação e na recuperação de metanol e glicerol, podendo assim propor um novo sistema de produção, através da modelagem e simulação de uma planta simplificada, com reação de transesterificação metanólica do óleo de palma, na plataforma do software Aspen Plus™. Os resultados foram confrontados com dados das normas da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e foi possível observar que o produto final encontra-se dentro das especificações da ANP. O rendimento do processo de transformação do óleo de palma em biodiesel na planta simulada foi de 93,64%, comprovando assim a eficiência do processo proposto.

Palavras-chave: Biodiesel, Transesterificação, Combustíveis, Aspen Plus.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna colhe hoje os frutos dos avanços tecnológicos ocorridos ao longo de sua história. Após a revolução industrial, ela requereu, e requer, uma demanda cada vez maior de energia, mas, para encontrar fontes suficientes para suprir a força motriz necessária para sustentar esses processos foi preciso pagar-se um alto preço ambiental. Atualmente, o desafio para os pesquisadores é, justamente, o de buscar soluções energéticas que substituam, parcial ou totalmente, as formas consideradas pouco limpas e oriundas de recursos não renováveis. Dentro da gama de alternativas possíveis, o biodiesel vem sendo caracterizado

como uma das melhores, pois gera impactos positivos tanto em termos ambientais quanto econômicos. A aplicação da simulação computacional no setor é uma área bastante promissora em novas pesquisas à respeito deste combustível. Modelos deste tipo de processo podem ser desenvolvidos através de programas específicos de simulação, como por exemplo, Aspen Plus, Aspen Dynamics ou Hysys, possibilitando assim o desenvolvimento de soluções ótimas para os sistemas.

1.1. Etapas do processo produtivo Industrial



Indiscutivelmente, a catálise básica é a mais utilizada em todo o mundo; a produção industrial de biodiesel é, em sua quase totalidade, conduzida por esta rota. Nestes processos, a base é dissolvida no álcool utilizado, e adicionada ao óleo. São utilizados reatores agitados, com ou sem aquecimento. O tempo de reação típico é de cerca de 1-2 horas. Após a transesterificação, o produto obtido é uma mistura de ésteres, glicerol, álcool, tri, di e monoglicerídeos [MENEGHETTI, 2013].

As principais etapas envolvidas são: mistura, reação de transesterificação, decantação do glicerol, recuperação do álcool em excesso, e separação do glicerol, como pode ser observado na Figura 1.

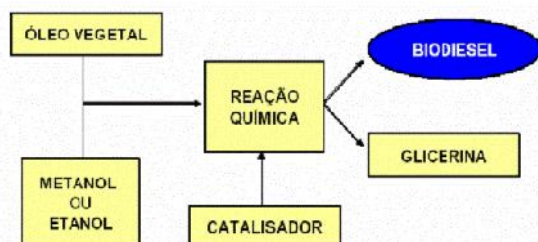


Figura 1 – Etapas da produção do biodiesel

A utilização de catalisadores básicos permite obter taxas de reação quase 4000 vezes superiores as obtidas pela mesma quantidade de catalisadores no processo ácido. Além disso, o custo das bases fortes é bastante inferior ao das enzimas utilizadas como biocatalisadores, ademais vantagens adicionais associadas à disponibilidade dos catalisadores básicos que, apesar das dificuldades de recuperação, permitem a reutilização como catalisadores sem perda de atividade. A catálise básica permite a utilização de temperaturas e pressões menores, diminuindo os custos energéticos e de instalação dos reatores, e ainda o uso de menores relações molares álcool / óleo [QUESSADA, 2010].

Entretanto, devido à possibilidade de saponificação, o processo é limitado a óleos de baixa acidez, de maior preço, dificultando a utilização de resíduos ou óleos não processados, mais baratos. No caso de se utilizar resíduos de óleos não processados é necessária a utilização de metanol ou etanol anidro, que são mais caros que seus correspondentes hidratados.

De acordo com Sousa [2010], a separação, recuperação e purificação do glicerol e dos catalisadores são dispendiosas e demoradas. O tempo de reação necessário é relativamente longo, e como o processo transcorre em reatores agitados, o consumo energético é alto e os custos associados também são. Assim, embora seja a alternativa mais utilizada, o processo alcalino está longe de ser completamente ótimo.

1.1.1. Introdução a processos de modelagem computacional

A modelagem científica computacional aplica a computação à áreas de conhecimento em que são impossíveis, ou muito caros, a realização de testes para análises de possíveis soluções para algum processo, partindo de modelos experimentais ou de soluções analíticas.

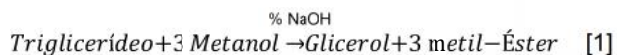
No que diz respeito a simuladores, a carteira de produtos da Aspen Technology Inc. detêm as melhores ferramentas de solução e otimização de processos no mercado. Estas, por sua vez, são baseadas em modelos matemáticos e termodinâmicos fundamentados nos princípios básicos dos fenômenos de transporte [SOUZA, 2011].

2. METODOLOGIA

A produção de biodiesel ocorre através do processo de transesterificação de fontes ricas em triglicerídeos com um álcool, normalmente o mais utilizado é o metanol [VENDRAMIM, 2009]. A reação é



catalisada por uma base, para que ocorra um melhor rendimento na formação do produto. A equação 1 apresenta uma reação generalizada dessa produção:



A Figura 2 representa o fluxograma do processo de produção de biodiesel proposto, implementado no Aspen Plus.

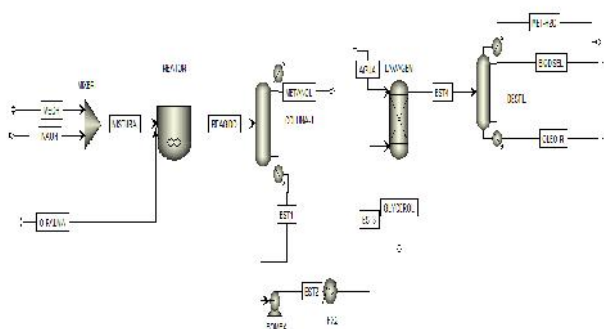


Figura 2: Fluxograma do processo de produção de biodiesel

A primeira etapa do processo consiste na reação de transesterificação, onde a mistura de metanol e hidróxido de sódio é adicionada em excesso no reator juntamente com o óleo a ser convertido, neste caso utilizou-se o óleo de palma. A Tabela 1 apresenta a composição em ácidos graxos desse óleo.

Tabela 1: Composição em ácidos graxos do óleo de palma

Óleo de Palma	Composição (% em massa)
Tripalmitina	42,80
Triestearina	4,50
Trioleína	40,50
Trilinoleinato	10,10
Trilinolenina	0,20

O reator utilizado foi um CSTR, que possibilita a homogeneidade da mistura através de um agitador contínuo, sua

temperatura é mantida na faixa de 60° C e a reação dura em torno de 2 horas.

A segunda etapa simulada foi a de recuperação do metanol, como mostra a Figura 2. O metanol é adicionado em excesso no reator para melhorar o rendimento da reação, sendo parcialmente recuperado por uma unidade de destilação. Utilizou-se uma coluna de destilação de sete estágios, operando com condensador do tipo total para proporcionar um refluxo à torre e reboiler kettle parcial, conseguindo separar o álcool dos demais componentes. A fase pesada da primeira coluna de destilação é então encaminhada à uma coluna de extração de 6 estágios, operando de forma adiabática, onde passa por uma lavagem para retirada do glicerol, bem como parte do metanol ainda existente no processo. Em seguida, o fluxo resultante é direcionado para uma segunda coluna de destilação. Esta, por sua vez, constituída de seis estágios e operando com um condensador do tipo parcial havendo, assim, a saída de duas correntes de topo, a fase vapor composta basicamente de metanol e água, e a fase líquida composta dos elementos que formam o biodiesel. Este, por sua vez, deve sair com teores de água e metanol dentro da especificação da ANP. Nessa etapa também é possível realizar a recuperação do óleo não reagido a fim de reutilizá-lo no processo.

Foi necessária a seleção de cada componente que participa da produção do biodiesel, e que já estão na base de dados do Aspen Plus. Foram adicionadas todas as reações que envolveriam os triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, e algumas reações paralelas, totalizando noventa e seis reações inseridas, a fim de minimizar possíveis erros de conversão. O pacote de fluido escolhido, que é o conjunto de relações e constantes que regem o comportamento das propriedades físico-químicas dos componentes do modelo, foi a equação de estado de Redlich-Kwong-



Soave, por não apresentar incompatibilidade com nenhum dos componentes envolvidos na simulação. Os métodos utilizados foram o UNIFAC-DMD e o NRTL, e as especificações dos equipamentos foram retiradas de um exemplo disponibilizado pela AspenTech.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o modelo implementado em regime estacionário (baseado na figura 1), o seguinte cenário é proposto: É introduzida no processo uma quantidade fixada de óleo de palma de 1050 kg/hr, então é adicionado metanol suficiente para reagir com a proporção de triglicerídeos inserida. Então, calculou-se o rendimento do processo, definido como a divisão da vazão mássica de saída do biodiesel pela vazão mássica de entrada do óleo. Nesta simulação, o fluxo que sai do reator, depois de passar por uma recuperação parcial do metanol, é direcionado para uma lavagem com 50 kg/hr de água pura em uma coluna de destilação.

O resultado simulado da pureza do biodiesel ao término do processo é apresentado na Tabela 2, que detalha o perfil de composição do produto na fase líquida ao longo dos estágios de separação da coluna. A composição do biodiesel são os produtos metil-oleato (Metil-O), metil-palmitato (Metil-P), metilmiristato (Metil-M), metil-estearato (Metil-S) e metil-linoleato (Metil-LI).

Tabela 2 – Distribuição dos ésteres no produto

Éster	Fração mássica
Metil-O	35,58
Metil-P	52,55
Metil-M	2,33
Metil-S	2,48
Metil-Li	7,03
Biodiesel	99,97

Durante o processo foi obtido como subproduto um teor significável de

glicerol, no entanto, o baixo nível de pureza, como pode ser analisado na tabela 3, que apresenta a composição da corrente de glicerol, leva à necessidade de um pré-tratamento para possível comercialização desse produto. O que de fato, é economicamente vantajoso, visto que, o glicerol com certo nível de pureza tem um valor comercial relativamente alto.

Tabela 3 – Composição da corrente de saída Glicerol na Coluna de extração

Componente	Fração mássica
Glicerol	36,66
Água	26,82
Metanol	33,33
Demais componentes	3,19

3.1. Verificação do modelo e do rendimento

O modelo elaborado no Aspen Plus passou por uma etapa de verificação, na qual as propriedades do biodiesel produzido foram confrontadas com os parâmetros da norma ANP Res nº 7 de 19/03/08. Os dados e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Qualidade esperada vs Qualidade simulada

Característica (Unidade)	ANP*	Simulado
Metanol Máximo (% em massa)	0,2%	0,005%
Teor de éster mínimo (% em massa)	96,5%	99,97%
Glicerol total máximo (% em massa)	0,25%	1,0341x10-11 %

*ANP- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis



Possíveis fontes de desvios são a composição do óleo a ser transesterificado, a escolha do pacote de fluidos e a estimação dos parâmetros dos equipamentos. Pode-se observar que o rendimento do óleo de palma na planta simulada foi de 93,64%, representando assim a eficiência do processo proposto.

4. CONCLUSÕES

Um modelo de simulação simplificada da produção de biodiesel foi implementado no software Aspen Plus, baseado no processo de transesterificação metanólica catalisada por base. O óleo de palma foi representado por sua composição em ácidos graxos. Os resultados foram confrontados com dados das normas da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e foi possível observar que o produto final encontra-se dentro das especificações da ANP. O uso dos compostos químicos que representaram a mistura de triglicerídeos do óleo de palma usados na simulação forneceu resultados finais (biodiesel) muito próximos dos resultados aceitáveis do ponto de vista industrial.

Objetivando tornar o processo de produção do biodiesel mais atrativo economicamente, analisou-se a pureza do subproduto glicerina que foi de aproximadamente 37% possibilitando assim a sua comercialização, visto que ele possui um alto valor agregado. O rendimento do processo de transformação do óleo de palma em biodiesel na planta simulada foi de 93,64%. Este rendimento poderia ser otimizado com algumas alterações nos parâmetros do processo, porém, essas alterações devem ser estudadas e analisadas a fundo para posterior aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Antonio Carlos de Brandão Araújo, pela oportunidade e

orientação para realização desse trabalho.

À Savana Villar, pela ajuda e colaboração para o encaminhamento da pesquisa.

Aos amigos, Thercior, Luize, Plácido, Vitor, Lucas e Amanda, pela paciência e ajuda no dia a dia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigo de periódico:
VENDRAMIM, J.; **Modelagem e simulação da produção de biodiesel usando diferentes óleos vegetais.** 5º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Fortaleza, CE, Brasil, 2009.

MENEGHETTI, S.; MENEGHETTI, M.; **A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel.** Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (1), 63-73. Data de publicação na Web: 17 de janeiro de 2013.

QUESSADA, T.; GUEDES, C.; **Obtenção de Biodiesel a partir de óleos vegetais, utilizando catálise básica e ácida.** Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010

Tese/dissertação:
SOUZA, T. **Simulação de uma planta de biodiesel com estudo da viabilidade econômica preliminar utilizando o Aspen/HYSYS.** Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2011.

SOUSA, C. **Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual.** Unifei – 5º ano de engenharia hídrica. 2010