

SIMULAÇÃO DA ETAPA DE ABSORÇÃO REATIVA EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Samuel Brito Ferreira Santos ¹
Luana Nascimento Silva ²
Isaac Conceição Silva Paixão ³
Tamires dos Santos Pereira ⁴
Laércio Gomes de Oliveira ⁵

INTRODUÇÃO

O biodiesel obtido de fontes renováveis é um dos combustíveis alternativos de maior interesse, e está sob intensa pesquisa atualmente, uma vez que possui uma baixa emissão de poluentes, além de excelentes características químicas como: não-toxicidade, biodegradabilidade, isenção de enxofre e possibilidade de ser obtido a partir de plantas, raízes e sementes oleaginosas, ou até de gordura animal (BASHA et al., 2009; YAAKOB et al., 2013).

O processo de produção do biodiesel convencionalmente consiste em duas etapas: a etapa de esterificação e a de transesterificação do ácido graxo. Para que a segunda etapa possa ocorrer, é necessária a produção dos ésteres metílicos, resultantes da primeira etapa por meio de uma reação catalítica, seguindo de diversas neutralizações do produto e, por fim, diferentes etapas de purificação.

As tecnologias industriais de produção de ésteres metílicos atualmente utilizam catalisadores homogêneos, sejam por meio de produção em batelada ou contínua, resultando em conversões pouco eficientes, ocorrendo saponificação e formação de indesejáveis como a glicerina, necessitando de diferentes etapas de separação que acabam por encarecer o produto final e comprometer a viabilidade do processo produtivo (GHAEMI *et al.*, 2009; YAAKOB et al., 2013).

Como forma de baixo custo para avaliar a viabilidade de implementação e execução de um projeto, a simulação tem surgido como uma importante ferramenta. Por meio de modelagens matemáticas, fenomenológicas e de softwares comerciais, tem sido possível otimizar as condições operacionais de plantas industriais, uma vez que os testes no ambiente virtual não requerem a parada da produção e nem grandes investimentos.

Desta forma, este trabalho objetivou simular a etapa de absorção reativa em uma unidade de produção de biodiesel utilizando o software SimSci PRO/II® como uma alternativa aos softwares de simulação comerciais e de alto custo.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - PB, samuelbritof@gmail.com;

² Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - PB, luana.nascimento25@hotmail.com;

³ Graduado pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação de Processos da Universidade Federal da Bahia - BA, isaacpaixao@hotmail.com;

⁴ Doutoranda do Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande - PB, tsantosp16@gmail.com;

⁵ Professor Orientador. Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - PB, laercio.gomes@ufcg.edu.br.

METODOLOGIA

A produção de biodiesel consiste, majoritariamente, da utilização de um catalisador homogêneo ácido ou básico, porém, esse processo resulta em uma baixa produtividade do combustível e elevados custos operacionais. São reportadas metodologias que também utilizam fluidos supercríticos por permitirem uma cinética de transesterificação que não necessita da utilização de catalisadores, mas a sua comercialização ainda possui um alto custo em decorrência da especificidade dos equipamentos utilizados. Como alternativa para menor custo energético, também existem processos que utilizam enzimas como catalisador, operando em temperaturas na faixa dos 50 °C. O uso de catalisadores heterogêneos tem surgido nas últimas décadas e tem permitido maiores conversões, maior facilidade na etapa de separação e possibilidade de associação à processos contínuos (KISS *et al.*, 2011).

Como forma de simplificar as etapas de produção e separação, tem-se buscado o desenvolvimento de processos integrados, onde as duas etapas ocorram de forma simultânea e com altas conversões. Um exemplo de processo integrado é o da absorção reativa, onde o recheio utilizado na coluna de absorção consiste no catalisador sólido, um dos reagentes entra na forma de vapor pela base da coluna e outro reagente entra na forma líquida pelo topo, assumindo um fluxo contra-corrente no interior do equipamento (NOERES *et al.*, 2003; GHAEMI *et al.*, 2009).

Kiss *et al.* (2011) propuseram um processo de absorção reativa destinada à produção de biodiesel, em plataforma Aspen Plus®. Para isso, integraram o processo reativo e de separação em uma única unidade, utilizando zirconia sulfatada como catalisador heterogêneo, bem como a adição de ciclos ao processo para uma maior conversão e eficiência energética. O processo proposto ofereceu como vantagens uma redução do capital investido, baixo custo operacional, simplificação do processo de separação e nenhuma saponificação.

O processo proposto por Kiss *et al.* (2011) foi utilizado como base para a simulação, neste caso, no software SimSci PRO/II.

DESENVOLVIMENTO

A planta industrial utilizada como base contém uma coluna de absorção recheada (RAC) contendo 15 estágios teóricos, cuja zona reativa se encontra na região dos estágios 3-12, e uma carga de catalisador sólido de 6.5 kg por estágio. O ácido graxo é pré-aquecido em um trocador de calor (FEHE1) e alimentado como um líquido quente no topo da coluna RAC, enquanto um quantidade estequiométrica de álcool é adicionada na forma de vapor pela base da coluna, resultando em um fluxo contra-corrente no interior do equipamento. A água, como subproduto, é removida continuamente pelo topo da coluna como vapor, sendo utilizada como fonte de energia no trocador FEHE1, condensada e separada no decantador no qual os ácidos graxos são reciclados de volta à coluna e a água purificada. O biodiesel é obtido em alta pureza na base da coluna RAC, passando por um *flash* que separa o metanol remanescente e o retorna para a coluna. O biodiesel quente é resfriado em um trocador de calor (FEHE2) que é utilizado para aquecer a alimentação de metanol até o estado de vapor, passando por um *cooler* para, por fim, ser armazenado (KISS *et al.*, 2011).

Para a simulação da coluna de absorção reativa foi implementado o algoritmo RATEFRAC para a resolução da reação dentro da coluna, sendo a separação das fases modelada através dos dados de Líquido-Vapor. Foi adicionada a reação e a resolução através da cinética, com método potencial.

Foi especificado o volume de cada prato reativo seguindo os 18 L, com uma pressão de operação de 1 bar, sem perda de carga. A alimentação de líquido foi efetuada no prato 1 (topo) e a alimentação de vapor no prato 15 (base).

A termodinâmica da coluna foi UNIFAC.

Além da planta industrial proposta por Kiss *et al.* (2011), foi utilizada a base de dados de líquido-vapor do SimSci PRO/II para implementação da estequiometria da reação de esterificação e transesterificação objetivando uma produção de 1250 kg/h de biodiesel. Os reagentes da base de dados foram o metanol e o ácido dodecanóico (ou ácido láurico).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a viabilizar a simulação, foi adaptado um vaso flash destinado à separação água/ácido graxo, uma vez que o software não apresenta no seu kit básico um decantador de líquidos. Para isso, foi implementado um vaso flash com o objetivo de se obter uma corrente rica em água e realizar a devida separação. Para o equipamento, foi especificada a operação até o ponto de bolha e a corrente de saída do topo.

Inicialmente, ao se avaliar a simulação da coluna de absorção reativa, observa-se que não houve a presença de água no produto obtido na base da coluna, assim como não foi observada a saponificação e produção de glicerina, que são subprodutos comumente encontrados para processos de produção de biodiesel em catálise homogênea e que comprometem a conversão. As composições de topo, 0,995 de água, e de base, 0,941 de éster metílico, obtidas com a simulação no PRO/II, são próximas às de água no topo, 0,992, e éster metílico na base, 0,954, obtidos por Kiss *et al.* (2011).

Comparando a simulação realizada neste trabalho e a de Kiss *et al.* (2011), observa-se que a vazão molar do biodiesel obtido em ambos os trabalhos foi a mesma, 5,873 kmol/h. As frações mássicas, para o produto principal, neste trabalho foram de 99,8%, enquanto a do trabalho referência usado como base foi de 99,9%, isso se deve à eficiência de separação da mistura álcool/biodiesel no flash, que apresentou uma pequena redução na temperatura do vaso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação às vazões molares, a coluna conseguiu resultados com desvios menores que 1,5% se comparados ao trabalho-base.

Foi possível observar que a simulação permitiu a remoção de toda a água, subproduto na reação, na forma de vapor pelo topo da coluna e de forma contínua, evitando o envenenamento do catalisador.

A simulação da etapa de absorção reativa mostrou que a remoção contínua da água no processo, sendo a reação reversível, seja favorecida apenas na direção de formação do biodiesel e água, não ocorrendo o sentido inverso referente à hidrólise do produto de maior valor agregado. Desta forma, a operação consegue alcançar maiores conversões.

Por meio deste trabalho foi possível realizar a simulação da etapa de absorção reativa utilizando um software de menor custo, o SimSci PRO/II, em oposição a softwares que requerem grandes investimentos, como o do trabalho referência, com poucas adaptações.

Palavras-chave: Absorção Reativa; Simulação; Biodiesel.

REFERÊNCIAS

BASHA, S. A.; GOPAL, K. R.; JEBARAJ, S. A. A review on biodiesel production, combustion emission and performance. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 13, 1628-1634, 2009.

GHAEMI, A.; SHAHHOSSEINI, S.; MARAGHEH, M. G. Nonequilibrium modelling of reactive absorption processes. *Chem. Eng. Commun.*, 196, 1076-1089, 2009.

KISS, A. A. & BILDEA, C. S. Integrated reactive absorption process for synthesis of fatty esters, *J. Bior. Tech.*, 102, 490-498, 2011.

NOERES, C.; KENIG, E. Y.; GORAK, A. Modelling of reactive separation processes: reactive absorption and reactive distillation. *Chem. Eng. Process.*, 42, 157-178, 2003.

YAAKOB, Z.; MOHAMMAD, M.; ALHERBAWI, M.; ALAM, Z.; SOPIAN, K. Overview of production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 18, 184-193, 2013.