

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL ATRAVÉS DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO REATIVA

Ana Luisa Pinheiro de Melo¹

Lucas dos Santos Fernandes²

Lucas Moraes de Oliveira³

Luccas Cassimiro Campos⁴

Energias Renováveis

RESUMO

Dada a crescente preocupação com os impactos ambientais resultantes da utilização de combustíveis fósseis, assim como sua finitude, aumentou-se o número de pesquisas acerca de fontes energéticas renováveis. Nesse sentido, encontra-se no biodiesel uma alternativa ao problema, pois além de possuir elevado poder calorífico, emite menor quantidade de poluentes, é atóxico e apresenta velocidade de degradação maior no ecossistema. O presente trabalho tem como objetivo simular a produção de biodiesel a partir de óleo residual (considerado descarte), a partir da catálise homogênea básica com pré-tratamento ácido, e incorporando a destilação reativa, proposta como forma de otimizar o processo, viabilizando a análise comparativa dos resultados. As simulações foram realizadas pelo software Aspen Plus e as plantas produtivas foram dimensionadas de forma que o biodiesel produzido se enquadrasse na legislação vigente. Verificou-se que as correntes de produto do processo otimizado apresentam maior teor de pureza de biodiesel e vazão mássicas. Dessa forma, foi possível concluir que a substituição do reator e destilador pela coluna de destilação reativa gera benefícios, como aumento do rendimento e seletividade, simplificação da planta e redução do uso de catalisadores.

Palavras-chave: Biodiesel; Óleo residual; Destilação reativa; Otimização de processos.

INTRODUÇÃO

Atualmente, preocupa-se cada vez mais com questões ambientais. Os crescentes níveis de poluição atmosférica e as consequências das negligências associadas ao avanço industrial e tecnológico impulsionaram a busca por alternativas que minimizem as agressões ao meio ambiente. Embora a matriz energética brasileira seja estimada como uma das mais renováveis em comparação aos países, a autossuficiência na produção de petróleo ainda não foi alcançada, e é considerada como um dos principais problemas ambientais (ANP, 2014).

¹ Aluno de graduação em Engenharia Química, PUC Minas, Departamento de Engenharia Química, analuisapinheirodemelo@gmail.com

² Aluno de graduação em Engenharia Química, PUC Minas, Departamento de Engenharia Química, lucas.sfernandes07@gmail.com

³ Aluno de graduação em Engenharia Química, PUC Minas, Departamento de Engenharia Química, lucas.morais.oliveira@hotmail.com

⁴ Prof. PUC Minas – Campus Coração Eucarístico, Departamento de Engenharia Química, lucasccampos@gmail.com

O biodiesel se apresenta como alternativa para reduzir os impactos causados pelos combustíveis fósseis, capaz de reduzir a emissão de gases agravantes do efeito estufa. Este combustível surgiu ao final do século XIX, e sua rota de produção se dá por reações de esterificação e transesterificação entre álcoois de cadeia curta e óleos de origem vegetal, animal ou ainda de resíduos industriais ou urbanos (SOUZA, 2011).

Apesar dos benefícios da aplicação do biodiesel, existem algumas limitações para o uso em larga escala, como o alto custo produtivo, uso de matéria prima destinada ao consumo alimentício e elevada produção de glicerina. Possíveis soluções são o emprego de óleos residuais e a implementação da destilação reativa, processo no qual as etapas de reação e destilação acontecem no mesmo volume de controle (MORAIS, *et al.*, 2010).

Os estudos acerca da destilação reativa começaram a ser aprofundados em 1980, e ainda existem algumas restrições às quais o processo deve obedecer para que o equipamento possa ser empregado. Suas principais vantagens são a redução dos custos e integração energética, além de favorecer a formação de produto (KULPRATHIPANJA, 2002). Por outro lado, existem alguns fatores limitantes que dificultam sua implementação e sua modelagem.

Para viabilizar o estudo e implementação industrial, foram desenvolvidos softwares que oferecem estimativas confiáveis. O software Aspen Plus® dispõe de extensos bancos de dados e métodos termodinâmicos, demonstrando-se fundamental para a simulação e otimização de processos complexos como a produção de biodiesel.

Objetiva-se simular e comparar os processos de produção de biodiesel convencional e com destilação reativa, utilizando óleo residual de cozinha como insumo principal.

METODOLOGIA

A formulação da proposta de melhoria no processo de obtenção do biodiesel foi baseada na introdução da coluna de destilação reativa no processo. Existem diversos modelos matemáticos para o dimensionamento de colunas de destilação. Para o presente estudo baseou-se no conceito de “estágios”, descrito como uma série de estágios perfeitamente misturados, nos quais as correntes de líquido e vapor que o deixam estão em equilíbrio químico. As equações utilizadas para modelar um estágio em equilíbrio são relações de conservação da massa (M), equilíbrio termodinâmico (E), equações de somatória (S) e conservação da energia (H), conhecidas pelo acrônimo MESH.

Para viabilizar as simulações, assumiram-se algumas hipóteses, que permitiram estabelecer critérios de comparação e validar os resultados obtidos:

- Foi adotado o valor de 87,7 Kg/h de óleo residual na alimentação do processo, referente à quantidade média resultante do recolhimento deste resíduo por uma empresa local, composto por 80% de triglicerídeos e 20% de ácidos graxos;
- Foram utilizados os modelos UNIFAC (UNIQUAC Functional Group Activity Coefficients) e NRTL (Non-random two-liquid model) (MORAIS, 2010).
- As reações químicas ocorrem majoritariamente na fase líquida;
- Os óleos envolvidos no ambiente computacional são representados por substâncias similares em termos de estrutura química e propriedades físicas (MORAIS, 2010);

Os resultados das unidades de operação serão comparados em relação à taxa de conversão do óleo residual em biodiesel, do percentual em massa de pureza do biodiesel e das vazões finais de biodiesel, glicerol e resíduo total obtidos através da simulação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo produtivo do biodiesel por catálise homogênea básica com pré-tratamento ácido pode ser seccionado em duas etapas. A primeira consiste na reação de esterificação catalisada por ácido sulfúrico. A segunda etapa se baseia na reação de transesterificação, que utiliza o hidróxido de sódio como catalisador de Brønsted.

A figura 1 representa o fluxograma do processo convencional de produção de biodiesel por catálise básica com pré-tratamento ácido, obtido a partir do software AspenPlus.

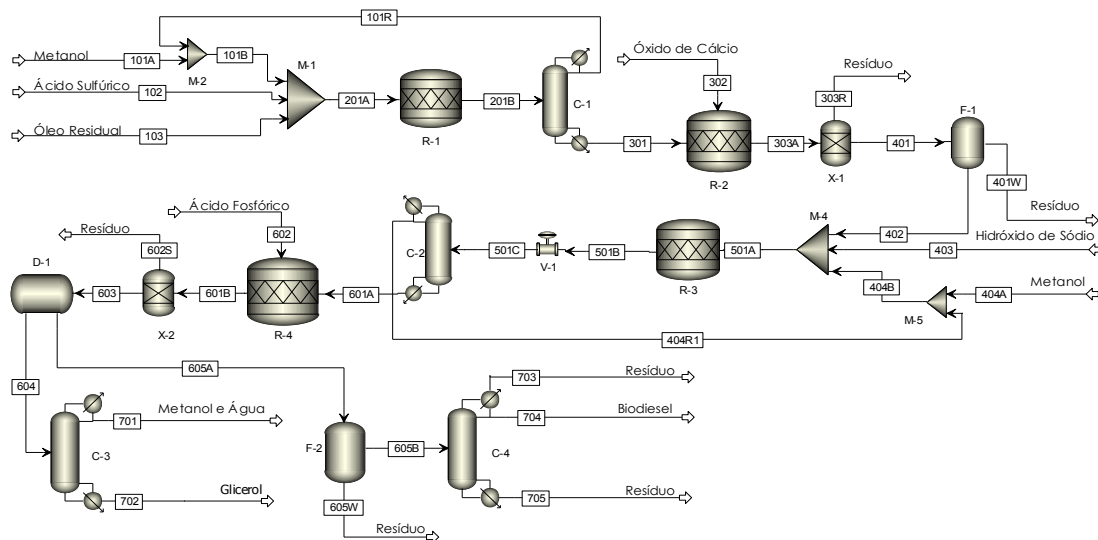


Figura 1 – Fluxograma do Processo Convencional de Produção de Biodiesel por Catálise Básica com Pré Tratamento Ácido.

Conforme representado pela figura 1, o processo se inicia no reator R-1, que promove a esterificação. O produto é então destinado à coluna de destilação C-1, que recicla metanol e direciona o produto de fundo para o reator R-2, responsável pela neutralização do ácido remanescente. O sal produzido é então removido pelo separador gravítico X-1, e o produto gerado é direcionado a um destilador flash F-1, que reduz o teor de água para a próxima etapa do processo. A segunda etapa do processo se inicia a partir dos misturadores M-3 e M-4, e tem sequência no reator R-3, que destina os produtos para a coluna de destilação C-2, cujo produto de fundo é direcionado ao reator R-4, para a neutralização do catalisador. O sal precipitado, é então removido pelo separador gravítico X-2, e o produto é direcionado ao decantador D-1, que separa duas correntes, uma rica em glicerol e outra em biodiesel. A primeira é direcionada a uma coluna de destilação à vácuo C-3, que purifica o glicerol. A segunda corrente é direcionada a um destilador flash F-2, que remove parte do metanol e água e direciona o restante a um destilador à vácuo C-4, com condensador parcial, que separa o biodiesel do metanol e do óleo não reagido. O biodiesel produzido apresenta 99,04% em massa de pureza, e respeita a resolução da RANP número 45/2014. Além disso, outros dados obtidos da simulação foram, a vazão de biodiesel final, 82,43 kg/h; a taxa molar de conversão do processo, 95,04%; o resíduo total gerado, 14,15 kg/h e a vazão de glicerol final 6,71 kg/h.

A figura 2 representa o fluxograma do processo otimizado de produção de biodiesel.

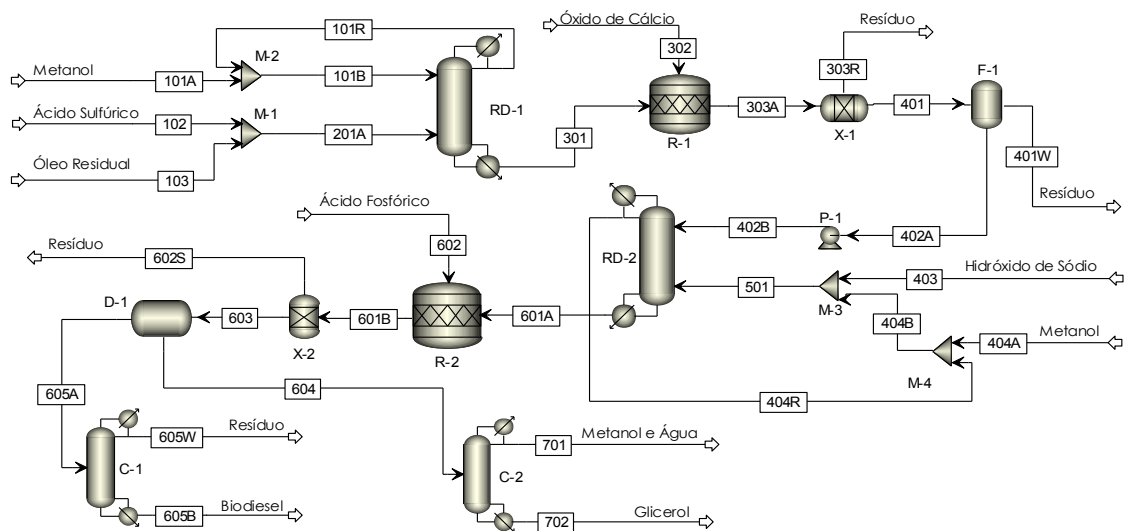


Figura 2 – Fluxograma do Processo Otimizado de Produção de Biodiesel por Catálise Básica com Pré Tratamento Ácido.

O fluxograma otimizado se assemelha ao convencional, divergindo na substituição dos reatores e colunas de destilação por colunas de destilação reativa das etapas de esterificação e transesterificação do processo convencional. Para a purificação da corrente rica

em biodiesel, proveniente do decantador D-1, o processo otimizado utiliza apenas uma coluna de destilação à vácuo, C-1. O Biodiesel produzido através do processo otimizado apresenta 99,97% em massa de pureza e respeita a resolução da RANP número 45/2014. Outros dados obtidos na simulação foram, a vazão de biodiesel final, 88,38 kg/h; a taxa molar de conversão do processo, 100%; o resíduo total gerado, 14,32 kg/h e a vazão de glicerol final 7,21 kg/h.

A partir da comparação dos dados, nota-se que a vazão de biodiesel e glicerol purificado do processo otimizado superam os valores obtidos para o processo convencional, assim como as taxas de conversão do processo e de pureza do combustível. Entretanto, a geração de resíduos totais é menor para o processo convencional, consequência do aumento no rendimento do processo otimizado.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, utilizou-se o software Aspen Plus para simular a produção de biodiesel a partir de óleo residual pelo processo de transesterificação em duas configurações: catálise básica com pré tratamento ácido e sua respectiva otimização, adotando uma coluna de destilação reativa em substituição ao reator e destilador utilizados convencionalmente. Como resultado da análise comparativa dos dados obtidos, determinou-se a vantagem em implementar a otimização ao processo convencional, posto que os resultados para o processo otimizado apresentaram valores 4,96% maiores para a taxa de conversão do processo, uma melhora de 0,94% na qualidade do produto final, aumento de 5,95 kg/h e 0,5kg/h nas vazões de biodiesel e glicerol, respectivamente, frente a um aumento de 0,17 kg/h de resíduos gerados pelo processo, valor razoável frente ao aumento na produção.

REFERÊNCIAS

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2014. Resolução ANP, n. 45, de 25/8/2014. DOU 26/08/2014.

KULPRATHIPANJA, S. (2002). Reactive separation processes. New York, NY [u.a.], Taylor & Francis.

MORAIS, Sérgio et al. Simulation and Life Cycle Assessment of Process Design Alternatives for Biodiesel Production from Waste Vegetable Oils. *Journal of Cleaner Production*, v. 18; n. 13, p. 1251–1259, 2010.

SOUZA, Carlos Alexandre de. Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual. Itajubá (MG): Universidade Federal de Itajubá, 2011;