

Produção de Biometanol a partir de Glicerol: Simulação do Processo, Análise Econômica e de Sustentabilidade

Ana Stern da Fonseca Kruehl^a, Guilherme Vieira Espinosa^a, Amanda Lemette Teixeira Brandão^{a*}

^aPontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*amanda.lemette@puc-rio.br

RESUMO

O metanol é um composto de elevada relevância na indústria química e desponta como um vetor energético essencial na transição para uma economia de baixo carbono. Paralelamente, a expansão global do biodiesel gerou um excedente de glicerol bruto, cuja conversão em biometanol configura-se como uma solução estratégica e ambientalmente favorável para promover a circularidade do processo. Surge, portanto, a necessidade de avaliar alternativas frente aos diversos trabalhos na literatura que modelam e simulam a produção de metanol a partir de rotas fósseis tradicionais, como a reforma de gás natural. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a simulação da conversão do glicerol em metanol, analisando as condições operacionais e realizando uma completa avaliação econômica e de sustentabilidade do processo. A modelagem foi realizada no simulador Aspen HYSYS e estruturada em duas etapas. Inicialmente, o glicerol é submetido à reforma a vapor em um reator tubular (PFR) para gerar o gás de síntese. Em seguida, o produto seco é direcionado a um segundo PFR onde ocorre a síntese do metanol pela hidrogenação de CO₂. A purificação é feita em colunas de destilação para atingir grau comercial (pureza de 99,85%). A viabilidade econômica da planta simulada foi avaliada por análise de fluxo de caixa, estimando o preço mínimo de venda do metanol como métrica de desempenho. Para tal, os custos totais de investimento foram estimados por meio do método do fator de Lang (Seider *et al.*, 2003) e os custos de operação foram calculados a partir dos custos fixos. Adicionalmente, realizou-se uma análise de sustentabilidade a partir das métricas de intensidade de massa (Ruiz-Mercado *et al.*, 2012) e fator ambiental que avaliam os desperdícios materiais e emissões de carbono da planta. A simulação do processo comprovou a viabilidade técnica e demonstrou bom desempenho ambiental da conversão do glicerol em biometanol. A avaliação de sustentabilidade atestou a eficiência da configuração proposta, que atingiu uma intensidade de massa de 97,46%, o que demonstra alta eficiência material da planta, aproximando-se do cenário ideal de sustentabilidade. No aspecto econômico, o dimensionamento do projeto resultou em um CAPEX de 18,2 MMUSD e um OPEX de 7,3 MMUSD a⁻¹. A partir destes fluxos, determinou-se um preço mínimo de venda (PMV) competitivo de 414,64 USD t⁻¹, abaixo do preço internacional de mercado de 600 USD t⁻¹ (Sollai *et al.*, 2023), o que demonstra a forte competitividade econômica da planta. O presente trabalho comprova que a modelagem via simulação do glicerol para metanol é altamente eficaz e viável, reduzindo tempo e custos no desenvolvimento do processo. Como perspectivas futuras e recomendações para a comunidade de Engenharia de Sistemas em Processos, sugere-se a exploração de malhas de integração energética para redução de utilidades, além de estudos de operabilidade e controle dinâmico, fortalecendo as estimativas de viabilidade econômica e os índices ambientais do processo.

Palavras-chave: Biometanol, Glicerol, Simulação de Processos, Avaliação Econômica, Sustentabilidade.

Referências

- F. Bisotti, M. Fedeli, K. Prifti, A. Galeazzi, A. Dell'Angelo e F. Manenti: Impact of Kinetic Models on Methanol Synthesis Reactor Predictions: In Silico Assessment and Comparison with Industrial Data, *Industrial & Engineering Chemistry Research* (61), 2022.
- C. Cheng, S. Foo e A. Adesina: Glycerol Steam Reforming over Bimetallic Co-Ni/Al₂O₃ (49), 2010.
- G. J. Ruiz-Mercado, R. L. Smith e M. A. Gonzalez: Sustainability Indicators for Chemical Processes: I. Taxonomy, *Ind. Eng. Chem. Res.* (51), 2012.
- W. D. Seider, D. R. Lewin, J. D. Seader, S. Widagdo, R. Gani e K. M. Ng: *Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation* (4a. Ed.), Wiley: 2017.
- S. Sollai, A. Porcu, V. Tola, F. Ferrara e A. Pettinau.. Renewable methanol production from green hydrogen and captured CO₂: A techno-economic assessment. *Journal of CO₂ Utilization* (68), 2023.



Realização:

