

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS ADVINDO DA VINHAÇA

Henrique Seikiti Akena (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Gabriela de França Lopes (Doutoranda), Luiz Mário de Matos Jorge (Co-orientador), Paulo Roberto Paraíso (Orientador)
e-mail: henrique_seikiti@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

Processos Industriais de Engenharia Química – Engenharia Química

Palavras-chave: Biometano, Biocombustível, *Upgrading*.

Resumo: O biometano é um combustível produzido pela purificação do biogás que pode ser utilizado como substituto do gás natural. Sua produção requer duas etapas: dessulfurização e *upgrading*, para a retirada de H_2S e CO_2 do biogás, respectivamente. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a modelagem e simulação da produção de biometano a partir do biogás proveniente da vinhaça, preocupante resíduo da produção de etanol, com a utilização do software Aspen HYSYS V9.0. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade técnica e econômica do processo proposto, obtendo-se o biometano com pureza de 96,71%, com composição de acordo com as exigências das legislações brasileiras, e custo de $0,96 \text{ US}\$.m^{-3}$, permitindo margem de lucro de cerca de 45%.

Introdução

O biogás é o produto da fermentação anaeróbica de matéria orgânica que, se elevado a biometano, pode ser útil como biocombustível substituto do gás natural (Ryckebosch *et al.*, 2011). A vinhaça é um preocupante subproduto da destilação de etanol pelo seu potencial poluidor e volume de produção, sendo a digestão anaeróbica e sua consequente produção de biogás uma alternativa vantajosa para sua destinação (Silva *et al.*, 2017).

Na composição do biogás, além do metano, há grandes quantidades de outros gases, como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e gás carbônico (CO_2) e, para elevá-lo a biometano, deve-se purificá-lo até no mínimo 90% de CH_4 e no máximo 3% CO_2 e $70 \text{ mg}.m^{-3}$ de enxofres totais (ANP, 2015). Assim, para atingir este resultado, é necessária a implementação de processos que abrangem duas etapas: dessulfurização e *upgrading*, para remoção de H_2S e CO_2 do biogás, respectivamente (Ryckebosch *et al.*, 2011).

O objetivo desse trabalho é, então, modelar e simular a produção de biometano a partir do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça.

Materiais e métodos

A modelagem e simulação foram realizadas no software Aspen HYSYS V9.0. Os parâmetros iniciais do biogás foram retirados do trabalho de Silva *et al.* (2017), adotando-se o modelo termodinâmico Extended NRTL – Ideal com base neste mesmo trabalho.

Os métodos utilizados no modelo para a purificação foram a absorção química com NaOH para a dessulfurização, devido a sua alta eficiência e pouco espaço necessário, e a absorção em água para a remoção de CO₂ (upgrading), por ser o método mais comum, altamente eficiente e passível de regeneração (Deublein; Steinhauser, 2008). As condições de entrada das duas correntes na torre de absorção inicial e no processo de regeneração da água foram baseadas em Bauer *et al.* (2013). Realizou-se análises de sensibilidade para avaliar parâmetros da solução de soda cáustica no scrubber e adequar a vazão de água para o processo de *upgrading*.

Por fim, a análise dos custos do processo foi realizada através da ferramenta *Aspen Process Economic Analyzer*, com considerações da taxa SELIC média de 2019 (5,9%) e do tempo de operação da planta (4320 h/ano).

Resultados e Discussão

O modelo proposto para a obtenção do biometano está ilustrado na Figura 1 e consiste de um reator de conversão que simula a coluna de absorção com reação para a remoção do H₂S (Scrubber), seguido de um compressor e um trocador de calor para adequar as condições do biogás para o processo de *upgrading*, torre de absorção para remoção do CO₂.

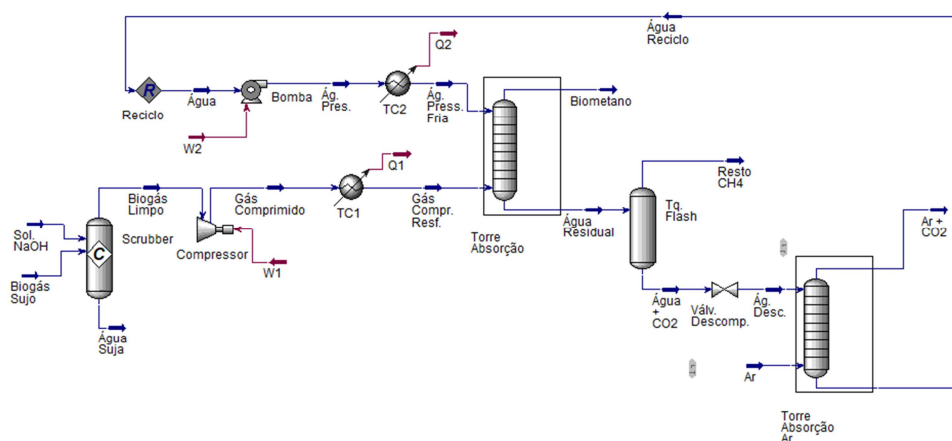


Figura 1 - Modelo de produção de biometano projetado no Aspen HYSYS.

Conforme observado na Figura 1, a água utilizada na torre de absorção para remoção do CO₂ é reutilizada no processo através de um tanque flash que remove o metano presente na água, seguido de uma coluna de absorção com ar ascendente à pressão e temperatura ambientes (1 atm e 25 °C), que remove o CO₂ desta corrente, deixando-a adequada para o reciclo.

Na análise de sensibilidade em relação à solução de soda cáustica no scrubber avaliou-se concentrações entre 1% e 15% e vazões entre 1.800 e 2500 kg.h⁻¹. Como resultado, definiu-se a vazão de 2300 kg.h⁻¹ e a concentração de 9% como dados desta corrente, sendo ambos valores adequados para neutralizar a quantidade necessária de H₂S.

Na análise de sensibilidade em relação à vazão de água para o processo de *upgrading*, avaliaram-se vazões de 1.750 a 4.750 m³.h⁻¹ de água, observando-se como variavam as frações de CH₄ e CO₂ do biometano em cada caso, conforme exposto na Figura 2.

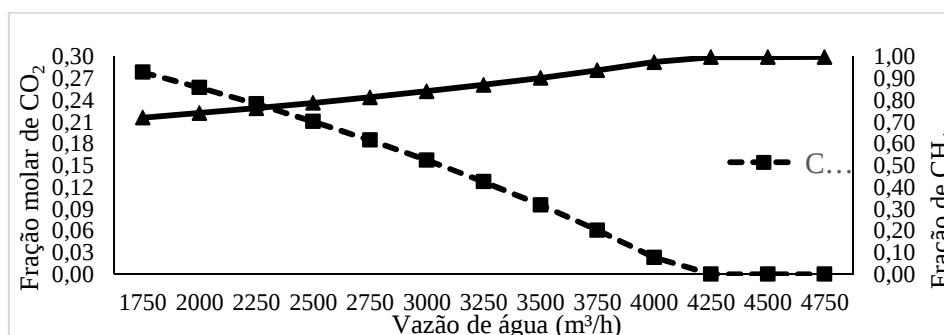


Figura 2 – Frações de CH₄ e CO₂ do biometano em função da vazão de água.

A vazão mínima necessária de água para se atingir os parâmetros da legislação para o biometano foi de 4.000 m³.h⁻¹, cujo valor é cerca de 35% inferior aos mais de 6.000 m³.h⁻¹ de água propostos por Bauer *et al.* (2013). Assim, obteve-se na simulação, uma produção de biometano de 14.752,95 kg.h⁻¹ partindo-se de 39.790,00 kg.h⁻¹ de biogás “cru”, ou seja, 0,3708 kg de biometano por kg de biogás alimentado. Na Tabela 1 constam as composições do biogás que entra no processo, do biometano obtido através da simulação e do requerido segundo a legislação brasileira (ANP, 2015).

Tabela 1 – Composições do biogás, biometano obtido e da legislação

Composição	Biogás inicial	Biometano obtido	Biometano ANP (2015)	Unidades
CH ₄	60,00	96,71	mín. 90,00	%mol
CO ₂	39,50	2,84	máx. 3,00	%mol
Enxofres totais	6.852,55	0,00	máx. 70,00	mg.m ⁻³

Observa-se na Tabela 1 que a composição obtida com o modelo proposto se encaixa nos padrões exigidos, com uma pureza cerca de 6,7% acima do mínimo necessário, demonstrando, portanto, que o processo é tecnicamente viável.

Por fim, na avaliação econômica do processo obteve-se o valor de US\$ 17.388.700,00 para o custo capital e de 9.264.720,00 US\$.ano⁻¹ para o custo operacional, obtendo-se, então, um custo anualizado total de 10.827.365,5 US\$.ano⁻¹ e um custo de produção de 0,96 US\$.m⁻³ de biometano. Comparando-se este custo ao valor de venda do biometano, que pode ser

encontrado a $1,40 \text{ US}\$.m^{-3}$, pode-se observar uma margem de lucro de cerca de 45%, que, ainda que se leve em conta custos de transporte, demonstra, assim, a viabilidade do processo proposto.

Conclusões

O processo proposto para a purificação do biogás em biometano demonstrou-se viável tecnicamente, uma vez que todos os parâmetros avaliados se encaixam aos padrões necessários segundo as normas brasileiras, e economicamente, já que permite margem de lucro de cerca de 45%. Obteve-se, na simulação, 0,3708 kg de biometano por kg de biogás alimentado, resultando numa produção de $14.752,95 \text{ kg.h}^{-1}$ de biometano com 96,71% de pureza, cerca de 6,7% acima do mínimo exigido pela legislação e com custo de $0,96 \text{ US}\$.m^{-3}$. As análises de sensibilidade realizadas foram importantes para se encontrar os parâmetros adequados de NaOH e água no processo.

Agradecimentos

Agradeço aos Professores Paulo Roberto Paraíso e Luiz Mário de Matos Jorge pela orientação e oportunidade de realizar um projeto de iniciação científica. À Gabriela de França Lopes pelo apoio e orientação ao longo do projeto. Ao CNPq/CAPES pelo financiamento do projeto.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 8, DE 30.1.2015** - DOU 2.2.2015: RANP 8. Rio de Janeiro: Anp, 2015. 9 p. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2015/janeiro&item=rانp-8--2015>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

BAUER, Fredric; HULTEBERG, Christian; PERSSON, Tobias; et al. **Biogas upgrading – Review of commercial technologies**. 2013. Disponível em: <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC270.pdf>.

DEUBLEIN, Dieter; STEINHAUSER, Angelika. Gas preparation. In: DEUBLEIN, Dieter. **Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction**. Alemanha: Wiley-vch, 2008. Cap. 28, p. 339.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. **Techniques for transformation of biogas to biomethane**. Biomass and Bioenergy, v. 35, n. 5, p. 1633–1645, 2011.

SILVA, Rodrigo O.; YOSHI, Henryck C.M.H.; ROCHA, Lucas B.; et al. **Synthesis of a New Route for Methanol Production by Syngas Arising**

from **Sugarcane Vinasse**. Computer Aided Chemical Engineering, v. 40, p. 811–816, 2017.