

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA EXPERIMENTAL DE PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS OPERANDO EM REGIME CONTÍNUO

Julia Cardoso Oliveira (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Ariane Cezarotto Fiewski (Coorientador), Nehemias Curvelo Pereira (Orientador), e-mail: ra112412@uem.br.

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

Engenharia Química - Processos de Separação e Mistura

Palavras-chave: biogás, sulfeto de hidrogênio, quelato de ferro.

Resumo:

Sulfeto de hidrogênio é considerado um dos principais contaminantes no biogás por ser tóxico e corrosivo, sendo necessária a remoção deste gás. O objetivo foi determinar a eficiência de remoção de sulfeto de hidrogênio do biogás em um sistema experimental em escala de bancada e regime contínuo. Biogás sintético foi utilizado na etapa experimental e a solução catalítica foi preparada a partir de um composto comercial à base de Fe/EDTA. O sistema experimental é composto por duas etapas principais: remoção de H_2S na coluna de oxidação e regeneração da solução catalítica na coluna de regeneração com oxigênio. O sistema operando em regime contínuo resultou em um biogás com concentração média de metano de 87%. Ao longo de 8 horas de reação não foi detectado presença de H_2S na concentração de saída do gás. A solução catalítica apresentou mínima degradação e boa capacidade de regeneração.

Introdução

O biogás é uma fonte de energia renovável que pode ser utilizada principalmente como combustível ou matéria-prima para a produção de gás de síntese e/ou hidrogênio. Os principais compostos do biogás são metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), e em menores quantidades hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), amônia (NH_3), entre outros gases traço (FRARE *et al.*, 2010).

Dentre os gases que compõem o biogás, o H_2S é considerado com um dos principais contaminantes e a presença deste componente é indesejada, por ser tóxico e corrosivo. Diante destes fatos, a remoção de H_2S do biogás é de extrema importância (ABATZOGLOU e BOLVIN, 2009).

Entre os processos de dessulfurização, a absorção oxidativa catalítica em soluções de quelato de ferro apresenta vantagens quando comparada a outros métodos, por apresentar alta eficiência de remoção de H_2S (acima de 99,9%), além de possibilitar a realização do processo em temperatura ambiente e regeneração da solução catalítica sem uso de produtos químicos (FRARE *et al.*, 2010).

O processo de remoção de H_2S por absorção com soluções de quelato de ferro vem sendo estudado por autores como: Frare *et al.* (2010), Maia *et al.* (2017) e Marín *et al.* (2022). No entanto, ainda verificam-se lacunas do conhecimento no comportamento do processo em regime contínuo. Diante disso, o objetivo do trabalho foi determinar a eficiência de remoção de sulfeto de hidrogênio do biogás em um sistema experimental em escala de bancada e regime contínuo.

Materiais e Métodos

O biogás sintético utilizado no experimento apresenta a seguinte composição (%mol/mol): 81,02% de CH_4 , 14,00% de CO_2 , 2,25% de H_2S ; 2,43% de N_2 , e 0,30% O_2 . A solução catalítica foi preparada a partir de um composto à base de Fe/EDTA, com concentração de 0,065 mol/L e o pH foi ajustado em 8,98 com Na_2CO_3 .

O sistema experimental é composto por duas etapas principais: (i) remoção de H_2S na coluna de oxidação (CO) com solução catalítica de Fe/EDTA; e (ii) regeneração da solução catalítica na coluna de regeneração (CR) com oxigênio molecular.

O cilindro de biogás é controlado por uma válvula reguladora de pressão. O ar utilizado na etapa de regeneração foi alimentado no sistema por meio de um compressor e a vazão foi controlada por um rotâmetro. A circulação de líquido entre as colunas do sistema foi realizada por meio de duas bombas peristálticas

A composição do biogás purificado foi determinada em um cromatógrafo a gás. A determinação das concentrações dos íons ferro foi feita com base no método da fenantrolina e as leituras de absorbância feitas em espectrofotômetro ultravioleta.

A análise da eficiência do sistema foi realizada em função das variáveis: (i) eficiência de remoção de H_2S e CO_2 , calculada pela diferença de concentração do gás na alimentação e na saída da CO; (ii) degradação da solução catalítica, calculada pela variação da concentração de ferro total solúvel em solução; e (iii) eficiência de regeneração da solução catalítica, determinada em termos da conversão de íons Fe^{2+} em íons Fe^{3+} .

Resultados e Discussão

O sistema experimental de purificação de biogás em regime contínuo foi operado durante 8 horas, a vazão de biogás utilizada foi de 82 mL/min, a razão entre a vazão de líquido circulando no sistema e a vazão de biogás (L/G) foi de 1,00 e a vazão de ar na regeneração foi de 166 mL/min. O comportamento dos componentes do biogás foram avaliados ao longo do tempo de operação e a Figura 1(a) apresenta as variações da concentração de saída do CH_4 , CO_2 e H_2S no decorrer do processo. Além disso, os dados de eficiência de remoção de CO_2 e H_2S estão apresentados na Figura 1(b).

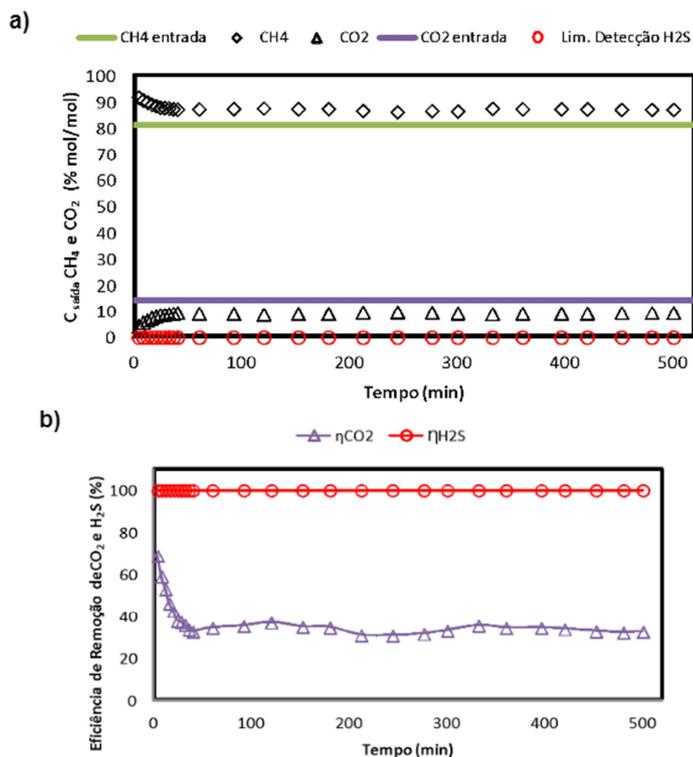


Figura 1 – (a) Variação da concentração (%mol/mol) de saída do biogás e (b) eficiência de remoção de CO₂ e H₂S durante a operação do sistema experimental em regime contínuo.

A partir dos dados apresentados na Figura 1(a) é possível observar que nos primeiros minutos de operação do sistema a concentração de CH₄ atinge 92% e decai durante 30 minutos até permanecer constante em 87,4±0,4%, superior à concentração de entrada de 81,02%. Analogamente, a concentração de saída do CO₂ é de 4% nos primeiros minutos e após 30 minutos de operação do sistema atinge a estabilidade em 9,3±0,3%, indicando remoção parcial de CO₂ do sistema.

Também foi observado com o decorrer da reação de purificação que a eficiência de remoção de CO₂ tem uma queda até 24 minutos de operação, e depois apenas pequenas variações, atingindo estabilidade, com eficiência de remoção média de 34,04±1,98%. Durante 8 horas de operação do sistema não foi detectada a presença de H₂S na composição de saída do biogás, indicando eficiência de 100% de remoção de sulfeto de hidrogênio, conforme apresentado na Figura 1(b).

Neste trabalho foi avaliado também o comportamento dos íons presentes em solução. A Figura 2(a) apresenta a variação da concentração dos íons Fe³⁺, Fe²⁺ e Ferro total em função do tempo de operação do sistema. A concentração inicial de ferro na solução catalítica foi de 65 mmol/L e como pode ser observado, a concentração de ferro total permaneceu praticamente constante ao longo de todo o processo de purificação, evidenciando que a taxa de degradação é praticamente constante e pode ser considerada insignificante, em torno de 1,00%.

Por fim, na Figura 1(b) é apresentada a conversão dos íons Fe²⁺ em Fe³⁺ na coluna de regeneração. Observa-se que a conversão é reduzida ao longo do tempo de

operação sendo que após 8 horas de purificação a conversão obtida foi de 88,65%, indicando boa capacidade de regeneração da solução catalítica.

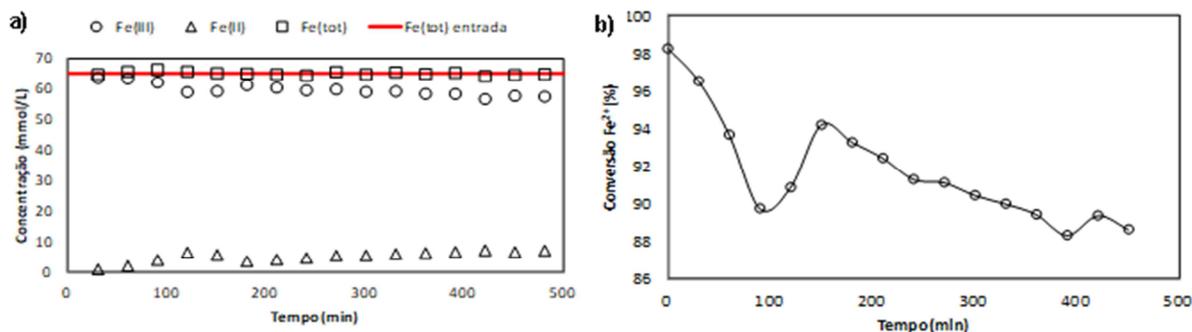


Figura 2 – (a) Relação entre a variação da concentração de Fe³⁺, Fe²⁺ e Ferro total na solução catalítica, e (b) Avaliação da conversão de Fe²⁺ na solução catalítica durante a operação do sistema.

Conclusões

Este estudo demonstrou eficiência e estabilidade na remoção de H₂S do biogás a partir de uma solução de Fe/EDTA. O sistema em regime contínuo resultou em um biogás com concentração média de CH₄ de 87% e 9% de CO₂. Ao longo de 8 horas de reação não foi detectada presença de H₂S na concentração de saída do gás e a eficiência de remoção de CO₂ foi de 34,4%. A solução catalítica apresentou degradação em torno de 1% e capacidade de regeneração de 88,65%.

Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação Araucária pela bolsa concedida e todo o incentivo.

Referências

FRARE, L. M.; VIEIRA, M. G. A.; SILVA, M. G. C.; PEREIRA, N. C.; GIMENES, M. L. Hydrogen sulfide removal from biogas using Fe/EDTA solution: gas/liquid contacting and sulfur formation. **Environmental progress and sustainable energy**, v. 29, n.1, p. 34-41, 2010.

MAIA, D. C. S.; NIKLEVICZ, R. R.; ARIOLI, R.; FRARE, L. M.; ARROYO, P. A.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N. C. Removal of H₂S and CO₂ from biogas in bench scale and the pilot scale using a regenerable Fe-EDTA solution. **Renewable energy**, v. 109, p. 188-194, 2017.

MARÍN, D.; VEJA, M.; LEBRERO, R.; MUNOZ, R. Optimization of a chemical scrubbing process based on a Fe-EDTA-carbonate based solvent for the simultaneous removal of CO₂ and H₂S from biogas. **Journal of Water Process Engineering**, v. 37, 2020.

ABATZOGLOU N, BOIVIN S. Review of biogas purification processes. **Wiley InterScience, Biofuels, Bioprod. Bioref.** v. 3, p. 42-71, 2009.