

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E RAZÃO LÍQUIDO/GÁS NA ABSORÇÃO DE CO₂ CONTIDO NO BIOGÁS USANDO COLUNA EMPACOTADA

EDNEY A. MAGALHÃES¹, SAMUEL N. M. DE SOUZA², ADRIANO D. L. AFONSO²,
SAMUEL MARTIN¹, HAMILTON O. REIS³, REGINALDO R. SANTOS¹

¹Eng. Agrícola, doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa – UFV. Tel.: (31) 3899-1923. e-mail: eamagalhaes@yahoo.com.br

²Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

³Eng. Florestal, técnico em eletrônica no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

RESUMO: A melhoria das características físico-químicas do biogás é de grande importância, dependendo de sua aplicação, tais como: a remoção do dióxido de carbono (CO₂) e do ácido sulfídrico (H₂S). Este trabalho teve como objetivo desenvolver um mecanismo de remoção do CO₂ utilizando métodos físicos de remoção. O equipamento elaborado foi uma coluna de absorção recheada, com 2,5 m de altura e 0,30 m de diâmetro utilizando tubos de PVC rígido de 20 mm de diâmetro como recheio e água como solvente. Realizaram-se ensaios com pressões variando entre 300 e 500 kPa e vazão de biogás entre 190 e 670 cm³. O biogás possuía, originalmente, uma concentração de CO₂ de 33%. Com a utilização da coluna de absorção conseguiu-se que essa concentração alcançasse 15%, o que representou um aumento de 57% no poder calorífico por unidade de massa.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável, coluna de absorção, dióxido de carbono.

INFLUENCE OF THE PRESSURE AND GAS/LIQUID RATE IN THE CONTAINED ABSORPTION OF CO₂ IN BIOGAS USING PACKED COLUMN

ABSTRACT: Biogas, depending on the use has that to have its characteristics improved physico-chemistries it is of great importance, such as: the removal of the carbon dioxide (CO₂) and of the acid sulfuric (H₂S). This work had as objective to develop a mechanism of removal of CO₂ using physical methods of removal. The elaborated equipment was a column of absorption stuffed with 250 cm of height and 30 cm of diameter using pipes of PVC rigid of 20 mm of diameter as filling and water as solvent. Assays with pressures had been become fulfilled varying between 300 and 500 kPa and outflow of biogas between 190 and 670 cm³. Biogas possesses, originally, a 33% CO₂ concentration. With the use of the absorption column it was obtained that this concentration reached 15% what more represented an increase of 57% in the calorific power for unit of mass.

KEY-WORDS: renewable energy, column of absorption, carbon dioxide.

INTRODUÇÃO: As fontes alternativas de energia vêm cada vez mais ganhando espaço. Uma alternativa interessante para substituição parcial de derivados de petróleo é a utilização do biogás, principalmente em pólos, na qual há uma imensa disponibilidade de resíduos que poderiam ser transformados em bioenergia, reduzindo os custos de produção e os impactos ambientais gerados pelo despejo direto desses resíduos na natureza. O biogás vem sendo utilizado como fonte primária de energia em aquecedores de galpões e conjunto motor. Porém, necessita-se ainda de um maior desenvolvimento tecnológico para um melhor aproveitamento e aumento da eficiência durante seu uso. A água, o ácido sulfídrico, as partículas e o dióxido de carbono são os principais compostos a

serem removidos do biogás na busca da melhoria de sua qualidade como fonte energética (AD-NETT, 2002). LASTELLA (2002), afirmou que a purificação do biogás com a remoção do CO₂ possibilita uma melhor utilização na geração de energia elétrica. A remoção de CO₂ pode ser feita por meios químicos ou físicos, onde este último é o mais utilizado. As colunas empacotadas são muito utilizadas para separação de gases por absorção, por ser um dispositivo relativamente simples em relação às demais colunas. O CO₂ e o H₂S são solúveis em água e esta pode ser encontrada abundantemente, a um custo bastante reduzido (AD-NETT, 2000). Segundo MYKEN et al., (2001), a absorção do CO₂ por água requer altas pressões (6 a 12 bar). No entanto, para tal os dispositivos devem possuir maiores dimensões, o que encarece o sistema. Desta forma, objetivou-se neste trabalho desenvolver e avaliar uma coluna de absorção de CO₂ contido no biogás utilizando água como solvente, avaliando a influência da pressão e da razão líquido/gás no processo de absorção.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Oeste de Paraná e na propriedade da GLOBOSUINOS no município de Cascavel – PR. A coluna de absorção consistiu em um cilindro vertical possuindo diâmetro de 300 mm por 2500 mm de altura em aço galvanizado, com espessura de 3 mm. O material para o preenchimento foram tubos de PVC com diâmetro de 20 mm e comprimento de 1500 mm. O suporte do recheio foi construído por uma chapa cilíndrica totalmente perfurada de aço galvanizado, com orifícios de diâmetro aproximado de 3 mm, afixado a 150 mm acima da entrada do gás. A entrada do solvente ocorreu por meio de um tubo de aço galvanizado de 20 mm de diâmetro, localizado a 50 mm do topo da coluna. Para este projeto, idealizou-se como sistema de distribuição de solvente, a utilização de um crivo de aço galvanizado para o molhamento uniforme do recheio. Para injeção do solvente utilizou-se um conjunto moto-bomba da marca Schneider, com potência de 2 cv, trifásico. De acordo com o fabricante do equipamento, a capacidade máxima de recalque de água é de 74 mca e vazão máxima de 1,67 L.s⁻¹. A medição da vazão de solvente foi efetuada por meio de um hidrômetro, fornecido pela Companhia de Abastecimento do Paraná (SANEPAR), possuindo uma precisão de 0,0001 m³. O controle da vazão foi feito por meio de um registro de esfera. A saída do solvente ocorreu por meio de uma tubulação de 20 mm de diâmetro de aço galvanizado, soldada na parte inferior da coluna a cerca de 50 mm da extremidade inferior da coluna, sendo controlada por uma válvula de alívio. A entrada do gás na coluna foi feita por meio de uma tubulação de aço galvanizado com 20 mm de diâmetro, situada a 420 mm da base da coluna. A injeção do biogás na coluna foi feita por um compressor, responsável pela pressurização do sistema. O controle da pressão no interior da coluna foi realizado por uma válvula reguladora de pressão. Acoplada a esta válvula estava um manômetro de precisão 0,25 kgf.cm⁻² para indicar a pressão de trabalho. O controle da vazão do biogás foi realizado por um equipamento regulador e medidor do fluxo de gás, tipo esfera suspensa, da marca Cole-Parmer e precisão de 6,67 cm³.s⁻¹. A saída do gás foi constituída de uma tubulação de aço galvanizado de 20 mm de diâmetro, localizada no ápice da coluna. Nessa tubulação, instalou-se uma válvula para controle da saída do gás purificado. Acoplado a esta foi adaptado um manômetro para medir a pressão de saída do gás. Para avaliação da coluna, foram feitos ensaios variando-se: a vazão de biogás (entre 190 a 650 cm³.s⁻¹) e pressões de serviço entre de 300 a 500 kPa, mantendo a vazão de solvente fixa (aproximadamente 0,2 L.s⁻¹). Esta faixa de pressão foi escolhida devido às restrições de alguns equipamentos utilizados como, por exemplo, a potência do conjunto moto-bomba e a resistência do cilindro vertical. Foram realizados 5 ensaios com 4 repetições cada, para verificação da influência da razão líquido/gás e da pressão na absorção do biogás. A variação da razão líquido/gás foi feita pela variação da vazão de biogás com fluxo de líquido fixo. Para tal determinação foi utilizado a equação 1 (CCE, 2000):

$$V_L = \frac{V_G}{S.P} \frac{N}{100} \quad (1)$$

em que:

- V_L = Vazão de líquido necessária, L.s⁻¹;
- V_G = Vazão de biogás, cm³.min⁻¹;
- S = Solubilidade do CO₂ em água, cm³.s⁻¹.atm⁻¹;
- P = Pressão de operação, atm e
- N = Nível de CO₂ no biogás, %.

A densidade do biogás foi determinada pela equação 2 (CCE, 2000):

$$\rho_{\text{Biogás}} = \frac{\frac{\%CH_4}{100} \cdot 0,679 + \left(\frac{100 - \%CH_4}{100} \right) \cdot 1,841}{1,206} \quad (2)$$

em que:

$\%CH_4$ = Porcentagem de metano no biogás.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 apresenta a coluna de absorção desenvolvida e instalada junto ao compressor e ao tanque de armazenagem de biogás.

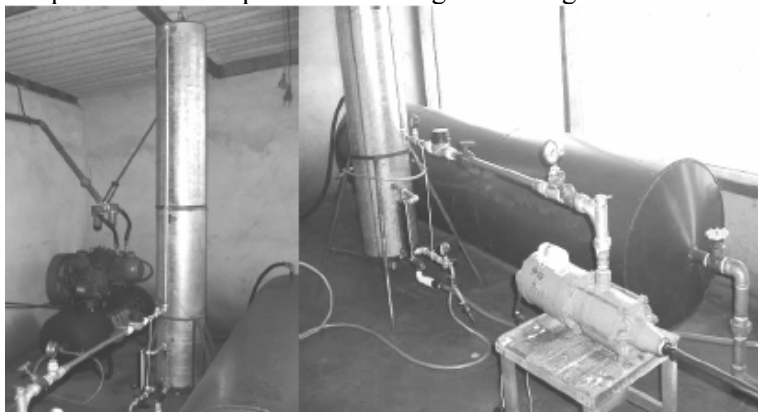


Figura 1 – Coluna de absorção desenvolvida.

O biogás proveniente do biodigestor possuía um teor inicial de CO_2 de 33%, estando condizente com os níveis de 25 a 40% de CO_2 , citado por PINHEIRO (1999). Para avaliação do sistema foram realizados cinco ensaios, onde os dados coletados estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos testes realizados com a coluna de absorção

Ensaio	Pressões médias (kPa)	Vazões médias de solvente ($L \cdot s^{-1}$)	Vazões médias de biogás ($cm^3 \cdot s^{-1}$)	Razão líquido/gás	Nível de CO_2 (%)*	Eficiência (%)
1	329,52	0,108	437,50	3,5	22,0 A	33,0
2	348,14	0,108	208,33	7,0	19,5 B	41,5
3	448,65	0,218	581,25	4,0	22,0 A	33,0
4	446,20	0,218	220,83	10,35	17,5 C	47,0
5	480,53	0,213	207,08	11,73	15,25 D	54,0

* Nota: médias seguidas da mesma letra apresentam valores iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey de comparação de médias.

Pode-se perceber na Tabela 1 que nos teste 1 e 3 o aumento da pressão, para valores de razão líquido/gás semelhantes, não influenciou no aumento da absorção do CO_2 . Isto pode ser explicado pelo fato de apesar da razão líquido/gás ser semelhante, os fluxos de líquido e de gás no teste 3 foram maiores que no teste 1, fazendo com que o gás permanecesse menor tempo no interior da coluna de absorção anulando a influência da pressão no processo. Já nos testes 4 e 5 onde, tanto o fluxo de líquido quanto o fluxo de gás foram semelhantes, o aumento da pressão influenciou na absorção do CO_2 , fazendo com que a eficiência de absorção passasse de 47% para 54%. Na análise da influência da razão líquido/gás pode-se perceber que para pressões semelhantes o aumento da razão líquido/gás fez com que houvesse um aumento da eficiência de absorção, aumentando de 33% para 41,5% para os teste 1 e 2 e de 33% para 47% nos testes 3 e 4. Com a purificação do biogás, passando de 33% de CO_2 para 15% ocorreu um aumento do poder calorífico de $6,6 \text{ kWh} \cdot m^{-3}$ para $8,4 \text{ kWh} \cdot m^{-3}$, respectivamente, o que representa um acréscimo de aproximadamente 27% no poder calorífico com a

purificação do biogás. Por meio da equação 2 calculou-se a densidade do biogás purificado, onde se constatou uma redução de $0,88 \text{ kg.m}^{-3}$ para $0,71 \text{ kg.m}^{-3}$, representando 20% a menos na densidade em relação a inicial (Figura 2).

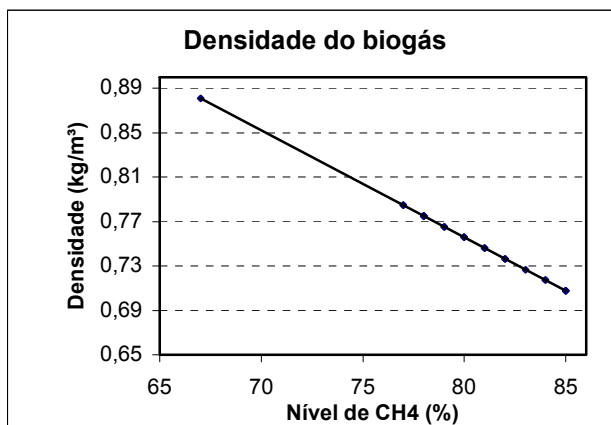


Figura 2 – Densidade do biogás purificado.

Isto fez com que o poder calorífico calculado por unidade mássica passasse de $7,53 \text{ kWh.kg}^{-1}$ para $11,86 \text{ kWh.kg}^{-1}$. Desta forma, com a eliminação do CO_2 do biogás ocorreu um aumento de $4,33 \text{ kWh.kg}^{-1}$, representando um aumento aproximado de 57% no poder calorífico do por unidade mássica de biogás.

CONCLUSÕES: pode-se concluir com este trabalho que: 1 - os fatores pressão e a razão líquido/gás influenciaram no processo de absorção, na qual quanto maior seus valores melhor a eficiência de absorção; 2 - O ponto ótimo de funcionamento da coluna desenvolvida foi operando com pressão de aproximadamente 480 kPa e vazão de biogás de $207 \text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$, estando dentro das limitações do projeto, obtendo uma concentração de CO_2 de 15,25%, o que está dentro do patamar estabelecido pela ANP - Agência Nacional do Petróleo, na Portaria 128, de 28 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001), em relação ao nível de metano que o gás natural deve possuir, tornando o biogás apto a ser utilizado nos mesmos usos finais, com exceção do GNV (gás natural veicular); 3 - a implantação da coluna de absorção como sistema de purificação pode contribuir para melhoria das propriedades físicas e térmicas do biogás, aumentando as possibilidades de usos finais e de armazenamento com a redução da densidade.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AD-NETT. Anaerobic Digestion of Agro-Industrial Wastes: Information Networks. Technical Summary on Gas Treatment. Netherlands. 2000. 31 p
- BRASIL (2001) - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Portaria 128, de 28 de agosto de 2001. p. 10
- CCE – CENTRO PARA CONSERVAÇÃO E ENERGIA. Guia Técnico de Biogás. Amadora – Portugal, 2000. 117 p
- LASTELLA, G., TESTA, C., CORNACCHIA, G., KOTORNICOLA, M., VOLTASIO, F., SHARMA, V. K. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production its purification. Energy Conservation & management. Pergamon. 2002. p.13
- HAGEN, M, POLMAN, E., JENSEN J.K, MYKEN, A., JONSSON, O, DAHL, A. Adding gas from biomass to the gas grid. Report SGC 118. Swedish Gas Center. Sweden. 2001. p. 142
- PINHEIRO P. C. C. Apostila da disciplina de sistemas térmicos, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG, 1999. 32 p.