

MEDIDOR PORTÁTIL PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR APARENTE DE METANO NO BIOGÁS

ARAÚJO, Lays C.; ALBINO, Rebeca J;
DANTAS, Lonan J.; NOGUEIRA, Ângela da Costa; SILVA, J. Nilton.

Universidade Federal de Campina Grande-UFPG. E-mail: nilton@eq.ufcg.edu.br.

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema portátil para detecção aparente de metano presente no biogás, utilizando como princípios, a saber: a absorção e o deslocamento de líquido. O sistema consiste de uma câmara contendo uma solução de hidróxido de sódio, com um volume de ar na proporção de 80% e 20 %, respectivamente. A câmara contém duas aberturas, sendo a primeira, emborrachada para introdução do biogás, e a segunda um canal de coleta do volume deslocado com a adição do biogás. O princípio de funcionamento do sistema está relacionado a absorção e reação do CO₂ com a solução alcalina, reduzindo o teor de CO₂ no volume de biogás injetado, mantendo por sua vez, o metano em fase gasosa. Dessa forma, o volume deslocado pode ser considerado como o volume de gás aparente do metano no biogás. Foram realizados ensaios para diferentes volumes de entrada de biogás para obtenção do percentual do metano aparente, sendo tais valores validados por um método de precisão, utilizou-se o equipamento *Dräger X-am*[®] 7000. O sistema portátil desenvolvido se mostrou adequado e de precisão aceitável para determinação do teor percentual do metano no biogás.

Palavras-chave: Metano, biogás, sistema, detecção, absorção.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a implementação de alternativas tecnológicas com vistas à geração de energia a custos reduzidos para este segmento, podem gerar impactos socioeconômicos positivos. Uma das alternativas tecnológicas mais promissoras diz respeito ao aproveitamento da biomassa para geração de energia (GALBIATTI, 2010).

Segundo o balanço energético nacional de 2017 (BRASIL, 2017), biomassa pode ser destinada ao aproveitamento energético, é uma fonte primária de energia, não fóssil, que consiste em matéria orgânica de origem animal ou vegetal. A biomassa contém energia armazenada sob a forma de energia química. Em relação a sua origem, as biomassas para fins energéticos podem ser classificadas nas categorias de biomassa energética florestal, seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética da agropecuária, as culturas

agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos.

O biogás gerado em biodigestores a partir de resíduos orgânicos é um dos produtos com grande potencial energético na forma de combustível renovável, pode ser utilizado como energia térmica ou na geração de energia elétrica. A sua composição consiste em: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), gás sulfídrico (H_2S) e traços de outros gases. Para que este tenha maior rendimento é necessário a análise da produção para que se tenha o conhecimento da composição do gás. Esta condição pode ser validada através de técnicas de análise quantitativa dos gases presentes no biogás, podendo auxiliar na tomada de decisão para melhorar o desempenho do biodigestor.

O processo de digestão anaeróbia além de reduzir o lixo orgânico, é capaz de transformá-lo em material com valor econômico, através da produção do metano, que pode ser usado como energia renovável. A conversão de resíduos orgânicos em metano e dióxido de carbono por microrganismos anaeróbios está se tornando um meio cada vez mais atraente para o tratamento de resíduos e recuperação de recursos (YANG *et al.*, 2004).

Diversas técnicas analíticas e instrumentais para análise de biogás já foram desenvolvidas, sendo as principais técnicas as baseadas na cromatografia gasosa. Apesar da vantagem na precisão da quantificação dos componentes presentes no biogás na técnica cromatográfica, o custo e acesso a análise é uma desvantagem para pesquisas e análises em campo. O monitoramento de sistemas de biodigestão é importante para o acompanhamento da eficiência e ajustes, quando necessário, no processo.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um equipamento portátil para determinação do teor aparente de metano presente no biogás. Além disso apresentar os princípios de funcionamento e análise do sistema, a validação dos dados obtidos pelo sistema será realizada por meio da análise de precisão utilizando o *Dräger X-am*[®] 7000.

FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente a quantificação de gases vem sendo realizada por equipamentos contendo sistemas eletrônicos, com sensores de alto desempenho e precisão. Visto que, há uma ampla aplicação industrial dos gases em diversos processos, por exemplo, em separação de misturas, purificação do ar, tratamento de efluentes, entre outros.

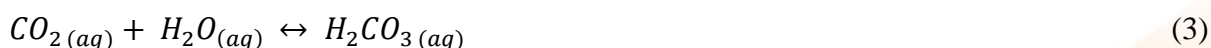
Diversos equipamentos são utilizados na indústria, tais como colunas de absorção com recheio, colunas de resfriamento, onde nesses sistemas, o contato direto da corrente gasosa com a líquida é a principal condição física para separar componentes de correntes gasosas.

Além do contato físico entre a corrente gasosa e a líquida, o grau de solubilidade do componente gasoso em condições de pressão e temperatura são determinantes para a maior eficiência de separação por absorção. Em muitos processos industriais, a absorção pode ocorrer com reação química, como exemplo, a eliminação de gases ácidos tipo H₂S, CO₂ ou SO₂, em meio aquoso com hidróxidos alcalinos. A absorção seguida de uma reação química na fase líquida utiliza-se com frequência para obter ou recuperar um dado soluto (McCABE, 1998).

No biogás para que ocorra absorção do CO₂, considerado o soluto na solução, é necessário a utilização do hidróxido de sódio em meio aquoso, considerando que a solução de NaOH está ionizada na água, Na⁺_(aq) e OH⁻_(aq), sendo essa uma espécie química fortemente alcalina (YOO *et al.*, 2013), de acordo com a Equação 1.



A presença de CO₂ na corrente gasosa na solução de NaOH_(aq), faz com que o CO₂ gasoso seja absorvido, se formando CO₂ aquoso (YOO *et al.*, 2013), de acordo com a Equação 2. Em seguida, o CO₂ aquoso reage com água, formando o ácido carbônico, como mostra a Equação 3.



Dessa forma, as reações possíveis fazem parte do equilíbrio do carbônico com o CO_{2(aq)} de acordo com as Equações 4, 5 e 6.

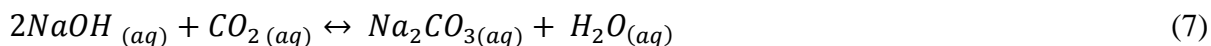


A reação da Equação 3, entre o CO₂ e água para produzir íons HCO₃⁻ e H⁺, tem que ser considerada para baixos valores de pH (FLEISCHER *et al.*, 1996). A mesma reação tem efeito depreciável na absorção de CO₂ em soluções alcalinas com pH > 10 (YINCHENG *et al.*, 2011).

Nas reações seguintes, Equações 4 e 5, o CO₂ aquoso reage com OH⁻ para produzir

HCO_3^- e CO_3^{2-} , sendo essas reações reversíveis e rápidas em baixos valores de pH. Por sua vez, pode-se entender que o $\text{CO}_{2(aq)}$ a baixos pH não existe na reação global, uma vez que reage com OH^- (YOO *et al.*, 2013; FLEISCHER *et al.*, 1996).

Logo a reação global que ocorre pode ser considerada de acordo com a Equação 7.



Embora seja produzido Na_2CO_3 , o N^+ e CO_3^{2-} ficam dissociados no absorvente, sendo o CO_2 introduzido de forma contínua na solução de NaOH, o CO_2 é absorvido, acontecendo a diminuição de OH^- , assim como o acúmulo de CO_3^{2-} .

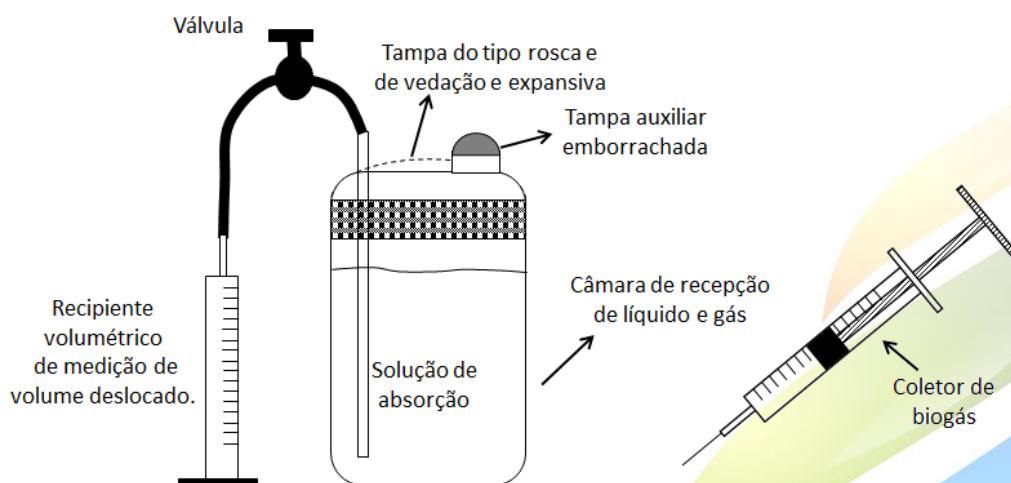
Dessa forma, uma solução de hidróxido de sódio permite separar o CO_2 presente em uma amostra de biogás por absorção, enquanto o metano continua na fase gasosa por ser inerte e de baixa solubilidade em meio alcalino.

METODOLOGIA

Materiais e Métodos

Para desenvolvimento do sistema de análise do teor aparente de metano no biogás, consiste em uma estrutura principal, denominada de câmara de recepção, por um recipiente de vidro, uma abertura com tampão emborrachado, e um canal de sonda, e um injetor. A Figura 1 trata-se de um diagrama utilizado como base para a realização do equipamento.

Figura 1. Diagrama conceitual do sistema portátil de análise de metano em biogás com modificações



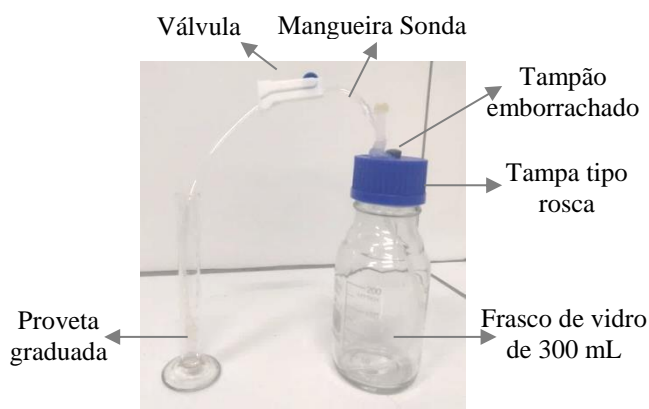
Fonte: Autoria Própria (2018).

Com relação ainda a Figura 1, a câmara de recepção do gás contém solução de hidróxido de sódio concentrado de 3 a 6 mol.L⁻¹. A câmara de expansão presente no equipamento tem por objetivo inflar quando a amostra for injetada e continuar desinflando até

o equilíbrio da absorção dos componentes.

Após o desenvolvimento do modelo (Figura 1), foi possível construir um equipamento físico e de fácil locomoção para a realização das análises, com mostra a Figura 2. Além disso, utilizou-se uma bolsa para armazenamento do gás com o intuito de facilitar a coleta na hora na análise, como mostra a Figura 3.

Figura 2. Protótipo do sistema portátil para estimativa de metano em biogás.



Fonte: A autoria Própria (2018).

Figura 3. Bolsa coletora de gás.



Fonte: A autoria Própria (2018).

No interior da câmara de recepção do biogás encontra-se a solução de absorção (hidróxido de sódio). Na mesma, por meio de um coletor, foi injetada uma amostra de biogás com um volume inicial determinado, mantendo a válvula do sistema fechada por 5 minutos sobre agitação magnética para que ocorra a reação química em questão. Após o tempo determinado, a válvula foi aberta e o volume deslocado foi medido em uma proveta.

O percentual do teor aparente de metano é obtido pela razão entre o valor do volume deslocado pelo valor do volume inicial de injeção de biogás.

A fim de validar os dados obtidos pelo sistema desenvolvido para a análise do teor de metano aparente, como também provar sua eficiência, realizou-se uma análise dos componentes do mesmo biogás por meio de uma técnica de instrumentação eletrônica, obtendo dados de maior precisão, para isso utilizou-se o equipamento denominado *Dräger X-am*[®] 7000, como mostra a Figura 4.

Figura 4. Imagem do *Dräger X-am*[®] 7000



Fonte: Autoria Própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dado que o sistema portátil possui capacidade de 300 mL de volume, optou-se por utilizar apenas 280 mL de NaOH, sendo tal espaço livre para a recepção do biogás. A Tabela 1, mostra os resultados obtidos para cada volume de gás injetado no recipiente e seus respectivos volumes deslocados.

Tabela 1. Resultados dos valores de volumes deslocados para diferentes volumes iniciais

Volume de biogás (mL)	Volume deslocado (mL)			
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
5,00	3,4	2,6	3,1	3,03
10,0	6,7	6,8	7,2	6,9
15,0	9,8	10,2	10,6	10,2

Os dados da leitura do gás injetado no *Dräger X-am*[®] 7000 encontram-se na Tabela 2, os gases lidos pelo equipamento foram o CO₂, CH₄, O₂, CO e H₂S.

Tabela 2. Dados obtidos pelo *Dräger X-am*[®] 7000

Componente	Leitura	Unidade
CO ₂	19,5	Volume %
CH ₄	68,0	Volume %
O ₂	1,80	Volume %
CO	99,0	ppm
H ₂ S	4,00	ppm

Para cálculo do teor aparente de metano, utilizou a razão do volume descolado pelo volume de biogás injetado, como demonstrado na equação 8 a seguir:

$$X_{CH_4} = \frac{V_{deslocado}}{V_{biogás}} \quad (8)$$

Utilizando a equação 8 como também o valor do metano verificado pelo *Dräger X-am*[®]

7000 para cálculo de erro, foi possível obter os seguintes resultados para o teor de metano Tabela 3.

Tabela 3. Teor e erro de metano aparente

Volume de biogás (mL)	Volume deslocado (mL)	Teor de Metano (%)	Erro (%)
5,00	3,03	60,6	10,9
10,0	6,9	69,0	1,50
15,0	10,2	68,0	0,00

Ao ser injetado no recipiente, os componentes do biogás são submetidos a uma espécie de separação, o CO₂ passa do estado gasoso para o líquido pelo processo de absorção. O metano não é absorvido pelo reagente por ser inerte, assim ele permanece na forma de gás na câmara de recepção, aumentando por consequência a pressão no interior do sistema. Após a ocorrência da reação e abertura de válvula, ocorre deslocamento de um determinado volume de líquido na proveta, por meio deste líquido deslocado é possível determinar a quantidade aparente de metano. Esse fenômeno ocorre devido ao equilíbrio isobárico, ou seja, o gás no interior da câmara tende a entrar em equilíbrio com a pressão externa (pressão atmosférica).

A determinação do metano no biogás é importante para verificação da condição de funcionamento do processo. O teor de metano indica como a biodigestão está nas fases de digestão anaeróbia. Uma vez apresentando um teor baixo pode indicar que poderá existir uma entrada de oxigênio no meio da fermentação, o que indica a baixa eficiência do processo digestivo.

Assim, para a análise da melhor quantidade de biogás a ser injetado no sistema, verificou-se que os resultados foram satisfatórios, levando-se em consideração os erros experimentais que influenciam no experimento.

CONCLUSÃO

Diante das análises dos resultados obtidos, verificou-se que o sistema de detecção aparente de metano no biogás teve desempenho satisfatório, com erros menores que 2,5 % para injeção de biogás de 10 e 15 mL, no entanto apresentando erro percentual de 10,9 % para o volume de 5 mL. O sistema portátil desenvolvido se mostrou adequado e de precisão aceitável para determinação do teor percentual do metano no biogás.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso: 07 de julho de 2018;

DRAGER X-AM[®] 7000. *Technical Handbook Drager*. Disponível em <<https://www.draeger.com/Products/Content/x-am-7000-pi-9044772-en-gb.pdf>>. Acesso: 7 de julho de 2018;

FLEISCHER, C., BECKER, S., EIGENBERGER, G. “Detailed modeling of the chemisorption of CO₂ into NaOH in a bubble column”, *Chemical Engineering Science*, v. 51, n.10 pp. 1715-1724, 1996;

MCCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOTT, P. *Operaciones Unitárias en Ingeniería Química*. 4 ed. McGraw Hill, 1998.

YANG, Y. *et al.* Performance of a fixed-bed reactor packed with carbon felt during anaerobic digestion of cellulose. *Bioresource Technology*, v. 94. p. 197-201, 2004;

YINCHENG, G., ZHENQI, N, WENYI, L., “Comparation of removal efficiencies of carbon dioxide between aqueous ammonia and NaOH solution in a fine spray column”, *Energy Procedia* v.4, pp. 512-518, 2011;

YOO, M.,HAN, SANG-J, WEE, JUNG-H et al., “Carbon dioxide capture capacity of sodium hydroxide aqueous solution”, *Journal of Environmental Management*, v. 114, pp. 512-519, 2013;