

Avaliação da influência do glicerol sobre a geração de biogás de resíduos sólidos urbanos através do teste BMP

Evaluation of the influence of glycerol on the biogas generation of solid urban waste through the BMP test

DOI:10.34117/bjdv7n5-039

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 03/05/2021

Sávio Henrique de Barros Holanda

Mestre e Doutorando em Engenharia Civil/Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - Dep. Eng. Civil - CTG – UFPE. Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.

E-mail: savioholanda@hotmail.com

Rafaella de Moura Medeiros

Mestranda em Engenharia Civil/Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - Dep. Eng. Civil - CTG – UFPE. Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.

E-mail:rafaellamouraa1@gmail.com

Mário José da Silva Júnior

Mestre em Engenharia Civil/Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - Dep. Eng. Civil - CTG – UFPE. Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.

E-mail: mariojuniorufpe@hotmail.com

Jéssica de Oliveira Rocha

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Centro Universitário Maurício de Nassau – Uninassau.

Endereço: Rua Corretos, nº 615, Casa 102, Janga – Paulista/PE – Brasil.

E-mail: jessikaoliveira84@hotmail.com

Renata Pereira da Silva

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Centro Universitário Maurício de Nassau – Uninassau

Endereço: Rua Nossa Senhora da Pompéia, nº 65, Encruzilhada – Recife/PE – Brasil.

E-mail: renata.pereira.01@hotmail.com

Antônio Rodrigues de Brito

Engenheiro Civil pela Universidade de Pernambuco. Funcionário do Laboratório de Solos e Instrumentação da Universidade Federal de Pernambuco. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - Dep. Eng. Civil - CTG – UFPE. Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.
E-mail: brito.antonio@gmail.com

Leonor Alves de Oliveira da Silva

Doutora em Microbiologia Aplicada pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Professora Adjunta da Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Antibióticos. Rua Prof. Artur de Sá, s/n, Cidade Universitária – Recife – PE – Brasil.

E-mail: laodls@yahoo.com.br

José Fernando Thomé Jucá

Doutor em Engenharia Civil pela Universidad Politécnica de Madrid – Espanha e Pós-Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo.

Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE (GRS/UFPE).

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - Dep. Eng. Civil - CTG – UFPE. Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.

E-mail: jucah@ufpe.br

RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos nos grandes centros urbanos tem sido temática central nas discussões da comunidade científica nacional e internacional, uma vez que está intrinsecamente relacionada ao crescimento populacional. Dentre as tecnologias de tratamento existentes atualmente, a biodigestão anaeróbia tem obtido grande aceitação, sobretudo nos países em desenvolvimento, devido aos subprodutos do processo bioquímico, o biogás e o biofertilizante. A codigestão consiste na adição de duas ou mais substâncias, geralmente substratos e inóculos, na qual o substrato é fonte de carbono e nutrientes, e o inóculo fornece um aporte de umidade e microrganismos para a existência de uma fluidez no processo bioquímico anaeróbio. No processo de fabricação de biodiesel, o glicerol responde por 10% do volume total produzido e diante da elevada velocidade de produção de biodiesel, proporcionada pela Lei federal nº 11.097/2005, fez-se necessário a inserção desta substância em diversos outros setores da indústria, a fim de mitigar os impactos negativos resultantes da sua disposição no meio ambiente. O presente trabalho visa a avaliar a influência da adição de glicerol na geração de biogás a partir dos resíduos sólidos urbanos. Para tal experimento, utilizou-se o teste BMP, amplamente adotado por vários centros de pesquisa em todo o mundo, desenvolvendo-o em triplicata, conforme metodologia descrita por Alves (2008). Observou-se que a utilização de glicerol (15%), que produziu um volume acumulado global e uma taxa diária de biogás de 265 NmL e 50 NmL/d, respectivamente, influenciou consideravelmente na produção de biogás de lodo de ETE, mostrando assim, que o glicerol se apresenta como uma boa alternativa para a geração de biogás, ressaltando que se faz necessário dosá-lo de forma cautelosa, uma vez que sua elevada carga orgânica pode inibir o processo anaeróbio.

Palavras-chave: GEE; Lodo de esgoto; Digestão anaeróbia; Microrganismos; Ensaio BMP; Biogás; Glicerol; Codigestão; Biodigestor.

ABSTRACT

The growing generation of solid waste in large urban centers has been a central theme in the national and international scientific community discussions since it is intrinsically related to population growth. Among the treatment technologies currently available, anaerobic digestion has gained wide acceptance, especially in developing countries, due to the by-products of the biochemical process: biogas and biofertilizer. Co-digestion consists of the addition of two or more substances, usually substrates and inoculum; the substrate is a source of carbon and nutrients, and the inoculum provides an input of moisture and microorganisms for a fluid anaerobic biochemical process. In the biodiesel manufacturing process, glycerol accounts for 10% of the total volume produced. Due to the high speed of biodiesel production provided by federal law 11.097/2005, it has become needed to insert this glycerol in several other industry sectors to mitigate the negative impacts resulting from its disposal in the environment. This paper aims to evaluate the influence of glycerol addition in biogas generation from municipal solid waste. For this experiment, it was used the BMP test, which is widely adopted by several research centers around the world; these tests were performed in triplicate. It was observed that the use of glycerol (15%), which produced an overall accumulated volume and a daily biogas rate of 265 NmL and 50 NmL/d, respectively, considerably influenced the production of biogas from WWTP's sludge. Thus, it has been noted that glycerol is a good alternative for biogas generation. It is highlighted that glycerol must be dosed cautiously since its high organic load may inhibit the anaerobic process.

Keywords: GHG; Sewage sludge; Anaerobic digestion; Microorganisms; BMP Test; Biogas; Glycerol; Codigestion; Biodigester.

1 INTRODUÇÃO

A abrupta diminuição das reservas de petróleo aliada à elevação do valor monetário do barril e ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa têm contribuído na busca incessante da sociedade contemporânea por energias limpas (ditas “verdes”) (FEY, 2011; PENTEADO et al., 2018).

Dentre as inúmeras tecnologias existentes atualmente, a digestão anaeróbia tem se destacado, sobretudo devido às vantagens que apresenta. Por ser uma tecnologia de fácil uso e manuseio, permite a aplicação de uma variedade de substratos e inóculos, e produz uma baixa quantidade de lodo durante o processo biológico, além de subprodutos como biogás e biofertilizante de elevadas qualidades; a adoção destes sistemas é cada vez maior no Brasil, sobretudo na região sul, onde a tecnologia ganhou suporte para a sua propagação (AMORIM et al., 2018).

O tratamento anaeróbio de dois ou mais substratos simultaneamente (codigestão) apresenta vantagens ante a digestão de resíduos individuais (monodigestão) (MATA-ALVAREZ et al., 2014), como diluição de componentes tóxicos ou mesmo a adição de nutrientes ao meio. Tal processo permite a inserção de resíduos, ricos em energia, em

sistemas anaeróbios, impulsionando-os com uma carga microbiana, umidade, nutrientes etc., favorecendo a ocorrência de um “*upgrade*” na geração de biogás e na redução de carga orgânica, devido ao aumento da eficiência na degradação de resíduos orgânicos (CHOW et al., 2020).

Um dos substratos utilizados nesta tecnologia consiste nos resíduos sólidos urbanos, cuja geração provém dos centros urbanos municipais, e se constitui em uma infinidade de substâncias, desde materiais orgânicos fácil e rapidamente degradáveis, até plásticos, couros e borrachas, podendo ser classificados como dificilmente degradáveis ou não degradáveis.

Outro tipo de resíduo, o glicerol, oriundo da cadeia produtiva do biodiesel, consiste em um líquido bastante viscoso, com elevada carga orgânica, cuja geração refere-se a 10% do volume de produção do biodiesel. Nas últimas décadas, o biodiesel tem apresentado um crescimento acelerado, sobretudo no mercado brasileiro, devido à implementação da Lei federal nº 11.097/2005 (Brasil, 2005), que estabeleceu a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao combustível fóssil, em todo o território brasileiro (STRACKE et al., 2018). Esta determinação visa contribuir para a redução da emissão, na atmosfera, de gases de efeito estufa (GEEs), cujo compromisso foi estabelecido na ocorrência do então Protocolo de Kyoto, no ano de 1997 (CIRMAN et al., 2009).

Desta forma, este trabalho objetivou analisar a interferência do glicerol sobre a geração de biogás oriundo da codigestão de resíduos sólidos urbanos (substrato) e lodo de estação de tratamento de esgoto doméstico (inóculo), através da utilização do teste que permite avaliar o potencial máximo de geração de biogás, sob condições ideais, denominado teste BMP (*Biochemical Methane Potential*, ou Potencial Bioquímico de Metano) (AMODEO et al., 2020; KOCH et al., 2020).

2 OBJETIVOS

Agregar valor de mercado e importância ao glicerol, através da sua utilização como substrato adicional, na codigestão anaeróbia (através do teste BMP) de resíduos provenientes de diversas cadeias produtivas de matérias-primas, visando impulsionar a produção de biogás, como também, reduzir o descarte incorreto do glicerol no meio ambiente, evitando severos impactos ambientais.

3 METODOLOGIA

O lodo de esgoto foi coletado de um reator tipo RAFA (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente) existente na Estação de Tratamento de Esgotos da Mangueira, localizada no bairro da Mangueira, pertencente à Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa, no município do Recife-PE. Para tanto, utilizou-se de uma bombona plástica transparente, com capacidade volumétrica de 10 litros.

O glicerol, por sua vez, foi proveniente da Usina Experimental de Biodiesel, pertencente ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE, localizada na cidade de Caetés-PE, cujo trabalho de pesquisa envolve a cadeia produtiva do biodiesel, produzido a partir do óleo de algodão.

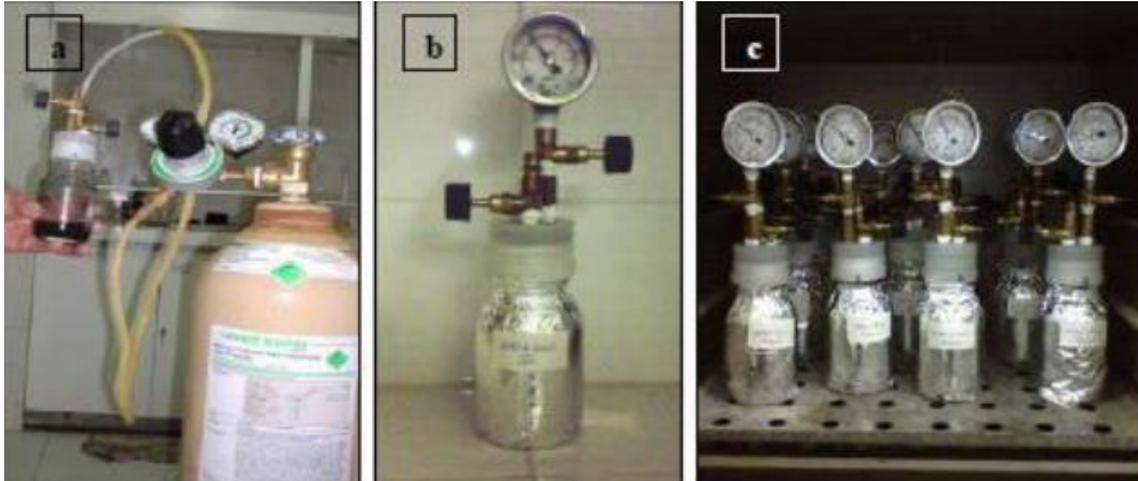
Nesta pesquisa, não foi realizada a caracterização físico-química nem do lodo de esgotos, nem do glicerol.

COLETA DE DADOS

A metodologia usada no referido experimento foi baseada na metodologia descrita no trabalho realizado por ALVES (2008), com algumas modificações:

- I. No que se refere à combinação dos componentes (lodo anaeróbio e glicerol), com a inclusão de diferentes concentrações de glicerol (5%, 10%, 15%, 20%), colocadas proporcionalmente ao volume de inóculo (50 ml) inserido em frascos de vidro de 250 ml.
- II. Após o fechamento dos frascos com tampas de silicone compostas por dois orifícios rosqueados (um de entrada e outro de saída de gás), foi feita a circulação de N₂, com a finalidade de promover uma atmosfera anaeróbia ao interior do frasco.
- III. Em seguida, os manômetros foram acoplados às conexões, e os frascos cobertos com folha de alumínio, a fim de evitar a interferência da luz na biodegradação dos resíduos, e incubados em uma estufa à temperatura de 37°C, durante um período de 60 dias.

Figura 1. Etapas do teste BMP, onde: (a) Circulação de nitrogênio nos biorreatores; (b) fechamento dos biorreatores e inserção dos manômetros; (c) incubação dos biorreatores em estufa à temperatura mesófila constante de 37°C.



Fonte: Alves (2008).

É importante esclarecer que, pelo fato de o experimento ter sido realizado em triplicata, ou seja, com a inclusão do volume de inóculo (lodo anaeróbio) e de uma concentração semelhante de glicerol a cada grupo de três frascos, houve a necessidade da existência de dois grupos de frascos (seis frascos) constituindo as amostras denominadas “controle”, onde três frascos continham apenas o lodo, e outros três, apenas o glicerol.

O monitoramento dos biorreatores foi realizado com frequência diária, com o auxílio de uma prancheta para o registro de dados como “data”, “hora”, “identificação do biorreator”, e “pressão” registrada pelo manômetro.

O referido ensaio foi encerrado após um período de 60 dias, quando o comportamento tanto da “Produção Acumulada de Biogás” quanto da “Taxa de Geração Diária” dos biorreatores apresentou estabilidade, ou pequena variação numérica.

O gráfico que apresenta as taxas de geração diária de biogás refere-se aos volumes produção de biogás a cada dia de experimento. Desta forma, a taxa de geração é resultante da equação matemática descrita abaixo, conforme ALVES (2008):

Taxa de Geração de Biogás (NmL/dia)

$$\text{Taxa de Geração de Biogás} = \frac{\text{Volume Acumulado CNTP (NmL)}}{\text{Nº de dias corridos}} \quad \text{equação (1)}$$

Já o gráfico que apresenta a taxa de geração acumulada de biogás é esclarecido através da equação descrita a seguir, de acordo com trabalho realizado por ALVES (2008):

Volume de Biogás Acumulado CNTP (NmL)

$$[\text{Volume acumulado (mL)}] \times \left[\frac{273}{TF} \text{ (K)} \right] \times \left[\frac{\text{Patm. (mbar)} - 42}{760} \right] \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

TF (K): Temperatura do Frasco em Kelvin

Patm (mbar): Pressão Atmosférica em milibar

4 RESULTADOS

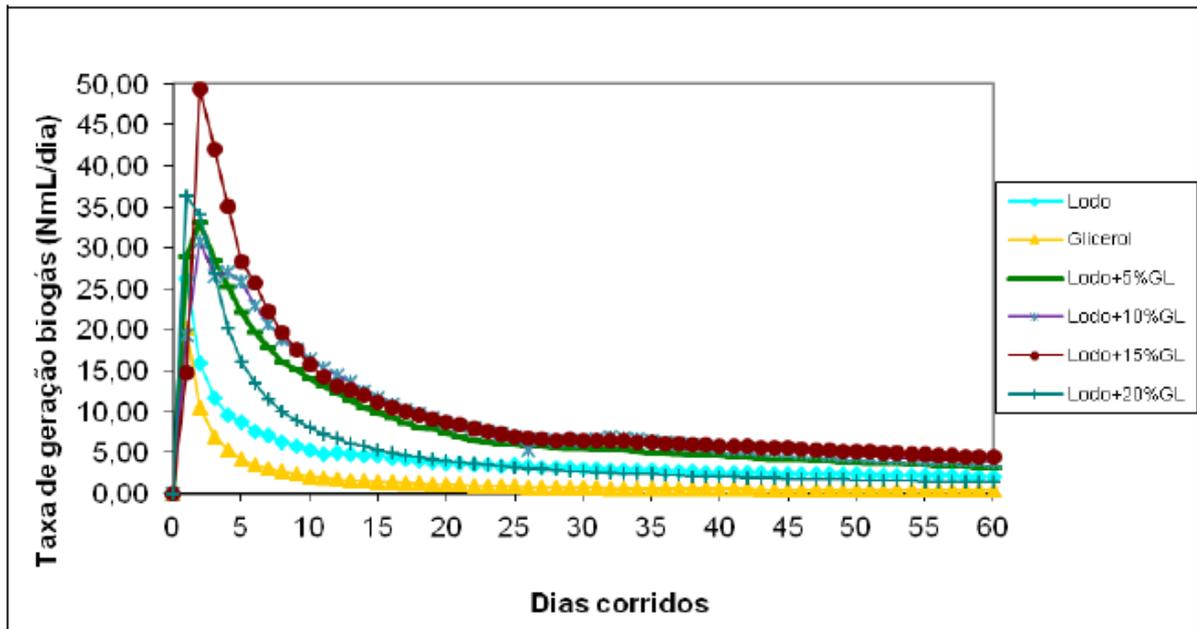
A taxa de geração de biogás proveniente da biodegradação das amostras consideradas como controle (lodo e glicerol) e as codigestões de lodo com diferentes concentrações de glicerol, incrementadas proporcionalmente sobre o volume de lodo (5%, 10%, 15%, 20%), estão apresentadas na Figura 2.

Conforme observado nesta figura, as amostras atingem um pico na taxa de geração de biogás por possuírem, nos primeiros três dias de experimento, uma elevada quantidade de matéria orgânica disponível para ser decomposta. O mesmo aspecto foi verificado no estudo de ALVES (2008). Foi possível constatar também uma diminuição da taxa de geração de biogás ao longo do tempo, ocorrendo à medida que diminui a quantidade de matéria orgânica biodegradável disponível.

Com relação às diferentes concentrações de glicerol inseridas, pode-se haver um maior aproveitamento/geração de biogás ao realizar a codigestão de lodo com incremento de 15% de glicerol no volume deste inóculo, conforme pode ser observado na Figura 3.

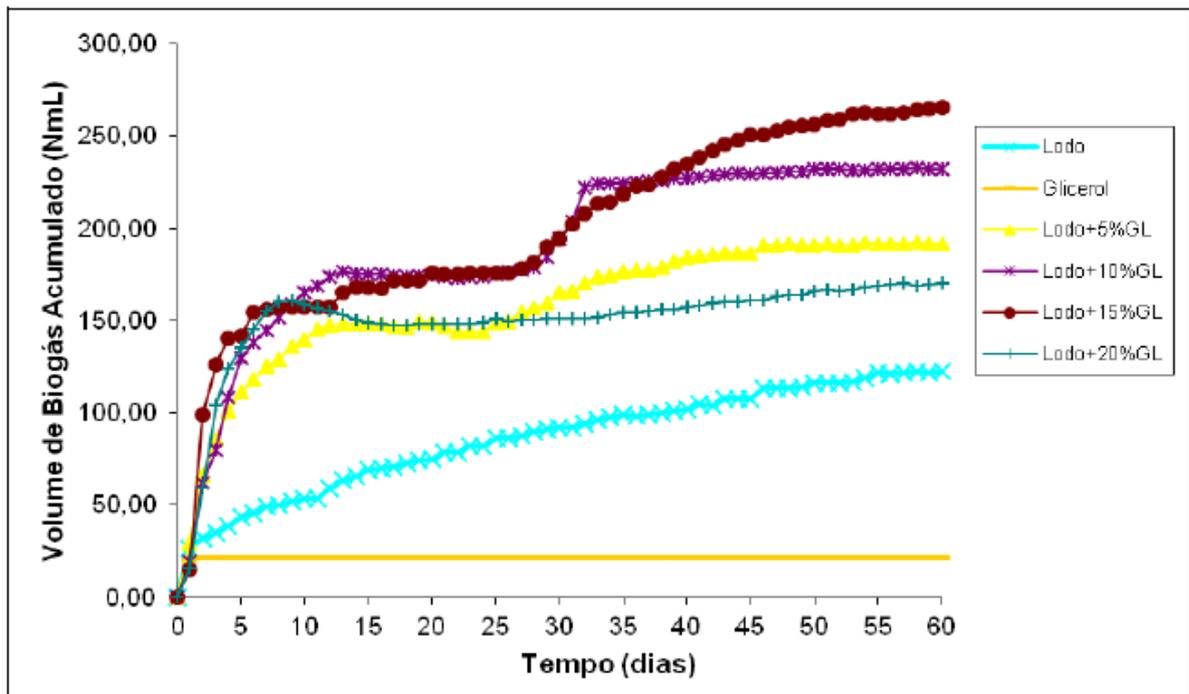
Ao se analisar as Figuras 2 e 3, em conjunto, percebe-se que a mistura “Lodo+15% glicerol” apresentou as melhores taxa de geração e produção acumulada de biogás, tendo pico de geração das mesmas, por volta do 4º dia, atingindo, respectivamente, 60 NmL/dia e 260 NmL de biogás produzido.

Figura 2. Comportamento da taxa de geração de biogás de amostras de lodo com diferentes concentrações de glicerol



Fonte: Autores do trabalho.

Figura 3. Comportamento do volume de biogás acumulado de amostras de lodo com diferentes concentrações de glicerol.



Fonte: Autores do trabalho.

O cenário “Lodo+20%Glicerol” foi o único que apresentou comportamentos desproporcionais tanto da produção acumulada e da taxa de geração de biogás. Cirne et al. (2007) citados por Simm et al. (2017) atribuem tais comportamentos a possíveis acumulações de ácidos graxos de cadeias longas, constituintes do glicerol, os quais,

podem ou não ser metabolizados pelos microrganismos, gerando uma sobrecarga orgânica e a acidificação do biodigestor, culminando na cessação da geração de biogás.

No seu trabalho, Simm et al. (2017) realizaram a codigestão de estrume de gado leiteiro e glicerina bruta, adicionando-se percentuais de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de glicerina sobre o percentual de sólidos totais do estrume de gado leiteiro. Os melhores resultados de produção específica de biogás ocorreram nas codigestões de “estrume com 6% de glicerina”, com geração de $0,267 \text{ L.g}^{-1} \text{ ST}$, e “estrume com 4% de glicerina”, com rendimento de $0,364 \text{ L.g}^{-1} \text{ SV}$. Percentuais superiores (15 e 20%) de glicerina adicionada ao estrume de gado leiteiro resultaram em menores volumes de biogás gerados, $0,300 \text{ L.g}^{-1} \text{ SV}$ e $0,250 \text{ L.g}^{-1} \text{ SV}$.

5 CONCLUSÕES

Através dos resultados conferidos ao longo deste trabalho, com o aumento da geração de biogás pela codigestão de 0, 5, 10 e 15% de glicerol na digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos, verifica-se a importância da realização de experimentos que estimem o potencial energético do biogás gerado pela inclusão do glicerol.

Recomenda-se, posteriormente, a execução de experimentos semelhantes, porém com concentrações mais elevadas de glicerol e com diferentes volumes de lodo anaeróbio, a fim de avaliar o comportamento da geração acumulada de biogás.

REFERÊNCIAS

ALVES, I.R.F.S. **Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos**. 2008, 134f. Dissertação de Mestrado – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

1. AMODEO, C.; HAFNER, S.D.; FRANCO, R.T.; BENBELKACEM, H.; MORETTI, P.; BAYARD, R.; BUFFIÈRE, P. 2020. How Different Are Manometric, Gravimetric, and Automatic Volumetric BMP Results? *Water*, v. 12, n. 1839.

2. AMORIM, N. B.; MAGALHÃES, G. V. V.; LIMA, A. C. A.; ALBUQUERQUE, L. V.; STEFANUTTI, R. Co-digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos utilizando a casca do coco como co-substrato visando a produção de biogás. Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. SÃO PAULO-SP, 2017.

3. BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 de janeiro de 2005. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/lei/2005/lei-11097-13-janeiro-2005-535383-norma-Atualizada-pl.html>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

4. CHOW, W.L.; CHONG, S.; LIM, J.W.; CHAN, Y.J.; CHONG, M.F.; TIONG, T.J.; CHIN, J.K.; PAN, G.T. 2020. Anaerobic Co-Digestion of Wastewater Sludge: A Review of Potential Co-Substrates and Operating Factors for Improved Methane Yield. *Processes*, 8, 39, 1-21.

5. CIRMAN, A.; DOMADENIK, P.; KOMAN, M.; REDEK, T. 2009. The Kyoto Protocol in a Global Perspective. *Economic and Business Review*, vol. 11, n. 1, p. 29-54.

6. FEY, C. **Logística Reversa e Reuso de Bens Produtivos pelo Setor Industrial**. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO. SÃO PAULO-SP, 2011, 50 p.

7. HOLANDA, S. H. B. **Avaliação da influência do glicerol na geração de biogás de resíduos sólidos urbanos**. Monografia - Graduação em Engenharia Ambiental - Faculdade Maurício de Nassau, Recife-PE, 2012, 58p.

8. KOCH, K.; HAFNER, S.D.; WEINRICH, S.; ASTALS, S.; HOLLIGER, C. (2020). Power and Limitations of Biochemical Methane Potential (BMP) Tests. *Frontiers in Energy Research*, v. 8, n. 63. doi: 10.3389/fenrg.2020.00063.

9. MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; ROMERO-GÜIZA, M.; FONOLL, X.; PECES, M.; ASTALS, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.36, p.412-427, 2014.

10. PENTEADO, M.C.; SCHIRMER, W.N.; DOURADO, D.C.; GUERI, M.V.D. Análise do potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça e bagaço de cana. 2018 *Biofix Scientific Journal*, v.3, n.1, p. 26-33.

11. SIMM, S.; ORRICO, A.C.A.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; SUNADA, N.S.; SCHWINGEL, A.W.; COSTA, M.S.S.M. 2017. Crude glycerin in anaerobic co-digestion

of dairy cattle manure increases methane production. *Scientia Agricola*, v. 74, n. 3, p. 175-179, May/June.

12. STRACKE, M.P.; WBATUBA, B.B.R.; PADILHA, G.; SEIBERT, R.M.; SCHREKKER, H.S. 2016. Biodiesel production process: valorization of the crude glycerol constituents. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3401-3416, out/dez.