

Determinação dos fatores de influência em ensaios de controle positivo na determinação do potencial bioquímico de metano

Bianca Aparecida Ribeiro ¹

Aiko Martins Fukuma ²

Bárbara Pereira Landim ³

Larissa Ferreira Firmo ⁴

Jessica Jacinta Silva ⁵

Renata Piacentini Rodriguez ⁶

Energias renováveis e possibilidades de aplicação.

Resumo

O ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (PBM) é um teste essencial para avaliar a eficiência de conversão de resíduos orgânicos em biogás e metano, otimizando processos de digestão anaeróbia. Ele permite ajustar parâmetros operacionais, como a relação inóculo: substrato, temperatura e tempo de retenção, maximizando a produção de metano e contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, ao evitar a liberação descontrolada de metano em aterros sanitários. Além disso, o PBM desempenha um papel importante na economia circular e na diversificação da matriz energética, promovendo a sustentabilidade e a redução do uso de combustíveis fósseis. Para validar os resultados do teste, é essencial cumprir critérios rigorosos, como a realização de ensaios em triplicata e o controle de variações nos parâmetros de inóculo e substrato. Experimentos demonstraram que a relação inóculo substrato afeta diretamente a produção de biogás, enquanto a concentração de celulose apresentou pouca influência quando a relação inóculo:substrato (I:S) foi fixa. A elevada atividade de endogenia no inóculo utilizado foi identificada como uma possível causa de produção excessiva de biogás, sugerindo que a inativação prévia da endogenia pode melhorar a precisão dos resultados.

Palavras-chave: Digestão anaeróbia, biogás, metano, inóculo, substrato

¹Discente, Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia, biancaaparecida.ribeiro@sou.unifal-mg.edu.br

²Discente, Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia

³Discente, Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia

⁴Discente, Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia

⁵Discente, Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia

⁶Prof. Dra., Universidade Federal de Alfenas–Departamento Instituto de Ciência e Tecnologia

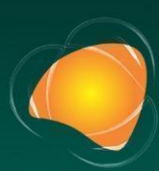
INTRODUÇÃO

Os ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (PBM) são uma ferramenta crucial para determinar a capacidade de conversão de substratos orgânicos em biogás e metano, por meio da quantificação do volume de metano gerado pela decomposição microbiana de um substrato específico (HOLLIGER et al., 2016). Nesse contexto, diferentes tipos de microorganismos atuam de forma sequencial em quatro fases interdependentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Esse consórcio microbiano é sensível às condições ambientais, tornando essencial o equilíbrio de uma variedade de fatores para otimizar as chances de se alcançar um design eficaz e uma operação eficiente (FILER et al., 2019).

Ademais, os ensaios de PBM são ferramentas que auxiliam o avanço de tecnologias sustentáveis na gestão de resíduos e na produção de energia. Sua aplicação não apenas otimiza os processos de digestão anaeróbia, mas também sustenta o desenvolvimento de infraestruturas eficientes, contribuindo de maneira significativa para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (BILOTTA; ROSS, 2016).

Neste contexto, os processos anaeróbios representam uma alternativa promissora devido às elevadas taxas de geração de biogás, sendo amplamente empregados no tratamento de resíduos sólidos. Com as mudanças climáticas em andamento, é urgentemente necessário minimizar a emissão de gases de efeito estufa, incluindo a gestão inadequada de resíduos (MAGALHÃES, 2018).

As inconsistências nos resultados dos testes de BMP possuem implicações práticas significativas, uma vez que esses ensaios fundamentam as estimativas de viabilidade técnica e econômica de plantas de digestão anaeróbica. Desse modo, as divergências nos resultados obtidos entre diferentes laboratórios podem resultar em variações substanciais na previsão do rendimento de biogás e na determinação do tamanho dos equipamentos necessários (HOLLIGER et al., 2016). Durante a realização de um ensaio de PBM, a validação é realizada por meio de um ensaio denominado controle positivo, no qual a celulose é incluída como único substrato para a produção de biogás. A utilização da celulose é devida à sua cadeia de monômeros de glicose que obrigam a comunidade microbiana a realizar as 4 etapas da digestão anaeróbia para realizar a conversão completa desse substrato em metano.



Entretanto, menos de 5% dos artigos publicados na literatura relatam a realização de controles positivos, considerando algumas dificuldades que este teste apresenta quanto à sua capacidade de validação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os fatores de influência sobre a realização de ensaios de controle positivo para os ensaios de potencial bioquímico de metano.

METODOLOGIA

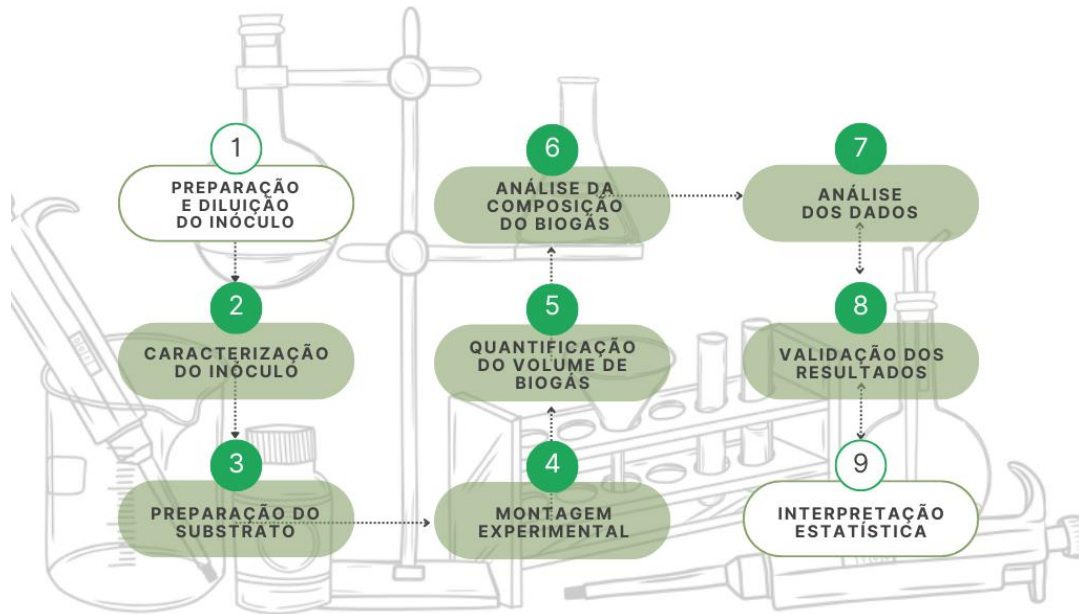
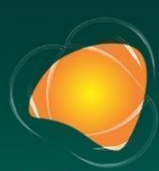
A condução dos ensaios foi baseada em algumas metodologias descritas pela literatura (Holliger et al. 2016, VDI 4630 2016 e Angelidaki et al. 2009), variando-se principalmente a relação inóculo:substrato em termos de sólidos totais voláteis (STV), a concentração máxima e mínima de inóculo e o tipo de controle positivo utilizado para validar o teste.

Em geral, a celulose microcristalina e a gelatina em grau analítico são os principais substratos na condução de ensaios de controle positivo, que tem como objetivo indicar a capacidade do inóculo utilizado em realizar as 4 etapas da digestão anaeróbia: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

O inóculo foi caracterizado em termos de sólidos totais e sólidos totais voláteis, de acordo com o de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Frascos de 120 ml foram operados com 70 ml de volume útil, contendo inóculo de origem anaeróbia (Avícola Ideal, Pereiras-SP) e celulose, de acordo com as seguintes condições experimentais (realizadas em triplicata): nos ensaios denominados 2 a 6, a relação inóculo: substrato variou de 1,0 até 4,0; enquanto nos ensaios denominados de 7 a 10, a quantidade de celulose adicionada por reator variou de 0,46 a 0,92 g, mantendo-se a relação inóculo: substrato fixa em 2,0. Os frascos foram mantidos em operação a 35° C, sem agitação, por um período de 70 dias. A determinação do biogás foi realizada por meio de seringa de vidro de 20 ml diariamente até o 11º dia de operação, sendo posteriormente realizada a cada 5 dias. A metodologia deste trabalho foi desenvolvida conforme a Figura 1.

Figura 1 - Metodologia do processo experimental.



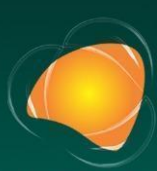
Fonte: Autores (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação do ensaio ocorre quando a produção específica máxima de metano na presença de celulose microcristalina atinge $745 \pm 10\%$ ml de biogás/g SVT (VDI 4630, 2016) ou um valor superior a 352 ml de metano/g SVT (HOLLIGER et al., 2016). Entretanto, a condução de ensaios de controle positivo é realizada por menos de 5% dos artigos publicados na literatura sobre ensaios de PBM, em função das dificuldades de validar todos os tipos de inóculo nas condições descritas anteriormente.

Os resultados indicaram que a variação da relação inóculo:substrato (I:S) possui grande influência sobre a produção máxima de biogás, sendo parâmetros diretamente proporcionais. A maior produção de biogás foi obtida para o ensaios onde a relação I:S foi de 4,0 e atingiu 1568 ml biogás/g SV, enquanto a menor produção observado foi quando a relação I:S foi 1,0 (1010 ml biogás/g SV).

Entretanto, quando a relação I:S foi fixada em 2,0, o aumento da concentração de celulose apresentou pouca influência sobre a produção de biogás, 1075 ml biogás/g SVT (valor mínimo) e 1165 ml biogás/g SVT (valor máximo). Os resultados desse estudo indicaram, todavia, que em todos os ensaios realizados, a produção máxima de biogás ultrapassou o valor limite indicado pela metodologia



VDI 4630 (2016), que é de $745 \pm 10\%$ ml de biogás/g SVT, ou seja, isso indicaria que existem outras fontes de matéria orgânica no sistema contribuindo para a formação de biogás. Uma das razões que pode explicar os resultados observados é a atividade de endogenia no inóculo utilizado. A atividade de endogenia refere-se ao consumo de matéria orgânica do próprio inóculo para ser convertida em biogás e metano. O inóculo utilizado nesse estudo é uma biomassa que apresenta elevada atividade metanogênica, em função de sua origem, um reator UASB tratamento de resíduos de abatedouro de aves. Esse reator é um sistema de alta performance em termos de tratamento e a composição do inóculo apresenta grande diversidade microbiana. Nesse sentido, sugere-se como próxima etapa dessa pesquisa, maior período de inativação da atividade de endogenia do inóculo, anteriormente ao início dos ensaios de PBM. Dessa forma, acredita-se que será possível validar os resultados de acordo com as literaturas indicadas.

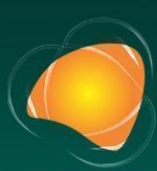
CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que a relação inóculo:substrato influencia diretamente a produção de biogás, com maior relação resultando em maior produção. A variação na concentração de celulose não afeta significativamente a produção de biogás quando a relação I:S é mantida constante. Observa-se que a atividade de endogenia no inóculo utilizado contribui para a produção excedente de biogás, sugerindo a necessidade de maior período de inativação dessa atividade antes dos ensaios. A pesquisa alcança seu objetivo ao mostrar a importância de ajustar os parâmetros de inóculo e substrato para otimizar o processo de digestão anaeróbia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq (Processo 405692/2022-6) pelo financiamento do projeto e a concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS



HOLLIGER, C., FRUTEAU DE LACLOS, H., HACK, G. Methane production of full-scale anaerobic digestion plants calculated from substrate's biomethane potentials compares well with the one measured on-site. *Frontiers in Energy Research*, v. 5, p. 12. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2017.00012>. Acesso em: 18 Set 2024.

BILOTTA, Patrícia; ROSS, Bárbara Zanicotti Leite. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 275-282, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016141477>. Acesso em: 18 Set 2024.

FILER, J.; DING, H.H.; CHANG, S. Biochemical Methane Potential (BMP) Assay Method for Anaerobic Digestion Research. *Water* 2019, 11, 921. <https://doi.org/10.3390/w11050921>. Acesso em: 18 Set 2024.

MAGALHÃES, Geísa Vieira Vasconcelos. **Avaliação da biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos: ensaios de potencial bioquímico de metano (BMP) e projeto piloto de um biodigestor em escala real.** 2018. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/34759>. Acesso em: 18 Set 2024.