

PRODUÇÃO DE METANO A PARTIR DE DIGESTÃO ANAEROBIA DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Gabriel Manoel Ferreira (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Bacar Mané (Co-orientador), Sérgio Henrique Bernardo de Faria (Orientador). E-mail: ra128994@uem.br.

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

Engenharias /Processos Industriais de Engenharia Química

Palavras-chave: Biogás; Bioquímica; Processos de Separação.

RESUMO

O setor energético ainda é dominado por combustíveis fósseis, cuja exploração excessiva ameaça o meio ambiente e a segurança energética. Como alternativa, o uso de biomassa como fonte energética representa um importante caminho para a redução da dependência de fontes de energia não renováveis. O presente estudo avalia a produção de metano (CH_4) a partir da digestão anaeróbia de efluentes industriais em reator batelada. As amostras foram caracterizadas físico-quimicamente utilizando o método da APHA, e ensaios de BMP foram realizados conforme as recomendações da VDI. Foram avaliadas duas relações substrato/inóculo (S/I), 0,5 e 1. Após o ensaio, foram obtidos 290 Nml CH_4 /gSV para S/I 1 e 350 Nml CH_4 /gSV para S/I 0,5. Portanto, constatou-se que os efluentes industriais possuem grande potencial para a produção de biogás.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, vem resultando na necessidade de alto consumo energético. A principal fonte de energia mundial é sustentada pelo combustível fóssil e sua exploração excessiva para atender a demanda cada vez maior levará ao seu esgotamento, resultando em uma séria ameaça à segurança energética e ao meio ambiente (BHATIA et al., 2021). Assim, surgiu a necessidade de implantação de energias de fontes alternativas, renováveis e menos poluentes (Angelidaki et al., 2018). A biomassa entra como uma fonte energética importante na redução da dependência de fontes de energia não renováveis. A digestão anaeróbia entra como uma das soluções tecnológicas mais promissoras para converter matéria orgânica em biogás, composto principalmente pelo gás metano (CH_4), que pode ser utilizado como uma forma de energia renovável (Marin et al., 2024; Sharmin et al., 2025).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a digestão anaeróbia de mistura efluente industrial, utilizando reator operado em batelada para produção de CH_4 .

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, o substrato utilizado foi a mistura de efluentes industriais e foi utilizado como inóculo o lodo de biodigestor ativo, ambos coletados na Empresa Maringaense de Tratamento de Efluentes – EMTRE. O processo de digestão anaeróbia foi realizado em reatores operados em bateladas.

Analiticamente, as amostras foram caracterizadas utilizando os métodos analíticos da APHA (2005). As características físico-químicas dos seguintes parâmetros foram determinadas: pH, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Totais Fixos (STF), Alcalinidade Total (AT), Carbono Orgânico Total (COT), Ácidos Orgânicos Totais (AOT).

Potencial Bioquímico de Metano (BPM)

Nesta etapa, os ensaios foram realizados em triplicata, seguindo a norma VDI 4630 (2006), pH do meio foi ajustado para 7.5, os reatores foram mantidos num banho termostático à uma temperatura constante de 37 °C. Os procedimentos para os ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (PBM) e as relações Substrato e Inóculo (S/I) estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Condições experimentais dos reatores metanogênicos.

Identificação	Relação S/I	Substrato	Inóculo
Ensaio de PBM	0,5 1	Mistura de Efluentes Industriais (EMTRE)	Lodo de biodigestor anaeróbio ativo (EMTRE)

A quantificação de biogás produzido, diariamente, foi realizada com o auxílio de uma seringa de 10 mL e um manômetro e, em seguida, realizava-se a correção do volume produzido, considerando as condições normais de temperatura e pressão (CNTP), como apresentado na Equação (1).

$$V_N = \frac{V \cdot (P - P_W) \cdot T_o}{P_o \cdot T} \quad (1)$$

Para quantificar a produção de CH₄ ao longo dos testes, foi usado um cromatógrafo a gás (Modelo Trace GC Ultra, Thermo Scientific).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de caracterização físico-química do substrato e do inóculo estão apresentados na Tabela 2. O substrato, apresenta maiores teores de STV e, quando comparamos nossos valores com o estudo de Helenas, J. K. (2019), podemos observar que a taxa de remoção de STV (relação I/S 0,5) obtida foi semelhante ao nosso estudo. Já inóculo apresenta características de maior estabilidade, como pH alcalino, elevada alcalinidade e baixa razão AOV/AT, o que demonstra boa capacidade tamponante, condição típica e desejável para inóculos em digestão anaeróbia (MUTEGOA et AL., 2020).

Tabela 2 – Caracterização físico-química do substrato e inóculo.

PARÂMETRO	SUBSTRATO		INÓCULO	
	Unidade	Valor médio	Unidade	Valor médio
pH	N.A.	6,59	N.A.	8,59
ST	g/L	43,30	g/L	35,16
STF	g/L	6,93	g/L	16,00
STV	g/L	36,37	g/L	19,16
AT	mg CaCO ₃ /L	1030,00	mg CaCO ₃ /L	1565,00
AI/AP	N.A.	6,17	N.A.	0,28
AOV/AT	N.A.	1,73	N.A.	0,13
COT	%	33,88	%	20,85

Sendo assim, analisando tanto a produção de biogás (Figura 2) quanto a de metano (Figura 3) em si, podemos observar que há uma maior produção acumulada utilizando a relação I/S de 0,5, superando até mesmo o controle positivo. Contudo, podemos comparar isto com o estudo de RAPOSO, et AL. (2008), onde os resultados apresentam uma maior produção acumulada com a relação ISR de 1, contradizendo o que foi obtido em nossa pesquisa.

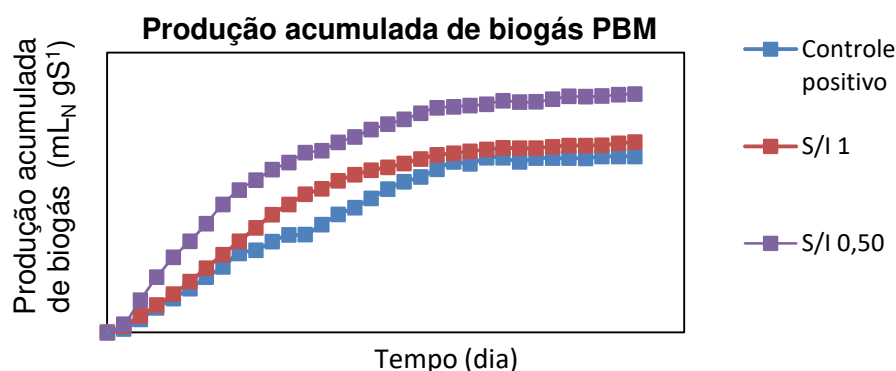


Figura 1 – Potencial de geração de biogás (NmL. gSV⁻¹) para as relações S/I testadas.

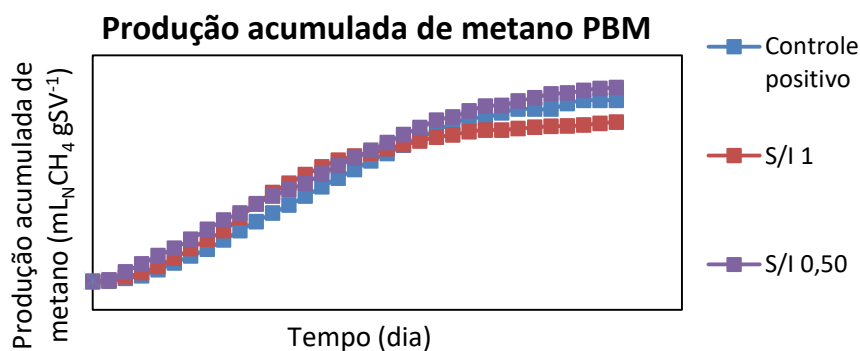


Figura 2 – Potencial de geração de metano (NmL. gSV⁻¹) para as relações testadas.

CONCLUSÕES

A digestão anaeróbia da mistura de efluentes industriais mostrou elevado potencial de geração de biogás e metano, com melhor desempenho na relação S/I de 0,5. Esses resultados evidenciam a viabilidade da valorização energética desses resíduos e reforçam a importância de otimizar as condições operacionais para aplicação em escala real.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação Araucária pelo incentivo financeiro. À UEM e ao DEQ, pelo suporte institucional e acadêmico. Também, ao Laboratório de Processos de Separação (LPS), pela infraestrutura disponibilizada e pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

ANGELIDAKI, I. *et al.* **Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives.** *Biotechnology Advances*, 36(2), pp.452-466. 2018.

APHA. American Public Health Association (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª Edição. Washington: American Water Works Association, 1368p.

BHATIA, S. K. *et al.* **Renewable biohydrogen production from lignocellulosic biomass using fermentation and integration of systems with other energy generation technologies,** *Science of The Total Environment*, Volume 765, 2021.

HELENAS, J. K. Biodigestão anaeróbia de resíduos alimentares visando a produção de metano. 2019. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

MUTEGOA, E. *et al.* **Evaluating the level of ammonia and sulfide in the liquid phase during anaerobic digestion of slaughterhouse waste operating at mesophilic scale digester—the impact of inhibition and process performance.** *AIMS Energy*, v. 8, n. 4, p. 615-626, 2020.

RAPOSO, F. *et al.* **Influence of inoculum–substrate ratio on the anaerobic digestion of sunflower oil cake in batch mode: process stability and kinetic evaluation.** *Chemical Engineering Journal*, v. 149, n. 1-3, p. 70-77, 2009.