

POTENCIAL BIOQUÍMICO DE BIOGÁS E METANO (PBB E PBM) DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS (RSO)

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.XII-013>

Franciele Natividade Luiz (*), Márcia Regina Becker

* Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), franciele.natividade@cibiogas.org

RESUMO

O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) representa um desafio ambiental significativo, especialmente devido à alta fração orgânica presente nesses resíduos. A digestão anaeróbia surge como uma solução promissora, permitindo a conversão da matéria orgânica em biogás, uma fonte de energia renovável rica em metano (CH₄). Para avaliar o potencial energético dos resíduos sólidos orgânicos (RSO), os ensaios de Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) e Potencial Bioquímico de Metano (PBM) são amplamente utilizados. Este estudo teve como objetivo analisar a produção de biogás e a estabilidade do processo de digestão anaeróbia em diferentes substratos orgânicos, incluindo resíduos de restaurante, leite, azeite de oliva, milho, soja e cacau em pó. Os resultados indicaram que a composição dos substratos influencia diretamente o rendimento de biogás, com destaque para os resíduos lipídicos, que apresentaram maior produção de metano. A codigestão de diferentes tipos de resíduos mostrou-se eficaz para otimizar a eficiência do processo e mitigar efeitos adversos, destacando a importância de um planejamento adequado na operação de biodigestores.

PALAVRAS-CHAVE: Digestão anaeróbia, Sustentabilidade, Biodigestores, aproveitamento energético.

ABSTRACT

The increasing generation of municipal solid waste (MSW) represents a significant environmental challenge, particularly due to the high organic fraction present in this waste. Anaerobic digestion has emerged as a promising solution, enabling the conversion of organic matter into biogas, a renewable energy source rich in methane (CH₄). To assess the energy potential of organic solid waste (OSW), Biochemical Biogas Potential (BBP) and Biochemical Methane Potential (BMP) assays are widely used. This study aimed to analyze biogas production and the stability of the anaerobic digestion process in different organic substrates, including restaurant waste, milk, olive oil, corn, soybeans, and cocoa powder. The results indicated that substrate composition directly influences biogas yield, with lipid-rich waste exhibiting the highest methane production. The co-digestion of different types of waste proved to be effective in optimizing process efficiency and mitigating adverse effects, emphasizing the importance of proper planning in biodigester operation.

KEY WORDS: Anaerobic digestion, Sustainability, Biodigesters, Energy recovery.

INTRODUÇÃO

O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma consequência direta do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico (ABREMA, 2023). No Brasil, a destinação inadequada desses resíduos representa um grande desafio ambiental e sanitário, sendo que grande parte deles é composta por fração orgânica. Diante desse cenário, torna-se essencial buscar alternativas para o aproveitamento desses materiais, minimizando os impactos ambientais e promovendo soluções sustentáveis para a gestão de resíduos.

A digestão anaeróbia tem se destacado como uma tecnologia promissora para a valorização dos resíduos sólidos orgânicos (RSO), uma vez que permite a conversão da matéria orgânica em biogás, um combustível renovável rico em metano (CH₄) (ONUDI, 2021). Esse processo biológico ocorre na ausência de oxigênio e envolve uma série de reações metabólicas realizadas por microrganismos específicos. O biogás produzido pode ser utilizado para geração de energia térmica, elétrica ou convertido em biometano, representando uma alternativa sustentável e economicamente viável para substituição de combustíveis fósseis (PRETEL e VASCONCELOS, 2021).

Dentre as ferramentas utilizadas na avaliação da viabilidade energética desses resíduos, os ensaios de Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) ou de Metano (PBM) são amplamente empregados para quantificar a produção do biogás e analisar a eficiência da conversão da matéria orgânica (VDI 4630, 2016). Esse ensaio laboratorial permite determinar

a capacidade de degradação dos diferentes substratos, contribuindo para otimizar a composição das misturas de resíduos e melhorar o desempenho dos biodigestores (DROSG, 2013).

Este estudo tem como foco na avaliação da produção de metano e na estabilidade do processo de digestão anaeróbia para diferentes tipos de RSO, pelas medidas de PBB e PBM. A partir dos resultados obtidos, busca-se compreender as características dos resíduos mais adequados para maximizar a conversão da matéria orgânica em biogás e fornecer subsídios para o aprimoramento das estratégias da sua codigestão e operação de biodigestores, evitando que sejam encaminhados a aterros sanitários ou dispostos de forma irregular.

OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade do aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos para a produção de biogás por meio do processo de digestão anaeróbia. A pesquisa busca identificar a capacidade de produção de biogás e metano de diferentes substratos orgânicos por meio de ensaios do Potencial Bioquímico de Biogás e Metano, bem como o comportamento cinético de cada reação.

METODOLOGIA

Foram feitos ensaios de Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF), Sólidos Voláteis (SV), PBB e PBM para determinar a capacidade de produção de biogás de diferentes substratos. Os substratos avaliados foram resíduos de restaurante, leite, azeite de oliva, milho (grão), soja (grão) e cacau em pó.

Os ensaios de ST, SF e SV foram realizados com metodologia adaptada do Standard Methods (APHA, 2017). Os ensaios de PBB e PBM foram conduzidos em regime de batelada, utilizando um analisador portátil de gás para monitoramento dos principais componentes do biogás. Foi avaliada a produção acumulada de biogás e metano e o comportamento cinético das reações. Os ensaios seguiram as recomendações estabelecidas na VDI 4630 (2016).

O inóculo utilizado no teste foi produzido em reator anaeróbio de 100L obtido através da digestão de efluente da suinocultura e dejetos de bovinos, e mantido com alimentação sintética a base de carboidratos, lipídios, proteínas e fibras, em baixa carga (0,5 g de SV/L) para manutenção da atividade microbiana, sob agitação e aquecimento na faixa mesofílica. A atividade metanogênica do inóculo foi acompanhada pela recuperação do padrão positivo (celulose microcristalina) durante os ensaios.

RESULTADOS

A caracterização físico-química de sólidos, conforme Tabela 1, demonstra a variabilidade nas características dos resíduos. Conhecer as suas características é fundamental no planejamento da operação dos biodigestores, especialmente para atendimento ao requisito da taxa de sólidos máxima suportada pelo sistema (ONUDI, 2021; DROSG, 2013).

Tabela 1. Sólidos totais e voláteis dos RSO

Substratos orgânicos	ST (%)	SV (%) ¹
Resíduo de restaurante	13,60	94,70
Leite	11,60	94,27
Azeite de Oliva	99,90	100,00
Milho (grão)	83,81	98,29
Soja (grão)	88,29	94,78
Cacau em pó	90,58	87,80

¹ Resultado expresso em base seca.

Para validação da atividade microbiana do inóculo utilizado nos testes o padrão positivo (celulose microcristalina) indicou recuperação superior a 80%, recomendado pela VDI 4630 (2016) o que valida o uso do inóculo nos testes. Os ensaios de PBM indicaram uma variação na produção de biogás entre 381 LN/kg SV a 1190 LN/kg SV (Tabela 2), com teores de metano superiores a 50% (ONUDI, 2021; VDI 4630, 2016). A análise dos substratos individuais demonstrou que resíduos lipídicos, como azeite de oliva, apresentaram maior rendimento de biogás devido à alta densidade

energética, enquanto resíduos ricos em carboidratos mostraram taxas de conversão mais rápidas (Fig. 1) (EDWIGES, 2017).

Tabela 2. Potencial de produção de biogás e metano nos RSO

Substratos orgânicos	Biogás (LN/kg SV)	Metano CH ₄ (LN/ kg SV)	Biogás (Nm ³ / tonelada de resíduo)	Metano (Nm ³ /tonelada de resíduo)	Teor de CH ₄ (%)
Resíduo de restaurante	669	371	86	48	56
Leite	820	487	90	53	59
Azeite de Oliva	1190	845	1189	844	71
Milho (grão)	670	345	552	284	51
Soja (grão)	732	478	613	400	65
Cacau em pó	381	240	303	191	63

A realização dos ensaios de PBM demonstrou que a digestão anaeróbia dos RSO pode ser altamente eficiente na produção de biogás, desde que os substratos sejam equilibrados para evitar inibição do processo (DROSG, 2013). A presença de lipídios, como observado por Edwiges (2017), contribui para um aumento na produção de metano, porém deve ser controlada para evitar a formação de ácidos graxos de cadeia longa, que podem impactar negativamente a atividade microbiana.

A codigestão de diferentes tipos de resíduos mostra-se uma alternativa viável para aumentar a eficiência do processo, conforme também indicado por Kunz et al. (2022). É necessário conhecer o comportamento dos resíduos para que a diversificação dos substratos permita mitigar efeitos adversos da acidificação e otimizar o tempo de biodigestão. A literatura sugere que a sinergia entre resíduos proteicos e lipídicos pode resultar em um aumento significativo na conversão de substratos complexos em biogás (VDI 4630, 2016; DROSG 2013).

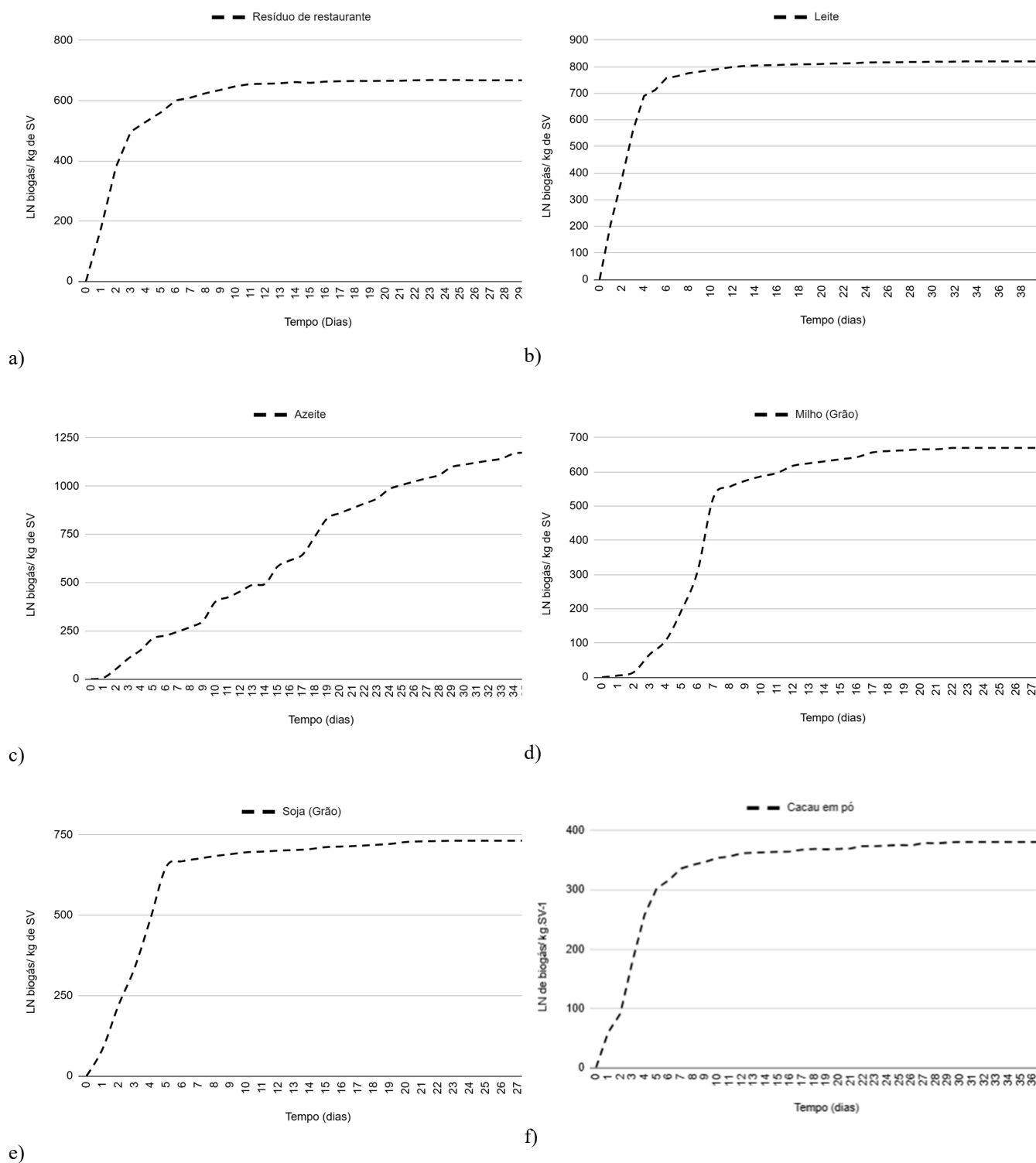


Figura 1: Curvas cinéticas do a) resíduo de restaurante, b) leite, c) azeite de oliva, d) milho (grão), e) soja (grão) e f) cacau em pó.

Os resultados reforçam a necessidade de conhecer o comportamento de resíduos distintos para apoio ao monitoramento dos parâmetros operacionais e do uso de substratos com características complementares para maximizar a conversão de biomassa em metano. A digestão anaeróbia de RSO, aliada a um adequado planejamento da mistura de substratos, pode ser uma estratégia eficiente para a valorização de resíduos orgânicos e a redução da emissão de gases de efeito estufa (CIBIOGÁS, 2024).

CONCLUSÕES

Os resultados apontam que os RSO, aqui estudados, se apresentam com excelentes matérias-primas para a produção de biogás com elevados teores de metano. Comparativamente, o azeite de oliva foi o substrato que mais produziu biogás, mas com uma cinética de reação mais lenta. A pesquisa demonstrou, por meio de ensaios de PBM, a importância de se avaliar o potencial energético de diferentes substratos para se otimizar parâmetros de codigestão. A variabilidade na composição dos resíduos influencia diretamente a produção de biogás, sendo necessário um equilíbrio entre substratos ricos em lipídios, carboidratos e proteínas para garantir a estabilidade do processo (DROSG, 2013).

Para futuras pesquisas, recomenda-se aprofundar a análise do comportamento de diferentes misturas de substratos ao longo do tempo e investigar estratégias de pré-tratamento para melhorar a biodegradabilidade dos resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23st ed. Washington: American Water Works Association, 2017.
2. ABREMA. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2023.
3. CIBIOGÁS CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – BIOGÁS. Nota técnica nº 02/2020 – Panorama do biogás no Brasil em 2023. Relatório Técnico nº 001/2024 – 22 p Foz do Iguaçu, 2024.
4. DROSG, Bernhard. Process monitoring in biogas plants. IEA Bioenergy, [S. l.], p. 6 - 38, 2013.
5. EDWIGES, Thiago. Biodigestão anaeróbia de resíduos vegetais provenientes de central de abastecimento. Cascavel, 2017. 81 f. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/3029#:~:text=A%20biodigest%C3%A3o%20anaer%C3%B3bia%20tem%20sido,os%20impactos%20da%20crise%20energ%C3%A9tica>>. Acesso em: 10 jul. 2024.
6. KUNZ, A. et al. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 211 p.
7. ONUDI. Operação e monitoramento de reatores anaeróbios: guia de boas práticas / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial; Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Comitê diretor do projeto Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. 62 p.: il. – (GEF Biogás Brasil).
8. PRETEL, A.F., VASCONCELOS, P.E.A. O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbano: uma forma de descarte adequado e sustentável. Revista UNIFESO - Humanas e Sociais. Teresópolis - RJ, v.7 n.7, 2021.
9. VDI 4630, 2016. Fermentation of Organic Materials: Characterization of Substrates, Sampling, Collection.