

MELHORAMENTO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOGÁS DA (CO)DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS COMO INCENTIVO ÀS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIAS: PRÉ-TRATAMENTO DO SUBSTRATO E (CO)DIGESTÃO VISANDO AO APROVEITAMENTO DO HIDROGÊNIO

Gabriela Cadete de Souza¹ (IC), Regina Mambeli Barros (PQ)¹
Graduanda em engenharia hídrica, Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Biogás. Energias Renováveis. Hidrogênio. Resíduos Sólidos Orgânicos.

Introdução

Os resíduos orgânicos são materiais que, em seus ambientes equilibrados, se degradam naturalmente de forma espontânea e reciclam seus nutrientes de acordo com os processos da natureza. Entretanto, quando os resíduos são oriundos de atividades humanas, muitas vezes em ambientes urbanos, podem acarretar sérios impactos ambientais negativos. O grande volume de resíduos sólidos gerados pela humanidade e os locais de descarte são o maior problema, visto que geralmente a população costuma realizar o descarte em locais inadequados e de forma errônea. Este descarte inadequado gera um resíduo líquido que provém da decomposição da própria matéria orgânica, chamado de chorume, e quando em contato com o solo contamina gravemente a vegetação e o ecossistema local. Além disso, o descarte incorreto também contribui com a proliferação de doenças e gera a emissão de gás metano (CH₄) na atmosfera, o que contribui diretamente para o agravamento do efeito estufa.

Perante os impactos dos resíduos sólidos orgânicos no meio ambiente, surge como alternativa para mitigar esses efeitos, o estudo do reaproveitamento de restos orgânicos como fonte de energia limpa, sustentável e renovável. Alguns tipos de energia que utilizam resíduos orgânicos em sua geração podem ser destacados, como a biomassa e o biogás. Um dos tipos de aproveitamento energético da biomassa funciona a partir da queima de matéria orgânica, geralmente feita de forma controlada e composta por madeiras, restos vegetais, folhas, plantas, etc. Outro tipo é a queima do biogás gerado na digestão anaeróbia da biomassa. O biogás é um tipo de biocombustível produzido a partir de resíduos urbanos/industriais e pela decomposição de resíduos orgânicos, sendo composto basicamente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). A produção de biogás acontece de forma anaeróbia, a partir da decomposição de inúmeros tipos de matéria orgânica que pode ser constituída de resíduos como lixo doméstico, dejetos pecuários, lodo de Estações de

Tratamento de Esgoto (ETEs), restos alimentares, entre outros (Pecora et al., 2008).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), o biogás tem apresentado um grande potencial como fonte alternativa de energia limpa, atingindo grandes marcos nos últimos anos e motivando a inovação e pesquisa, acerca de seu uso e aproveitamento, como é o caso do hidrogênio que pode ser obtido da reforma a vapor do biogás. O hidrogênio também pode ser obtido a partir da fermentação escura da biomassa. Nos dias atuais, o uso dos diversos tipos de hidrogênio têm sido amplamente estudados, e são rotulados de acordo com a sua forma de obtenção. Os tipos mais sustentáveis são o hidrogênio verde, produzido a partir de fontes renováveis de energia sem gerar emissões de carbono e o biohidrogênio, obtido a partir de processos biológicos com microrganismos que atuam na fermentação biológica da matéria orgânica. Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo principal comprovar o potencial do aproveitamento do hidrogênio gerado a partir do biogás pela metodologia de fermentação escura anaeróbia (ausência de luz e oxigênio), visto que o biohidrogênio apresenta grandes vantagens em sua produção e alto valor econômico, social e ambiental, desde o reaproveitamento de resíduos orgânicos que antes seriam descartados sem segundo uso sobrecarregando os lixões e aterros sanitários, até o compromisso de contribuir com o incentivo à transição energética para um futuro mais sustentável, renovável e limpo no Brasil e no mundo.

Metodologia

Para realização deste estudo foram utilizados métodos de pesquisa laboratorial com resultados empíricos, apresentando dados obtidos a partir de experimentos baseados na produção de biogás por meio de fermentação anaeróbia em ausência de luz de resíduos orgânicos em biodigestores. O objetivo principal é demonstrar o potencial energético de resíduos alimentares descartados por restaurantes, comércio e

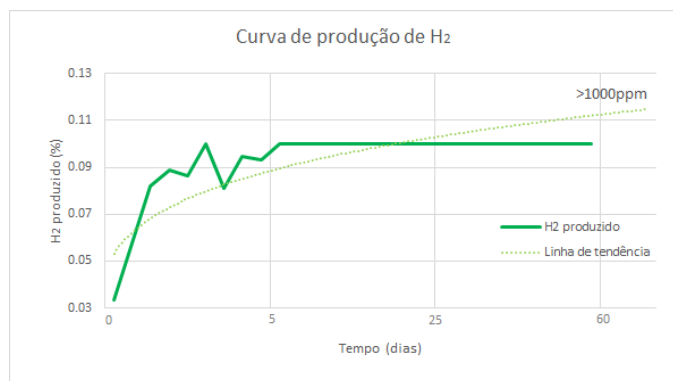
residências no dia a dia. Para tanto foi realizado um estudo de caso com coleta de amostra de restos alimentares do Restaurante Universitário UNIFEI (Campus Itajubá) que seriam descartados e lodo da Estação de Tratamento de Esgoto da COPASA de Itajubá - MG. Além disso, a magnetita também foi utilizada para compor a mistura no biodigestor. O lodo de ETE atua fornecendo o inóculo para auxiliar no início da fermentação e a magnetita atua como catalisadora do processo de produção do biogás. A metodologia adotada para o experimento foi dividida em etapas, sendo:

1. Determinação da amostra utilizada: o tipo de amostra utilizado foi escolhido com a justificativa de reaproveitamento dos resíduos alimentares da Universidade Federal de Itajubá, que consequentemente, pode ser aplicada em outros locais;
2. Construção de biodigestores: seguindo a metodologia de Cañote et al. (2020), os 09 biodigestores foram construídos com garrafas de politereftalato de etileno (PET), tingidas com tinta preta, seladas com veda rosca, fita isolante, silicone, além de possuírem válvulas de controle nas tampas para leitura dos gases;
3. Amostragem dos resíduos alimentares: foram coletados aproximadamente 3,5 kg de restos alimentares em 15 de junho de 2023 no Restaurante Universitário UNIFEI. A amostra é constituída de arroz, feijão, frango, polenta (farinha de milho), tomate, ovo, acelga, pepino e beterraba, de acordo com o cardápio do dia.
4. Coleta de lodo de ETE: o lodo foi coletado na Estação de Tratamento de Efluentes da COPASA, localizada em Itajubá - MG, no dia 16 de junho de 2023, por volta das 08:00 horas.
5. Preparo do substrato: na produção do substrato foram adicionados aproximadamente 800ml de água na amostra, e em seguida o substrato foi triturado no liquidificador a fim de homogeneizar a amostra e transformar em partículas menores, facilitando o processo de fermentação, de acordo com a metodologia de Cruz et al (2019).
6. Preparo da mistura: a mistura utilizada no experimento é composta por 350 ml de substrato, 150 ml de inóculo e 0, 100 ou 120 mg/L de magnetita, em cada biodigestor. As dosagens de magnetita foram determinadas segundo a metodologia de Sun et al. (2022), adotando a dosagem ótima de 100 mg/L e a dosagem superior de 120 mg/L para avaliar o comportamento da produção.
7. Disposição das amostras nos biodigestores: os 09 biodigestores foram divididos em 3 grupos, sendo: a) branco; b) concentração 100 mg/L de magnetita; e c) concentração 120 mg/L de magnetita.
8. Análises laboratoriais do substrato e inóculo: seguindo Sun et al. (2022), em laboratório foram realizadas análises para caracterização do substrato e do lodo de ETE. As análises realizadas foram de massa, Sólidos Totais, Sólidos Voláteis, pH (Potencial Hidrogeniônico) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).
9. Leitura dos gases: as leituras do biogás foram realizadas por meio do equipamento Geotech Biogas 5000, através das válvulas de controle.
10. Determinação da curva de produção: a curva foi determinada a partir dos dados coletados.
11. Análises laboratoriais do digestato: após o fim do experimento, foi realizada a avaliação do digestato com as análises de massa, Sólidos Totais, Sólidos Voláteis, pH (Potencial Hidrogeniônico) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).
12. Avaliação dos resultados: após o fim do experimento e realizadas as análises do digestato, foi efetuada uma avaliação final dos resultados obtidos.

Resultados e discussão

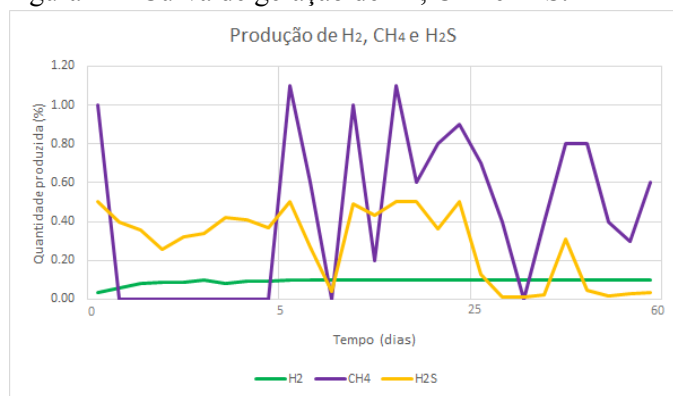
Os resultados obtidos nesta pesquisa comprovam o potencial energético da geração de biogás para aproveitamento do hidrogênio a partir da fermentação escura de resíduos alimentares. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as curvas de produção de biogás no decorrer do tempo.

Figura 1 – Curva de geração de H₂.



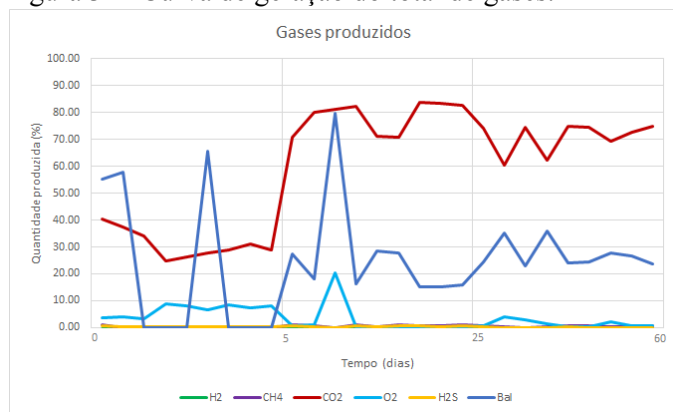
Fonte: elaboração própria, 2023.

Figura 2 – Curva de geração de H₂, CH₄ e H₂S.



Fonte: elaboração própria, 2023.

Figura 3 – Curva de geração do total de gases.



Entretanto, observa-se que a produção de hidrogênio representa baixa porcentagem em relação aos demais gases produzidos pelo experimento. Isso se deve à faixa de leitura do aparato instrumental utilizado, visto que o equipamento Geotech Biogas 5000 possui limitação de leitura para o H₂ de 0 à 1000 ppm, evidenciando a necessidade de utilizar outra metodologia para uma leitura com maior precisão do valor exato. Em virtude desta restrição, os valores obtidos para o H₂ apresentam alto grau de incerteza, podendo ter um potencial

proeminente ao que é apresentado.

As leituras foram realizadas em 5, 25 e 60 dias após o início da fermentação, sendo que este último apresentou os melhores resultados para o biohidrogênio e mais promissores para esta pesquisa. A Tabela 1 apresenta os valores medidos durante a última leitura do experimento (após 60 dias de fermentação), conforme o equipamento forneceu.

Tabela 1 - Gases medidos após 60 dias de fermentação.

Biodigestor	Pressão (mb)	H ₂ (ppm)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	Bal (%)
Branco - 1	1.0	>1000	0.7	74.1	0.7	1306	24.4
Branco - 2	0.6	>1000	0.4	60.3	4.1	115	35.3
Branco - 3	1.0	>1000	0.0	74.4	2.8	132	22.8
Mag 100 - 1	1.0	>1000	0.4	62.2	1.5	206	35.9
Mag 100 - 2	3.1	>1000	0.8	74.9	0.2	3074	24.1
Mag 100 - 3	5.1	>1000	0.8	74.4	0.3	437	24.5
Mag 120 - 1	1.0	>1000	0.4	69.5	2.1	171	27.9
Mag 120 - 2	1.0	>1000	0.3	72.6	0.5	279	26.6
Mag 120 - 3	1.0	>1000	0.6	74.9	0.6	350	23.8

*Branco: frasco sem adição de magnetita.

*Mag 100: frasco com 100 mg/L de magnetita.

*Mag 120: frasco com 120 mg/L de magnetita.

Neste sentido, em virtude da necessidade de uma análise aprofundada da produção de hidrogênio, estão sendo realizados testes em aparato experimental com maior faixa dinâmica, possibilitando uma avaliação exata da concentração de hidrogênio gerado.

Conclusões

A partir das análises dos dados e informações expostos ao longo deste estudo, é possível constatar que o processo de fermentação anaeróbia em ausência de luz apresenta alto potencial na produção de biogás. Entende-se que há necessidade de avaliar com precisão as concentrações de hidrogênio na amostra, e neste sentido, novas análises estão sendo realizadas em equipamentos de maior faixa dinâmica para averiguar as concentrações exatas do hidrogênio produzido. Desta forma, será possível analisar com precisão o grau de aproveitamento do hidrogênio advindo da geração de biogás.

Agradecimentos

Agradeço à professora Dra. Regina Mambeli Barros pela orientação durante o período da pesquisa.

Ao Técnico João Victor Rocha de Freitas pelo incentivo e apoio no Laboratório de Análise e Controle Físico-Químico.

À Universidade Federal de Itajubá, Restaurante Universitário UNIFEI e servidores por sempre colaborarem com a pesquisa e ciência.

Ao CNPq pela oportunidade e por tornar possível o desenvolvimento deste estudo.

Referências

AHMAD, Ashfaq et al. Biohydrogen production through dark fermentation: Recent trends and advances in transition to a circular bioeconomy. 2023.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd edn. APHA, WWA, WPCR, New York, 2012.

CAMPOS, Mariana; LEÃO, Clarissa; AMORIM, Livia. O hidrogênio como fonte de energia: uma visão regulatória. UFRJ, 2021.

CANOTE, Susan et al. Energy and economic evaluation of the production of biogas from anaerobic and aerobic sludge in Brazil, 23 p, 2020.

CASTRO E SILVA, Hellen Luisa de. Avaliação técnica e econômica do efeito da adição de minério de ferro de rejeito de mineração na produção de biogás de excrementos de suinocultura. 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

COSBEY, A. Trade, sustainable development and a green economy: Benefits, challenges and risks. The Transition to a Green Economy: Benefits, Challenges and Risks from a Sustainable Development Perspective, p. 40, 2011.

CRUZ, Hugo et al. Estudo do potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás de digestão anaeróbia de resíduos alimentares. 14 p, 2019.

GEOTECH. Biogas5000: Portable Gas Analyser - Anaerobic Digestion. TECHNICAL SPECIFICATIONS.

IEA. Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>. Acesso em: ago/2023.

IPEA. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS 7 Energia Limpa e Acessível. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html>. Acesso em: ago/2023.

MMA. Gestão de Resíduos Orgânicos. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html#:~:text=de%20Florian%C3%B3polis%2FSC-,O%20que%20s%C3%A3o%20os%20res%C3%ADduos%20org%C3%A2nicos%3F,vegetais%20descartados%20de%20atividades%20humanas>. Acesso em: ago/2023.

MME. Programa Nacional de Hidrogênio - PNH2. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1>. Acesso em: ago/2023.

OWD. Food waste per capita - 2019. Disponível em: https://ourworldindata.org/grapher/food-waste-per-capita?country=OWID_WRL~CHN~AUS~FRA~DEU~USA~CAN~BRA~CHL. Acesso em: jul/2023.

PECORA, V. et al. Biogás e o mercado de créditos de carbono. Anais do Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro, 2008.

REN, Yi et al. Promoting dark fermentation for biohydrogen production: Potential roles of iron-based additives. 2021.

ROMÃO, Betânia. Otimização das variáveis que influenciam a produção de hidrogênio por fermentação escura. 2015. 129 p. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia), UFU, 2015.

SINIR+. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos 2019. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: set/2023.

SUN, Yan et al. Comparação de nanocompósitos de magnetita/óxido de grafeno reduzido e nanopartículas de magnetita no aumento da produção de hidrogênio em fermentação no escuro, 2022.

UNEP. Relatório do Índice de Desperdício Alimentar 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>. Acesso em: jul/2023.

UNEP. Energia Renovável. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/explore-topics/energy/what-we-do/energia-renovavel>. Acesso em: ago/2023.