



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

BIOGÁS PARA VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM FOZ DO IGUAÇU-PR

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XII-003>

Bruna Smaniotto (*), Márcia Regina Becker

* Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), b.smaniotto.2017@aluno.unila.edu.br.

RESUMO

O aproveitamento energético de resíduos orgânicos para produção de biogás é uma opção ambientalmente adequada para unir a gestão de resíduos com a geração de energia a partir de fontes renováveis, contribuindo com a redução de emissão de gases poluentes e trabalhando na busca pela transição energética. Assim, os resíduos orgânicos que são provenientes do setor hoteleiro, da Central de Abastecimento (CEASA) e das mercadorias de origem orgânica referentes às apreensões realizadas por fiscalizações aduaneiras pelo MAPA são fontes possíveis de serem considerados para alimentação de um sistema de biodigestão para produção de biogás e seu posterior aproveitamento energético. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo realizar o levantamento da quantidade de resíduos orgânicos produzidos por esses grandes geradores da cidade de Foz do Iguaçu-PR e a estimativa do potencial de substituição energética desses resíduos na produção e uso do biogás para fins de aproveitamento térmico, elétrico e biometano. A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que o total de biogás estimado a ser produzido é de 8.758 m³/mês, sendo esse volume possível de substituir uma quantidade de calor de 44.665.800 kcal/mês (representando 292 botijões de 13 kg de gás liquefeito de petróleo (GLP) por mês), 19.706 kWh/mês de energia elétrica (representando o abatimento da energia elétrica consumida em 78 residências por mês com consumo médio de 250 kWh/mês) ou 4.992 m³/mês de gasolina (representando 74.880 km rodados/mês por carros leves, substituindo a gasolina).

PALAVRAS-CHAVE: aproveitamento energético, biodigestão, biogás, gestão de resíduos, resíduos orgânicos municipais.

ABSTRACT

The energy use of organic waste for biogas production is an environmentally appropriate option to combine waste management with energy generation from renewable sources, contributing to the reduction of polluting gas emissions and working towards the energy transition. Thus, organic waste that comes from the hotel sector, the Supply Center (CEASA) and organic merchandise origin related to seizures from customs inspections carried out by MAPA are possible sources to be considered for feeding a biodigestion system for the production of biogas and its subsequent energy use. Therefore, the present study aimed to survey the amount of organic waste produced by these large generators in the city of Foz do Iguaçu-PR and estimate the potential for energy substitution of these wastes in the production and use of biogas for recovery thermal purposes, electrical and biomethane. From the results obtained, it was possible to verify that the total biogas estimated to be produced is 8,758 m³/month, with this volume being possible to replace an amount of heat of 44,665,800 kcal/month (representing 292 13 kg gas cylinders liquefied petroleum (LPG) per month), 19,706 kWh/month of electrical energy (representing the reduction of electrical energy consumed in 78 homes per month with an average consumption of 250 kWh/month) or 4,992 m³/month of gasoline (representing 74,880 km driven/month by light cars, replacing gasoline).

KEY WORDS: energy use, biodigestion, biogas, waste management, municipal organic waste.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de energia é uma preocupação cada vez mais atual, especialmente quando se fala daquelas provenientes de fontes fósseis ou de energia convencional, devido ao aumento causado nas concentrações de dióxido de carbono (CO₂). Os combustíveis fósseis não são considerados renováveis em escala de tempo de vida humana, pois o processo de renovação natural dessas fontes pode levar milhões de anos, fazendo com que suas reservas sejam finitas, principalmente considerando o atual uso intenso. Contudo, fontes não convencionais de energia estão cada vez mais ganhando incentivos para serem desenvolvidas e aplicadas, tornando-se uma alternativa atrativa para o atual contexto



energético mundial, por serem consideradas limpas, emitem menos gases de efeito estufa (GEE) e são consideradas inesgotáveis (EPE, 2023).

A Agência Internacional de Energia (2023), calcula que dentro de aproximadamente 20 anos, cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade será proveniente das fontes renováveis, que hoje representam 15% da energia produzida no mundo, em que a biomassa tem 9,8% na participação da oferta (AIE, 2023).

Para que se garanta segurança energética no país, é necessário diversificar as fontes de obtenção de energia, dando preferência para fontes mais limpas e renováveis, para que não haja dependência de recursos finitos causada, por exemplo, por vulnerabilidades climáticas (PROBIOGÁS, 2016).

Uma fonte alternativa de energia que tem o seu uso aumentado atualmente é o biogás produzido a partir de resíduos orgânicos. O biogás produzido pode ser aproveitado como substituinte do gás liquefeito do petróleo (GLP), na produção de energia elétrica para residências ou indústrias ou mesmo na combustão direta de automóveis (biometano). O uso de resíduos orgânicos tem sido uma alternativa ambientalmente amigável para produzir energia de forma sustentável, aproveitando seu potencial energético, reduzindo os custos do seu tratamento e trabalhando de forma balanceada com o meio ambiente. Além disso, a produção de biogás a partir de resíduos sólidos orgânicos aumenta a vida útil dos aterros sanitários, estendendo seu tempo de esgotamento, pois os volumes desses resíduos são significativamente reduzidos nesse processo. Os resíduos orgânicos podem ser provenientes de diversos setores, como o industrial, agroindustrial e doméstico, por exemplo. A sua quantidade no mundo está ligada diretamente ao aumento populacional, sendo parte dos desafios do desenvolvimento sustentável o seu gerenciamento correto.

Para enfrentar esses desafios, o do uso de fontes de energias renováveis, a redução das emissões de gases de efeito estufa e o correto gerenciamento de resíduos sólidos, a proposta de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos para produção de biogás se constitui de uma excelente alternativa (ANHURHADA, 2007). Esse trabalho apresenta o estudo da viabilidade energética na implantação de um biodigestor anaeróbio, em aterro sanitário no município de Foz do Iguaçu-PR, a partir de resíduos sólidos orgânicos.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é realizar a estimativa do potencial de substituição energética dos resíduos orgânicos provenientes de grandes geradores, no município de Foz do Iguaçu, no estado do Paraná: o setor hoteleiro, a Central de Abastecimento da cidade (CEASA) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

METODOLOGIA

Este trabalho faz uso de dados quantitativos e qualitativos sobre os resíduos sólidos orgânicos (RSO) produzidos pelo setor hoteleiro, pela Central de Abastecimento (CEASA) e pelas apreensões realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), do município de Foz do Iguaçu no ano de 2023.

Os resíduos sólidos orgânicos produzidos pelos hotéis foram estimados a partir dos dados do número de leitos e da taxa de ocupação fornecidos pelo Sindicato dos Hotéis, Restaurantes, Bares e Similares (Sindhoteis) no ano de 2023, sendo o número de leitos de 28.980 e a taxa média de ocupação de leitos de 73,8% (SINDIHOTÉIS, 2023). O estudo de Elias e Tresmondi resultou em uma média de 0,282 kg de resíduo orgânico produzido diariamente por leito do hotel objeto do estudo (ELIAS e TRESMONDI, 2019), sendo essa média considerada para a obtenção do quantitativo de resíduos orgânicos gerados no setor hoteleiro de Foz do Iguaçu, segundo a equação (1).

(Nº de leitos) × (Taxa média de ocupação) × (Geração de resíduo por leito) equação (1)

$(28.980 \text{ leitos}) \times (73,8\%) \times (0,282 \text{ kg/leito.dia})$
 $= 2.185.776 \text{ kg/ano ou } 182.148 \text{ kg/mês}$

Para a obtenção do quantitativo dos resíduos provenientes da CEASA de Foz do Iguaçu foram definidos como sendo os resíduos orgânicos provenientes das operações diárias das baias de comercialização dos hortifrutigranjeiros. Os dados foram repassados pela Vital Engenharia Ambiental, empresa que realiza o recolhimento desse material e o encaminha ao aterro sanitário do município, onde a média no ano de 2023 foi de 77.180 kg de resíduos por mês (INÁCIO, 2024).



Os apreendidos pelo MAPA que, segundo dados da Agência Brasil (2020), são produtos de origem animal, como queijo, linguiça e salame e entre produtos de origem vegetal, as frutas frescas são os itens mais barrados. Os dados de apreensão de resíduos orgânicos (animais e vegetais) no ano de 2023 foram repassados pelo Mapa por meio do sistema Fala.BR (Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação) do Governo Federal, onde a média no ano de 2023 foi de 6.060 kg/mês (MAPA, 2024).

Os dados quantitativos sobre os resíduos orgânicos gerados na cidade foram utilizados para estimar o valor energético na produção de biogás em um sistema de biodigestão instalado ao lado do aterro sanitário do município. Para isso, foi considerando o fator de conversão (FT) de 0,033 m³ de biogás por kg de resíduo orgânico, obtido nos estudos de Edwiges (2017) para resíduos de frutas, verduras e legumes (EDWIGES et. al, 2017) e segundo equação (2).

$$(\text{RSO hotéis} + \text{RSO CEASA} + \text{RSO MAPA}) \times \text{FT} \quad \text{equação (2)}$$

$$(182.148 \text{ kg/mês}) + (77.180 \text{ kg/mês}) + (6.060 \text{ kg/mês}) \times (0,033 \text{ m}^3 \text{ biogás/kg resíduo}) = 8.758 \text{ m}^3/\text{mês de biogás}$$

A partir da estimativa de produção de biogás obtida, foi realizada uma análise comparativa para aplicação energética do biogás para geração de energia elétrica, energia térmica e biometano em uma planta de biogás construída próxima ao aterro sanitário do município.

RESULTADOS

O aumento da população acarreta o aumento natural na geração de resíduos e, tendo em vista a possibilidade do aproveitamento energético de RSO, uma das opções de gerenciamento desse tipo de resíduo é o seu tratamento via digestão anaeróbia em sistemas de biodigestão para produção de biogás que, por sua vez, pode ser utilizado para gerar energia elétrica, energia térmica e biometano.

A Tabela 1 sumariza o quantitativo de resíduos orgânicos proveniente de cada um dos 3 principais grandes geradores da cidade no ano de 2023.

Tabela 1. Quantitativo de resíduos orgânicos dos grandes geradores de Foz do Iguaçu
Fonte: Sindhotéis, ELIAS e TRESMONDI, INACIO e MAPA.

Fonte	Quantidade (kg/mês)
Hoteis	182.148
CEASA	77.180
Apreensões MAPA	6.060
TOTAL	265.388

Os resíduos provenientes dos hotéis consistem em restos de alimentos provenientes das suas cozinhas e restaurantes, tanto relacionados ao preparo dos alimentos, quanto ao desperdício causado pelos hóspedes e usuários durante as refeições. Na CEASA predominam restos de frutas, legumes e verduras que não são comercializados por não estarem em condições adequadas para consumo humano e restos de cascas. Já os RSO das apreensões pelo MAPA são aqueles de origem animal e vegetal como carnes, salames, queijos, frutas, verduras e legumes, provenientes de descaminho na fronteira do Brasil com o Paraguai e Argentina, podendo ser por motivos de transporte ilegal ou inadequado. Atualmente, esses resíduos são encaminhados ao aterro sanitário do município ou incinerados. A produção desses resíduos, devido ao município ser turístico e estar em uma região de tríplice fronteira (Brasil-Paraguai-Argentina), pode ser considerada uma fonte regular para a alimentação do biodigestor. Com base nos dados da Tabela 1 e considerando o fator de conversão de EDWIGES, é possível produzir, por digestão anaeróbia, 8.758 m³/mês de biogás que pode ser utilizado para diferentes fins energéticos, podendo ser energia térmica, elétrica ou biometano.

A Tabela 2 apresenta os potenciais da substituição energética do biogás por energia térmica, elétrica e biometano.

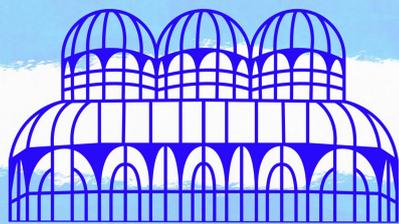


Tabela 2. Aproveitamento energético do biogás
Fonte: MME, CIBiogás, COLDEBELLA e MCTI.

Aplicação energética	Potencial energético	Equivalência energética
Térmica	44.665.800 kcal/mês	292 botijões de 13 kg de GLP por mês
Elétrica	19.706 kWh/mês	abatimento da energia elétrica consumida em 78 residências por mês (consumo médio de 250 kWh/mês)
Biometano	4.992 m ³ /mês	74.880 km/mês (carros leves substituindo gasolina)

As formas mais apropriadas para o uso do biogás produzido podem ser como energia térmica, elétrica e aquela como combustível para automóveis (biometano). Nossos estudos apontam que o biogás (após tratamento para remoção de umidade e remoção do sulfeto de hidrogênio), pode ser utilizado como substituto ao gás de cozinha e compensar o uso de até 292 botijões de 13 kg de GLP por mês. Se for utilizado em uma usina termoeletrica (após tratamento para remoção de umidade e remoção do sulfeto de hidrogênio), a energia elétrica bruta produzida pode alcançar até 19.706 kWh/mês, o que representa substituir o consumo de até 78 residências que consomem 250 kWh/mês de energia elétrica. Considerando o uso do biogás como combustível para automóveis (após tratamento para remoção de umidade e remoção do sulfeto de hidrogênio e purificação para remoção do dióxido de carbono) é possível produzir 4.992 m³ por mês de biometano, o que permitiria automóveis leves circularem por 74.880 km por mês, substituindo a gasolina.

CONCLUSÕES

A proposta de aproveitamento energético dos resíduos orgânicos gerados em Foz do Iguaçu pelos setores hoteleiro, CEASA e apreensões apresenta uma opção de gerenciamento de resíduos aliada aos aspectos ambientais, sociais e econômicos para a diversificação da matriz energética, influenciando diretamente no aumento da vida útil do aterro sanitário e na redução de emissão de gases poluentes.

A constância na geração de resíduos orgânicos nos hotéis da cidade, bem como no CEASA representam uma fonte previsível de resíduos, favorecendo a aplicação em sistemas de biodigestão para produção e uso de biogás como fonte alternativa de energia.

A diversidade de materiais orgânicos apreendidos pelo MAPA contribui para uma alimentação balanceada do biodigestor e, conseqüentemente, favorece a biodigestão, maximizando a produção de biogás.

A produção e uso do biogás como fonte alternativa de energia reduz a dependência por combustíveis fósseis, contribui para uma transição energética sustentável, é uma opção de gerenciamento de resíduos, o que evita a construção de novos aterros sanitários, reduz a emissão de gases de efeito estufa, aumentando a qualidade de vida da população e gera emprego e renda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Brasil. **Mapa impediu ingresso de 63 t de mercadorias proibidas em bagagens**. Disponível em <<https://agenciabrasil.etc.com.br/geral/noticia/2020-01/mapa-impediu-ingresso-de-63-t-de-mercadorias-proibidas-em-bagagens>> 15 de janeiro de 2024.
2. Anhurhada, S. et al. **Kinetic Studies and Anaerobic Co-digestion of Vegetable Market Waste and Sewage Sludge**. Soil Air Water v. 35, p. 197-199, 2007.
3. CIBIOGÁS. Nota Técnica: N° 002/2018 – **Características técnicas do biogás**. Foz do Iguaçu, 2018.
4. Coldebella, Anderson. et. al. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2006.
5. Controladoria Geral da União. Fala.BR - Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação. Disponível em: <<https://falabr.cgu.gov.br/web/home>>.
6. Edwiges, T., et al. Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. **Waste Management**, v.17., p.618-625, 2017.
7. Elias, A.B; Tresmondi, A.C. Gerenciamento de resíduos sólidos em estabelecimento de hospedagem: Estudo de caso no município de Americana/SP. **Revista Ambiência**, v.15., n.3., 2019.



8. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2023. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.
9. Inácio, Juliane. [Quantitativo de resíduos orgânicos gerados pelo CEASA de Foz do Iguaçu]. WhatsApp. 30 jan. 2024. 15:12. 1 mensagem de WhatsApp.
10. International Energy Agency (IEA), 2023. Disponível em <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.
11. Ministério Da Ciência, Tecnologia E Inovação (MCTI). **Biometano: biocombustível verde: guia técnico**. Brasília: MCTI, 2020.
12. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balço energético nacional**. Tabela VIII.9 – Densidades e Poderes Caloríficos, 2017.
13. Secretaria Nacional De Saneamento Ambiental. **Probiogás. Barreiras e propostas de soluções para o mercado de biogás no Brasil**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016.
14. Sindicato dos Hotéis, Restaurantes, Bares e Similares (Sindihotéis). Número de leitos e taxa de ocupação. Disponível em: <<https://www.destino.foz.br/orgao-oficial/estatisticas-e-estudos-turisticos/>>. 15 de janeiro de 2024