



I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO
SÃO LUÍS - MA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFMA E SUA APLICABILIDADE EM RESTAURANTES POPULARES DE SÃO LUÍS – MA

LUANA CRISTINA SOUSA DE OLIVEIRA
JACIENE JESUS FREITAS CARDOSO

Palavras-chave: resíduos orgânicos, biogás, bioenergia, sustentabilidade.

1. Introdução

O desperdício de alimentos tem se tornado um problema cada vez mais grave em todo o mundo. No Brasil, aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas de alimentos produzidos são desperdiçados anualmente, com grande parte sendo descartada em aterros sanitários, onde a matéria orgânica se decompõe e gera metano (Deena *et al.*, 2022).

O Restaurante Universitário da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) é responsável pela produção em média diária 4.600 refeições, de acordo com a Pró-Reitoria de Assistência Estudantil (PROAES), gerando uma quantidade significativa de resíduos orgânicos que podem ser utilizados como biomassa para a produção de bioenergia. Essa realidade não é exclusiva deste restaurante, os restaurantes populares, que atualmente contam com cerca de 16 estabelecimentos localizados na região metropolitana de São Luís e, segundo o governo do Estado servem cerca de mil refeições diariamente em cada estabelecimento. Portanto, a gestão adequada dos resíduos orgânicos gerados por esses estabelecimentos possibilita uma mitigação nos impactos ambientais e promover a sustentabilidade.

O uso da bioenergia, gerada a partir de resíduos alimentares, traz benefícios ambientais ao promover um sistema eficiente de gerenciamento de resíduos. O biogás surge como uma alternativa sustentável para diminuir o impacto desses resíduos no meio ambiente e que contribui para a saúde pública, ao eliminar o excesso de desperdício de alimentos, evitando a contaminação de água e solo, e contribuiria para a conservação dos recursos naturais (Reshmy *et al.*, 2021; Ren *et al.*, 2022).

Considerando a importância de uma produção mais limpa e do aproveitamento integral dos resíduos, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de geração de energia a partir dos resíduos orgânicos gerados no RU da UFMA e analisar a aplicabilidade dessa abordagem em restaurantes populares da região metropolitana de São Luís, Maranhão.

O aproveitamento dos resíduos para a geração de energia limpa a partir da produção de biogás, não só reduz o impacto ambiental, mas também oferece ganhos econômicos, especialmente com a comercialização de biofertilizantes e/ou créditos de carbono.

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de geração de energia a partir de resíduos orgânicos gerados no RU da UFMA e estudar sua viabilidade em restaurantes populares em São Luís, Maranhão. Os objetivos específicos incluem:

- Avaliar o potencial de geração de biogás, a partir dos resíduos orgânicos gerados no RU da UFMA, por meio de técnicas de biodigestão para a produção de biogás;

REALIZAÇÃO E APOIO





I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO
SÃO LUÍS - MA

- Promover o uso de tecnologia sustentável em restaurantes populares, com base nos resultados obtidos no estudo de caso do RU da UFMA.

3. Metodologia

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema e, em seguida, um levantamento de dados para quantificar os resíduos gerados no RU da UFMA, seguido pela caracterização físico-química no Laboratório de Química de Interfaces e Materiais (LIM). Além disso, realizou-se um estudo para avaliar os restaurantes populares em São Luís e a viabilidade de aplicar o processo de biodigestão nesses estabelecimentos. Considerando a média de refeições servidas diariamente, cerca de mil refeições, estimou-se o potencial de produção de biogás com base na proporção de resíduos orgânicos gerados. O cálculo da quantidade de resíduos diários foi baseado na relação entre o volume de resíduos do RU da UFMA, que gera 450 kg ao servir 4.600 refeições. Usando essa proporção, calculou-se a quantidade de resíduos gerados pelos 10 restaurantes populares, que servem, em média, 1.000 refeições por dia cada um desses estabelecimentos.

3.1. Produção estimada téorica de biometano

Segundo estudos realizados por Rocha (2016) e Moura (2017) que sugerem que a porcentagem de sólidos voláteis (SV) os resíduos alimentares estão em torno de 22,3% para resíduos alimentares.

Tabela 1 - Composição de SV dos resíduos alimentares.

Referência	(Zhang <i>et al.</i> , 2006)	(Li <i>et al.</i> , 2011)	(Zhang <i>et al.</i> , 2011)	(Browne <i>et al.</i> , 2013)	(Zhang <i>et al.</i> , 2013)	Probiogás (2015)	Média
%SV	26,4	22,6	17,1	27,6	21,0	19,0	22,3

Fonte: Rocha (2016)

Para calcular a quantidade de sólidos voláteis (SV), utiliza-se o valor total de resíduos orgânicos produzidos diariamente, multiplicando-o pela porcentagem média de SV, que, conforme indicado na tabela, é de 0,223, de acordo com a Equação 1:

$$SV \left(\frac{Kg}{dia} \right) = Qnt \text{ resíduos (dia)} \times 0,223 \quad (1)$$

De acordo com Ferreira (2015) e Moura (2017), uma tonelada de sólidos voláteis (SV) gera, em média, 400 m³ de metano (CH₄). Para estimar o volume teórico de biometano, basta multiplicar o valor de SV (em kg) pelo volume médio de 400 m³ por tonelada, obtendo assim a produção diária de biometano em m³ conforme a Equação 2.

$$CH_4 \left(\frac{m^3}{dia} \right) = \frac{SV \left(\frac{Kg}{dia} \right)}{1000} \times V_{CH_4} \quad (2)$$

3.2. Estimativa da produção teórica de biogás;

Para os métodos de cálculos associados à previsão de geração de biogás, utilizou-se os trabalhos de Souza e Pecci (2021), em que se encontra o valor mensal correspondente à produção de biogás.

REALIZAÇÃO E APOIO





I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO
SÃO LUÍS - MA

3.3. *Estimativa teórica do potencial energético do gás metano produzido;*

Sabendo que o poder calorífico inferior (PCI) do metano é 9,9 kWh/m³, em suas condições normais de temperatura (CNTP) (Coldebella *et al*, 2006), será possível estimar a quantidade energética oriunda do metano produzido.

3.4. *Estimativa da receita gerada com a venda do biofertilizante -*

Para o cálculo do lucro da venda do biofertilizantes foi utilizado a metodologia segundo Gonçalves *et al.*,(2018).

4. Resultados e Discussão

4.1. *Geração estimada de resíduos da universidade*

Segundo informações obtidas pelo Pró Reitoria de Assistência Estudantil (PROAES) em fevereiro de 2024, o RU da UFMA serve cerca de 4300 refeições por dia, gerando 450 kg de resíduos orgânicos diários. De acordo com Silva e Santos (2009), a densidade para a fração de matéria orgânica é igual a 1.213 kg/m³.

4.2. *Caracterização do substrato*

Cerca de 300 g de resíduo foram trituradas com 100 mL de água até completa homogeneização. A tabela a seguir apresenta os resultados da caracterização do substrato:

Tabela 2 – Resultados das análises

Parâmetros	Resultados
pH	5,9 ± 6,2
Sólidos totais (mg/L)	5,22
Sólidos voláteis (mg/L)	12676,00

Fonte: produzido pela autora

4.3. *Estimativa da produção estimada teórica de biometano;*

Considerando a quantidade diária de 450 kg de resíduos orgânicos e multiplicando por 0,223 (percentual médio de sólidos voláteis, conforme a Tabela 1), a quantidade de sólidos voláteis encontrada é de 100,35 kgSV/dia. Sabendo que uma tonelada (1.000 kg) de sólidos voláteis produz, em média, 400 m³ de CH₄ em condições normais de temperatura e pressão (CNTP) (FERREIRA, 2015), a produção diária de biometano é equivalente a 40,14 m³/dia.

4.4. *Estimativa da quantidade de produção teórica de biogás a ser produzida;*

Com a geração de resíduo registrada pelo restaurante universitário, espera-se que os 9.900 Kg de resíduos sólidos orgânicos gerados mensalmente no RU possuam em média 838 Kg de SV e que o potencial de produção de biogás seja de 0,85 Nm³.KgSV-1. Assim, a produção estimada de biogás é de 528 m³/mês.

REALIZAÇÃO E APOIO





I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO
SÃO LUÍS - MA

4.5. Estimativa teórica do potencial energético do gás metano produzido;

Sabendo o valor de biometano é aproximadamente 40,14 m³/dia, a produção real de energia seria equivalente à produção real de CH₄, que pode ser encontrada utilizando o valor do PCI e multiplicando por 25% é equivalente à produção anual real de energia, que é encontrada usando o valor da produção real de energia CH₄ e multiplicando quanto aos dias do mês. Obtém-se o valor de 2.185,62 kWh/mês a produção real de CH₄ mensalmente.

4.6. Análise da aplicabilidade dessa abordagem em restaurantes populares de São Luís, Maranhão

A partir dos resultados obtidos acerca o potencial de geração de energia do RU da UFMA, foram efetuados cálculos da extração do dado para os restaurantes populares de São Luís, por meio do número diário de refeições servidas mediante os resultados obtidos aplicando a proporção para os 10 restaurantes de São Luís/MA, cada um com aproximadamente mil refeições servidas por dia, estimou-se o potencial de produção de biogás mensal em 1.148 m³. Os resultados obtidos mostram que o destino dos resíduos dos restaurantes populares de São Luís é uma medida altamente promissora, devendo ser fortemente considerada para promover uma matriz energética mais sustentável em todos os sentidos, viável economicamente e benéfica ambientalmente.

4.7. Estimativa da receita gerada com a venda do biofertilizante

O lucro com os biofertilizantes foi estimado em R\$ 10,00 por metro cúbico de acordo com Gonçalves *et al.*, (2018), resultando em uma receita anual de R\$ 2.232,70. Nos 10 restaurantes populares de São Luís, o lucro anual com biofertilizantes foi estimado em aproximadamente R\$ 4.848,54.

5. Conclusão

Diante dos resultados apresentados acima, é possível concluir sobre o potencial significativo da geração de biogás dos resíduos orgânicos do RU da UFMA e dos restaurantes populares de São Luís. Assim, a instalação de biodigestores em tais locais poderia minimizar o impacto pelo manejo incorreto de resíduos e estimular a produção de energia como uma forma renovável que beneficia o desenvolvimento sustentável ambiental e econômico.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à ANP, por meio do PRH/ANP (PRH 54.1 - UFMA), pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, assim como à UFMA pelo suporte com dados essenciais. Agradecem também ao Laboratório LQIM/UFMA pelas análises e caracterização dos resíduos alimentares.

7. Referências

BROWNE, J. D.; MURPHY, J. D. Assessment of the resource associated with biomethane from food waste. *Appl. Energy*, v. 104, p. 170-177, 2013.

REALIZAÇÃO E APOIO





I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO
SÃO LUÍS - MA

COLDEBELLA, A. 2006. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

DEENA, S. R *et al.* Enhanced biogas production from food waste and activated sludge using advanced techniques—a review. **Bioresource Technology**, p. 127234, 2022.

FERREIRA, B. O. Avaliação de um sistema de metanização de resíduos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás. **Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG**, 2015.

GONÇALVES *et al.* (2018). Dimensionamento e análise da viabilidade técnica e econômica de um biodigestor tubular [Trabalho Científico, **Instituto Federal de Minas Gerais**]. https://www.ifmg.edu.br/arcos/ensino- 1/tai/20181_tai3_biodigestortubular.pdf

LI, Y. *et al.* Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. **Renew. Sust. Energ. Rev.**, 15, 821-826. 2011.

MOURA, R. Avaliação do Potencial de Geração de Energia a partir dos Resíduos Orgânicos do Restaurante universitário Central da UFRJ. **Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**. 2017.

PROBIOGÁS, Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil. **Ministério das Cidades, Brasília**, 2015.

RESHMY, R. *et al.* Updates on high value products from cellulosic biorefinery. **Fuel**, v. 308, p. 122056, 2022.

REN, Yuanyuan *et al.* Enhanced biomethanation of lipids by high-solid co-digestion with food waste: Biogas production and lipids degradation demonstrated by long-term continuous operation. **Bioresource Technology**, v. 348, p. 126750, 2022

ROCHA, Camila Marçal. Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares. 2016.

SOUZA, L. B. P, Lorene. (2021). Projeto de implantação de um biodigestor modelo fluxo tubular para a produção de biogás a partir de resíduos sólidos orgânicos do restaurante universitário da UTFPR - campus Ponta Grossa [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná]

SILVA & SANTOS, Michele Chagas da SILVA; Gemmelle Oliveira dos SANTOS; Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados; Artigo Publicado pela CNPq. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE**; janeiro de 2009

ZHANG L, LEE YW, JAHNG D. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: focusing on the role of trace elements. **Bioresour Technol** 102:5048–59. 2011.

ZHANG, C; SU, H.; TAN, T. Batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste in a dual solid–liquid system. **Bioresour Technol** 145:10–6. 2013.

ZHANG, R. *et al.* Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. **Bioresour. Technol.** 98, 929–935. 2006.

REALIZAÇÃO E APOIO



PPGE

Programa de Pós-graduação em
Energia e Ambiente

PPGDSE

PPGQUIM
FAPENPA

CAPES