



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
 FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE BIOGÁS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DA
 BAIXADA SANTISTA**

**STUDY OF THE VIABILITY OF BIOGAS GENERATION IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION IN
 BAIXADA SANTISTA**

Renato da Silva Pequeno^{1,i}
Windson Veloso Menezes^{2,ii}
Lucas da Silva Barros^{3,iii}
Rita de Cássia Sartori de Araújo^{4,iv}
Tiago Akira Tashiro de Araújo^{5,v}
Roberto Blanco Lorenzo^{6,vi}
Humberto de Sousa Megda^{7,vii}

Data de submissão: (25/09/2024) Data de aprovação: (05/12/2024)

RESUMO

Considerando que a produção do biogás se destaca como uma alternativa energética sustentável frente aos desafios ambientais contemporâneos, este estudo busca investigar a viabilidade da implementação de um sistema gerador de biogás em uma instituição de ensino na Baixada Santista, utilizando para isto, restos alimentares como matéria-prima. O estudo explora a eficiência do biodigestor comercial HomeBiogas 2.0 considerando aspectos de impacto ambiental e sustentabilidade. Ainda, esta pesquisa destaca o potencial de substituição parcial de fontes energéticas tradicionais por biogás, promovendo uma gestão mais sustentável dos resíduos sólidos. Os resultados indicam que a implementação de um sistema de biodigestão em uma unidade de ensino pode contribuir significativamente para a redução de resíduos alimentares e promover paralelamente a geração de energia limpa,

¹ Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: renato.silva.peq@gmail.com

² Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: windson.menezes@sp.senai.br

³ Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: barrosllucas@gmail.com

⁴ Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: rsartori@sp.senai.br

⁵ Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: tiago.araujo@sp.senai.br

⁶ Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: roberto.lorenzo@sp.senai.br

⁷ Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: Humberto.sousa@sp.senai.br

caracterizando-se como uma alternativa viável e ecologicamente correta para a gestão de resíduos em ambientes educacionais.

Palavras-chave: biogás; biodigestor; unidade de ensino; resíduos alimentares; sustentabilidade.

ABSTRACT

Considering that biogas production stands out as a sustainable energy alternative in the face of contemporary environmental challenges, this study seeks to investigate the feasibility of implementing a biogas generating system in an educational institution in Baixada Santista, using food waste as raw material. The study explores the efficiency of the HomeBiogas 2.0 commercial biodigester considering aspects of environmental impact and sustainability. Furthermore, this research highlights the potential for partial replacement of traditional energy sources by biogas, promoting a more sustainable management of solid waste. The results indicate that the implementation of a biodigestion system in an educational unit can significantly contribute to the reduction of food waste and simultaneously promote the generation of clean energy, characterizing itself as a viable and environmentally friendly alternative for waste management in educational environments.

Keywords: biogas; biodigester; teaching unit; food waste; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da demanda energética aliada à urgência ambiental em mitigar as emissões de gases do efeito estufa, têm promovido um avanço de estratégias sustentáveis para a geração energética por parte da sociedade atual (Taqvi et al., 2024). Dentre estas, o biogás tem se destacado como uma solução promissora, especialmente em países como o Brasil, o qual possui vastos recursos orgânicos naturais disponíveis para a sua produção (Menezes Lima et al., 2024; Moraes et al., 2024; Oliveira et al., 2024a).

É de notório saber que o biogás é produzido a partir da decomposição de matéria orgânica em condições anaeróbicas, o qual resulta em uma mistura de gases predominantemente composta pelo gás metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2), (Çelik et al., 2024) (Figura 1). Nesse sentido, a implementação de sistemas de biodigestão os quais utilizam resíduos orgânicos para a produção de biogás, oferecem benefícios adicionais, pois além de propiciar a mitigação das emissões de CH_4 — um gás de efeito estufa com potencial de aquecimento global 25 vezes superior ao do CO_2 —, esses sistemas também contribuem para a redução do volume de resíduos sólidos gerados, configurando-se portanto como uma abordagem sustentável (Pradeshwaran, et al., 2024)

Neste sentido, o desperdício de alimentos constitui uma questão global em ascensão. Estima-se que aproximadamente um terço da produção mundial de alimentos, equivalente a cerca de 1,3 bilhão de toneladas anuais, seja desperdiçado (FAO, 2023). Tal cenário torna-se especialmente crítico em ambientes educacionais, tais como escolas e universidades, onde a gestão ineficiente de resíduos alimentares pode gerar impactos significativos, especialmente frente à relevância da educação ambiental no contexto da educação básica.

Figura 1 – Representação esquemática da composição do biogás.



Fonte: Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas (SEBRAE), 2024.

Desta forma, a adoção de sistemas os quais utilizem resíduos alimentares para a produção de biogás, destaca-se como uma solução inovadora e sustentável com potencial tanto para mitigar o desperdício de alimentos, como para fomentar a geração de energia limpa.

1.1 Problema de pesquisa

O desperdício de alimentos aliado a uma gestão inadequada de seus resíduos, configura-se como um desafio significativo às instituições de ensino brasileiras. Em um estudo recente, Barros (2024) constatou que o desperdício alimentar em restaurantes universitários brasileiros está acima de um limite aceitável.

Nesse contexto, é possível observar uma lacuna de pesquisas direcionadas ao desenvolvimento de soluções as quais integrem tanto sustentabilidade como viabilidade econômica, as quais tenham como foco o manejo eficiente de resíduos alimentares como fonte para a geração de energia renovável, contribuindo assim para a redução de impactos ambientais e promovendo abordagens socioambientais em instituições educacionais brasileiras.

1.2 Objetivos

Este estudo tem como objetivo, avaliar a viabilidade da implementação de um sistema gerador de biogás em uma instituição de ensino de educação básica localizada na Baixada Santista – litoral de São Paulo, utilizando resíduos alimentares gerados na própria unidade como fonte de matéria-prima. Ainda, busca-se identificar o potencial do sistema em reduzir o desperdício de alimentos, contribuir para a geração de uma energia renovável, bem como fomentar no âmbito educacional, uma gestão sustentável dos resíduos sólidos gerados pela unidade escolar.

1.3 Justificativa

A relevância deste estudo baseia-se na crescente demanda global por soluções sustentáveis no gerenciamento de resíduos sólidos, associada à busca por alternativas energéticas renováveis. No contexto nacional, a Associação Brasileira de Biogás (ABiogás) destacou, em 2018, o elevado potencial do Brasil para a exploração do biogás e a produção de biometano (Costa et al., 2023). Além disso, a diversificação de biomassa disponível a qual

pode vir a ser fonte para a produção do biogás demonstra considerável viabilidade (Oliveira et al., 2024b). Nesse sentido, a implementação de sistemas de biodigestão em instituições de ensino emerge como uma estratégia capaz de oferecer não apenas uma solução ambiental, mas pode vir a trazer um impacto educacional significativo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Atualmente, é possível observar um aumento e diversificação crescente de aplicações do biogás em diversos contextos da cadeia produtiva industrial. Em instalações como usinas de tratamento de resíduos orgânicos por exemplo, ele vem sendo utilizado como combustível em motores a gás (Melo *et al.*, 2024). Ainda, o biogás pode ser purificado e utilizado como combustível para veículos movidos a gás natural, contribuindo para a redução das emissões de poluentes em comparação aos combustíveis fósseis (Swinbourn *et al.*, 2024).

No Brasil, a produção artesanal de biogás tem se expandido notavelmente nos últimos anos, destacando-se a sua aplicação em setores agrícolas como na suinocultura, a partir do desenvolvimento de tecnologias as quais permitam fazer uso de dejetos suínos para a produção de biogás e biofertilizantes, mitigando assim impactos ambientais (Silva *et al.*, 2024). No setor sucroalcooleiro brasileiro, já é possível observar a utilização de resíduos tais como a vinhaça, o bagaço e a palha da cana, os quais são convertidos em energia a qual é utilizada no próprio processo, como também são transformados em biofertilizantes e bioplásticos (Larsen Filho *et al.*, 2024).

No âmbito educacional, Rique (2021) propôs a implementação de uma planta-piloto para a produção de biogás a partir da digestão anaeróbia dos resíduos alimentares gerados pelo Restaurante Universitário Central da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com enfoque na avaliação do potencial energético e da viabilidade econômica. Para a análise da viabilidade do projeto, foi utilizado o software *Superpro designer*[®] tendo como cenário o tratamento diário de 786kg de resíduos alimentares em um ciclo operacional de 330 dias. Constatou-se uma produção diária de 204 m³ de biogás, o que impactou em uma redução mensal de 3.500m³ no consumo de gás natural, gerando uma economia de R\$ 15.562,00, com gastos equivalentes à disposição anual de 259,38 toneladas de resíduos. Concluiu-se ainda que, embora haja um alto custo de implementação, a planta-piloto mostrou-se tecnicamente promissora.

Em um estudo mais recente promovido por Rocha (2022), explorou-se a utilização de resíduos alimentares como fonte de matéria-prima para a produção de biogás, tendo sido obtido resultados promissores em termos de eficiência energética e redução de resíduos. Para isto, avaliou-se o potencial de produção de biogás na operação de biodigestores de bancada em batelada, a partir de resíduos produzidos em um restaurante popular localizada na cidade de São Cristóvão no Estado de Sergipe. Os referidos biodigestores foram fabricados a partir da reutilização de garrafas de polietileno tereftalato (PET), tendo sido testados por 21 dias a uma temperatura de 25°C. Como inóculo, foi utilizado esterco de caprinos com uma concentração de 3% e pH de 7,12, tendo sido relatado uma produção diária de 18mL de biogás. Os pesquisadores contataram um potencial de energia gerada na ordem de 321 kWh/mês, com um ganho de R\$157,97 mês com a utilização do biogás produzido a partir de resíduos alimentares.

Diante deste cenário, este trabalho busca explorar a viabilidade da produção de biogás em uma instituição de ensino da Baixada Santista, utilizando resíduos alimentares

como matéria-prima. A análise aqui proposta, busca se alinhar às discussões contemporâneas sobre o potencial do biogás no Brasil, contribuindo assim como uma gama de conhecimento com dados empíricos, os quais possam nortear futuras implementações e otimizações de biodigestores em unidades de ensino.

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento do projeto

Neste estudo teórico, a viabilidade da implementação de um sistema produtor de biogás em uma instituição de ensino da baixada santista, norteou-se por três dimensões técnicas, a saber: A eficiência na produção de biogás, a infraestrutura local requerida e a integração com as operações diárias já estabelecidas na instituição.

Em relação à sua eficiência energética, o biogás desempenha um papel crucial na produção de energia renovável sendo, para isto, dependente diretamente do processo de purificação a fim de transformá-lo em biometano (Asensio-Ramos *et al.*, 2024).

O poder calorífico do biogás apresenta variações que dependem diretamente de sua composição química, a qual é influenciada por diversos fatores. Entre eles, destacam-se a natureza da matéria-prima utilizada como substrato e as condições específicas do processo de produção, incluindo os parâmetros operacionais e as tecnologias empregadas. Essas variáveis determinam a proporção de metano (CH₄) e outros gases presentes na mistura, impactando diretamente sua eficiência energética (Cellek *et al.*, 2024).

Embora os valores possam variar significativamente, em média o poder calorífico do metano – principal constituinte do biogás – gira em torno de 2.420 Kcal/Kg o que o posiciona como uma alternativa energética superior aos combustíveis fósseis, tanto pela maior eficiência energética quanto pelos benefícios ambientais associados ao seu uso (Okoh *et al.*, 2024).

No que se refere à infraestrutura da unidade de ensino para o processo de implementação do sistema biodigestor, objetivando a implementação tecnológica mais adequada, avaliou-se neste projeto a disponibilidade de espaço na instituição de ensino e o tipo de matéria-prima (resíduo orgânico alimentar) disponível para o processo. Levou-se em conta ainda nesta pesquisa, o sistema de gás já existente na instituição a fim de verificar se o biodigestor pode atender a demanda por gás da unidade de ensino ou se pode ser integrado ao sistema existente.

Quanto à dimensão econômica, reconhecendo que a viabilidade econômica desempenha um papel essencial no delineamento de um projeto, esta pesquisa inclui as considerações financeiras na implementação do sistema biodigestor, tal como a análise do retorno sobre o investimento (ROI), a fim de se verificar a viabilidade econômica a longo prazo de sua aplicação em uma instituição de ensino.

Vale ressaltar que em algumas regiões do país, incentivos financeiros e subsídios governamentais podem tornar a implementação de um sistema de obtenção do biogás mais acessível para instituições de ensino ao reduzir os custos iniciais do projeto.

3.2 Sistema biodigestor e instituição de ensino

Para este estudo, foi escolhido o modelo de biodigestor comercial HomeBiogas 2.0, produzido pela HOME BIOGÁS Brasil®, a qual está situada na cidade de São Paulo/SP. Segundo

informações do fabricante, o equipamento utiliza um sistema doméstico de biodigestão composto por tecnologia de origem israelense. A escolha do modelo se deu após uma pesquisa bibliográfica sobre a sua utilização (Assonalio ,2024).

Figura 2 – Representação esquemática do biodigestor modelo HomeBiogas 2.0.



Fonte: HomeBiogas Brasil[®]

Para a escolha da unidade de ensino para este trabalho, foram utilizados dados do censo escolar 2022-IDEF, de uma unidade municipal de educação básica de ensino fundamental, localizada cidade de Santos-SP, à qual é a capital da região metropolitana da baixada santista. No referido ano apurado, a instituição de ensino possuía 442 matrículas de alunos. Ainda, de acordo com dados da escola reportados pela Secretaria de Educação da cidade, a unidade escolar possui cozinha e oferece em média 900 refeições diárias aos alunos. A quantidade de alimento fornecida a crianças e adolescentes no ensino fundamental pode apresentar variações diárias. Desta forma este estudo adotou como referência para os cálculos, a média de 273 g de alimento/dia por aluno.

Quanto aos resíduos alimentares utilizados como matéria-prima para o sistema biodigestor, existem diferentes classificações a tipos de sobras alimentares, as quais possam vir a se tornarem resíduos. As chamadas "sobras sujas" referem-se aos alimentos que permanecem nas cubas do balcão de distribuição após as refeições e que não são reaproveitados. As "sobras limpas" consistem em alimentos que foram preparados, mas não distribuídos, devendo ser mantidos sob refrigeração e monitoramento de tempo/temperatura constantes (Santos *et al.*, 2020).

Já em relação ao "resto de ingestão", este corresponde aos alimentos servidos e não consumidos, ou seja, refere-se às sobras deixadas nos pratos e bandejas que os consumidores descartam no lixo (Santos *et al.*, 2020). Considerando a escassez de estudos sobre o controle de desperdício em escolas públicas, este estudo adotará uma taxa de desperdício médio de 5%, tendo em vista que a produção de resíduos alimentares em uma unidade de ensino em torno de 0 a 5%, pode ser classificada como "ótima", ao passo que uma faixa entre 5 à 10%, passa a ser considerada como "regular" (Oliveira *et al.*, 2021).

3.3 Simulação dos cálculos para a produção do biogás

Para o cálculo da vazão afluente no sistema biodigestor, ou seja, a quantidade de material orgânico que entra no biodigestor em um determinado período, será utilizada uma metodologia previamente reportada por Perrucci (2018) de acordo com equação 1:

$$Q_{\text{afluente}} = \text{Volume reator} / \text{TRH} \quad (1)$$

- a) Q_{afluente} = Vazão de entrada de matéria orgânica no biodigestor;
- b) Volume reator = Volume total do reator de biodigestão;
- c) TRH= Tempo de retenção hidráulica.

Em relação à quantidade de gás metano gerado no processo, esta pode ser quantificada pela presença de matéria orgânica carbonácea, de acordo com a parcela da demanda química de oxigênio (DQO) convertidas em gás metano, desconsiderando a parcela a qual é convertida em biomassa e a produção de sulfetos, de acordo com a equação 2 (Perrucci et al., 2018).

$$DQO_{CH_4} = Q \times (S_0 - S) - Y_{\text{obs}} \times Q \times S_0 \quad (2)$$

- a) DQO_{CH_4} = Quantidade de DQO convertida em gás metano em Kg;
- b) Q = Vazão do afluente em m^3 ;
- c) S_0 = Concentração de DQO afluente (Kg DQO/ m^3);
- d) S = Concentração de DQO efluente (Kg DQO/ m^3);
- e) Y_{obs} = Coeficiente de produção de material sólido em termos de DQO (0,11 a 0,23 Kg $DQO_{\text{lodo}} / DQO_{\text{apl}}$)

Já em relação à precificação do gás natural, esta pesquisa utilizará o preço médio do botijão padrão de 13Kg (P-13) do gás de cozinha (GLP), que no segundo semestre de 2024, estava no valor de R\$ 120,00, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a estimativa da quantidade de alimentos disponibilizada diariamente aos alunos, esta pesquisa considerou os 442 alunos matriculados da unidade de ensino exemplificada, bem como a quantidade 273g/dia. Desta forma, de acordo com a equação 3 temos:

$$273g/\text{Alim.} \times 442 \text{ Alu.} = 120.666g / \text{Alim.} / \text{dia} = 120,666 \text{ Kg} / \text{Alim.} / \text{dia} \quad (3)$$

- a) Alim. = Alimento
- b) Alu. = Aluno

Já em relação à quantificação das sobras de alimentos na referida unidade de ensino, tendo como base o cálculo demonstrado no item anterior, referente à quantidade de alimentos produzidos e uma taxa de 5% de desperdício, pode-se inferir que há uma produção de aproximadamente 6,03Kg de rejeitos alimentares/dia. Neste sentido, considerando uma média de 20 dias letivos/mês, inferimos que há uma produção de rejeitos de cerca de 120,6Kg/mês sendo, portanto, suficiente para o abastecimento do modelo HomeBiogas 2.0, que de acordo com seu fabricante é de 4Kg/dia (120Kg/mês).

No que se refere ao ROI, no presente momento desta pesquisa o Biodigestor HomeBiogas 2.0 está disponível por R\$ 10.400,00 (Homebiogás brasil®). De acordo com o cenário projetado anteriormente e considerando que a unidade de ensino utilize exclusivamente o biogás produzido, pode-se estimar uma economia anual na ordem de R\$ 2.358,36 com um ROI (*payback*) de 53 meses, sendo a princípio um investimento interessante do ponto de vista econômico, ambiental e educacional.

Apesar das vantagens elencadas anteriormente quanto à utilização de biogás em instituições de ensino, é fundamental reconhecer e abordar os potenciais desafios os quais podem surgir durante a sua implementação, tal como, por exemplo, o custo inicial elevado, onde estratégias de financiamento, tais como parcerias público-privadas e a busca por subsídios governamentais, podem ajudar a mitigar esse desafio.

Outro aspecto relevante refere-se ao sistema de manutenção do biodigestor, o qual requer uma manutenção regular constante a fim de garantir seu funcionamento eficiente. Desta forma, é fundamental estabelecer planos de manutenção, bem como possuir na equipe pessoal treinamento para reparos diários básicos.

Por fim, a unidade de ensino deve criar estratégias para envolver tanto a comunidade interna como a comunidade ao entorno acerca da importância do funcionamento do sistema de biodigestão, adotando, por exemplo, programas de sensibilização ambiental os quais tornam-se imprescindíveis para o sucesso do projeto.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo demonstrar a viabilidade da geração de biogás em uma instituição de ensino situada na Baixada Santista, abordando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e educacionais envolvidos. Até o limite do nosso atual conhecimento, não há registros na literatura, acerca do aproveitamento energético permanente de um sistema biodigestor implementado em uma unidade de ensino nesta região, o que torna esta pesquisa uma base significativa para futuros projetos nesse campo.

A análise realizada indica que a implementação de um sistema biodigestor, como o HomeBiogas 2.0, é tecnicamente viável e pode ser sustentada pelo volume de resíduos alimentares produzidos na instituição de ensino. Além disso, a avaliação econômica sugere que o investimento inicial, embora significativo, pode ser compensado a médio prazo pela economia gerada com a substituição do gás de cozinha por biogás.

Do ponto de vista ambiental, o projeto contribui para a redução do desperdício de alimentos e para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade. No aspecto educacional, o uso do biodigestor serve como uma ferramenta prática para envolver os alunos em temas como gestão de resíduos, energias renováveis e sustentabilidade, ampliando assim o impacto do projeto além da economia financeira.

Apesar das vantagens identificadas, há desafios a serem considerados: o seu custo inicial elevado, e a necessidade de manutenção regular do sistema. Estes, podem ser mitigados respectivamente por meio de parcerias e subsídios governamentais, bem como com a formação de pessoal técnico treinado para manutenções rotineiras.

Portanto, a implementação do sistema de biodigestão em uma instituição de ensino da Baixada Santista, não apenas se mostra viável, mas também oferece uma solução sustentável e educativa, com potencial para ser replicada em outras unidades escolares da região.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Gás natural e biocombustíveis**. Boletim mensal de preços de combustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2024.

ASENSIO-RAMOS, M. *et al.* Tracer gas method evaluation for assessing the energy potential of biogas from chicken farms in the Canary islands. **Sustainability**, v. 16, n. 10, p. 4168, 16 maio, 2024.

BARROS, A. N. D. A. B. *et al.* Impacto de uma campanha contra desperdício de alimentos em um restaurante universitário. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 19, p. e74469, 6 maio, 2024.

ÇELIK, A. Pyrolysis of biogas for carbon capture and carbon dioxide-free production of hydrogen. **Reaction Chemistry & Engineering**, v. 9, n. 1, p. 108–118, 2024.

CELLEK, M. S.; DEMIR, U.; COSKUN, G. Investigation effects of different calorific values and operating conditions on biogas flame: a CFD study. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, v. 46, n. 1, p. 8171–8189, 31 dez. 2024.

COSTA, J. M. *et al.* Environmental aspects and perspectives of the brazilian market for biogas and biomethane from anaerobic digestion: a review. **BioEnergy Research**, v. 17, n. 1, p. 59–72, 22 ago. 2023.

LARSEN FILHO, L. L. *et al.* Panorama do setor sucroalcooleiro brasileiro: da produção ao processamento dos resíduos associados a cadeia de cana-de-açúcar. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 6, p. e5076, 5 jun. 2024. DOI: 10.55905/oelv22n6-050. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/5076> . Acesso em: 02 set. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – **FAO. Home**. Disponível em: <https://www.fao.org/home/en>. Acesso em: 2 dez. 2024.

HOME BIOGAS. **Transforme seus resíduos orgânicos em energia limpa e renovável**. São Paulo, [s/d]. Disponível em: Acesso em: 01 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Censo Escolar 2022: apresentação coletiva**. 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/censo_escolar/resultados/2022/apresentacao_coletiva.pdf. Acesso em: 1 dez. 2024.

MELO, A. E. S. D. S.; JESUS, L. F. F. D. S. de.; CAVALCANTI, L. A. P. Aproveitamento do bagaço de malte da produção cervejeira como matéria prima para biocombustíveis. **Revista Foco**, v. 17, n. 1, p. e4201, 22 jan. 2024. <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/4201> . Acesso em: 4 set. 2024.

MENEZES LIMA, J. A. et al. Quantification and spatial distribution of the bioenergetic potential from slaughterhouses effluents biogas generation across Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 467, p. 143000, ago. 2024.

MORAES, C. A. et al. Biogas-based electricity production from landfills in places of irregular disposal: Overview for the southeast region of Brazil. **Energy**, v. 290, p. 130161, mar. 2024.

OKOH, Ezennia Valentine Charles; ADAMU, Samira Shehu. Generating and Characterizing Biogas from Household Waste through Anaerobic Digestion. **Journal of Science Research and Reviews**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 16–18, 2024. Disponível em: <https://josrar.esrgngr.org/index.php/josrar/article/view/4>. Acesso em: 2 dez. 2024.

OLIVEIRA, H. R. *et al.* Biogas potential of biowaste: A case study in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Renewable Energy**, v. 221, p. 119751, fev. 2024a.

PERRUCCI, Guilherme Guanaes Sotello e RODRIGUES, Guilherme Oliveira. **Resíduos orgânicos e a aplicação doméstica do biogás gerado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – EPUSP, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/e7a89801-35cf-4399-8aa5-0ca3ee6ee6ea/GUILHERME%20GUANAES%20SOTELLO%20PERRUCCI.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2024.

PRADESHWARAN, V.; SUNDARAMOORTHY, V.; SARAVANAKUMAR, A. A comprehensive review on biogas production from food waste: Exploring cutting-edge technologies and innovations. **Biomass and Bioenergy**, v. 188, p. 107336, set. 2024.

SANTOS, G. M.; PINTO, P. M. T.; CORRÊA, F. F. Avaliação de sobras alimentares em uma unidade de alimentação e nutrição institucional. **Disciplinarum Scientia - Ciências da Saúde**, v. 21, n. 2, p. 207–215, 2020.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Conceitos sobre biogás**. Disponível em: <https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/conceitos-biogas>. Acesso em: 02 set. 2024.

SILVA, C. D. *et al.* **Potencial de Bioenergia: Estudo de caso em granjas suínícolas na região de Pará de Minas - MG (no Alto São Francisco)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (CBGD 2024), 9., 30 out. 2024. [Anais...]. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/33414> . Acesso em: 1 dez. 2024.

SWINBOURN, R.; LI, C.; WANG, F. A comprehensive review on biomethane production from biogas separation and its techno-economic assessments. **ChemSusChem**, p. e202400779, 23 ago. 2024.

TAQVI, S. A. A. et al. State-of-the-Art Review of Biomass Gasification: Raw to Energy Generation. **ChemBioEng Reviews**, v. 11, n. 4, p. e202400003, ago. 2024.

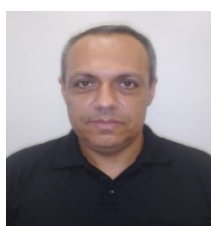
Sobre os Autores:

ⁱRenato da Silva Pequeno



Pós-graduando em Engenharia Clínica pela USJT, graduado em Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI, especialista em Equipamentos Biomédicos pelo Cotuca - Unicamp, técnico em Automação Industrial e Técnico em Eletrônica pela ETEC São Paulo. Servidor público municipal, com experiência nas áreas de engenharia clínica, projetos elétricos, eletrônica e mecânica. <https://orcid.org/0009-0008-4027-2779>

ⁱⁱWindson Veloso Menezes



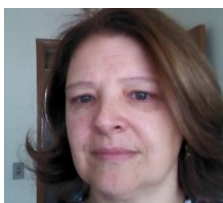
Pós-graduado em Engenharia de Soldagem e Projetos Mecânicos, Tecnólogo em Automação Industrial, Técnico em Metalurgia, Especialista em Caldeiraria e Soldagem. É atualmente Instrutor de Práticas Profissionais pelo Senai-SP nas áreas de Caldeiraria, Tubulação Industrial, Processos de Corte e Soldagem a seco e subaquática. <https://orcid.org/0009-0005-2931-1130>

ⁱⁱⁱLucas da Silva Barros



Técnico formado em eletrotécnica pela Escola SENAI “Hessel Horácio Cherkassky” de Cubatão- SP (2020) e graduado no curso de Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos (2023). <https://orcid.org/0009-0002-9546-4248>

^{iv}Rita de Cássia Sartori de Araújo



Mestranda no ensino da física. PósGraduada em Matemática. Pós-Graduada em Ciências da natureza. Graduada em Matemática e em Ciências. Sócia-proprietária da escola de aulas particulares e reforço escolar. Experiência em Exatas, orientação e coordenação escolar. <https://orcid.org/0000-0003-2960-8186>

^vTiago Akira Tashiro de Araújo



Bacharel e Licenciado em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Católica de Santos (UNISANTOS), Mestre e Doutorando em Ciências (PPG em Bioprodutos e Bioprocessos - UNIFESP). Atua como docente junto à Faculdade de Tecnologia SENAI-Santos e ao Centro Paula Souza - ETEC. <https://orcid.org/0000-0003-2960-8186>

^{vi}Roberto Blanco Lorenzo

Mestre em Engenharia Mecânica. Pós-graduado em Engenharia da Manutenção e graduação em Ciências da Computação. Trabalhou em comissionamento e suporte de sistemas de automação em indústrias químicas, petroquímicas, plataformas de petróleo, papel e celulose. É professor da faculdade SENAI de Santos. <https://orcid.org/0000-0001-9438-8429>

^{vii}Humberto de Sousa Megda

Pós-graduado em Gestão de Energia e Eficiência Energética, Mestre e Graduado em Engenharia e Licenciado em Matemática. Atualmente é Professor de Educação Tecnológica da Faculdade SENAI (Santos-SP) e Engenheiro de Apoio Operacional em uma prestadora de serviços da Petrobrás (Santos-SP). <https://orcid.org/0000-0002-9956-3414>