



## ESTUDO DO POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM COLÉGIOS DE ENSINO MÉDIO PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES: IMPACTOS NO ENSINO DE BIOLOGIA, FÍSICA E QUÍMICA EM ATIVIDADES DE LABORATÓRIO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.III-016>

Ricardo Morel Hartmann\*, Elis Padilha Teixeira, Diego Moraes Flores, Brenda Santana de Almeida, Andréia Cristina Furtado

\* Universidade Federal da Integração Latino-americana, Engenharia de Energia, Grupo de Pesquisa em Mobilidade e Matriz Energética, Foz do Iguaçu/PR. [ricardo.hartmann@unila.edu.br](mailto:ricardo.hartmann@unila.edu.br).

### RESUMO

As temáticas de resíduos sólidos urbanos (RSU) e energias renováveis já estão inseridas no cotidiano da população brasileira. Mas além de se discutir o tema é necessário preparar os estudantes do ensino fundamental e médio com ferramentas teóricas e capacidades técnicas efetivas para se consolidarem como futuros profissionais e cidadãos capazes de tomar boas decisões sobre o tema. A pandemia de Covid-19 mostrou ao mundo como o negacionismo científico pode ser perigoso, e isto pode voltar a se repetir para a crise climática que se avizinha exacerbada pelas mudanças climáticas em andamento. O presente trabalho visa apresentar resultados de projeto educacional com alunos de ensino médio com o objetivo de fortalecer o ensino de ciências naturais e matemática utilizando, uma planta experimental com produção de biogás instalada em um colégio estadual de ensino fundamental e ensino médio em Foz do Iguaçu/Paraná. Foram obtidos resultados com boa participação dos alunos do colégio na coleta, pesagem e alimentação de dois biodigestores de 200 litros. Durante o ano de 2022 foram coletados cerca de 690 kg de resíduos orgânicos no refeitório do colégio e produzidos cerca de 100 Nm<sup>3</sup> de biogás com fração de metano variável. O melhor resultado para a fração de metano foi de 80 % e a média durante o ano foi de 62 %. Os biodigestores e o biogás foram então utilizados para aulas de biologia, física, química, matemática, geografia, artes, português e pensamento computacional, atendendo aproximadamente 350 alunos. O principal resultado inferido pela equipe pedagógica do projeto foi um sensível aumento na participação e no interesse dos alunos pelas disciplinas tratadas nas aulas práticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação ambiental, ensino médio, biogás, resíduos sólidos urbanos, energia renovável.

### ABSTRACT

Topics such municipal solid waste (MSW) and renewable energies are already part of the daily life of the Brazilian population. But in addition to discussing the topic, it is necessary to prepare elementary and high school students with theoretical tools and effective technical skills to consolidate themselves as future professionals and citizens capable of making good decisions on the subject. The Covid-19 pandemic has shown the world how dangerous scientific denialism can be, and this could be repeated for the coming climate crisis exacerbated by ongoing climate changes. The present work aims to present the results of an educational project with high school students in order to strengthen the teaching of natural sciences and mathematics using an experimental plant with biogas production installed in a state elementary and high school in Foz do Iguaçu / Paraná. Results were obtained with good participation of the college students in the collection, weighing and feeding of two 200-liter biodigesters. During the year 2022, around 690 kg of organic waste were collected in the school cafeteria and around 100 Nm<sup>3</sup> of biogas with a variable methane fraction were produced. The best result for the methane fraction was 80% and the average over the year was 62%. The biodigesters and biogas were then used for biology, physics, chemistry, mathematics, geography, arts, Portuguese and computational thinking classes, serving approximately 350 students. The main result inferred by the project's pedagogical team was a significant increase in student participation and interest in the subjects covered in practical classes.

**KEY WORDS:** Environmental education, high school teaching, biogas, municipal solid waste, renewable energy.



**ATENÇÃO:** A área que está sombreada (em amarelo) é a que poderá ser livremente editada pelo autor do trabalho. Isto é feito para proteger o cabeçalho e o rodapé de eventuais desformatações. Posteriormente, a Comissão Organizadora retirará este sombreado e transformará o texto em arquivo PDF.

### INTRODUÇÃO

Existe um consenso entre estudiosos de diversas áreas sobre a temática dos resíduos sólidos urbanos (RSU) como um dos principais desafios das cidades no século XXI. Um estudo publicado pelo Banco Mundial [1] estima que no ano de 2050, 9 entre cada 10 habitantes da América Latina viverão em cidades. Isto implicará uma quantidade crescente na geração de RSU e consequente aumento na necessidade por serviços públicos relacionados com coleta, transporte, separação e correta destinação destes resíduos. Em muitas cidades este aumento de demanda pode se tornar crítico em virtude do tamanho da cidade, topologia do terreno, fatores culturais da população, tipos de resíduos entre outros fatores, exigindo então soluções eficazes e muitas vezes inovadoras por parte do gestor público.

A parte de ser um problema de gestão pública os RSU podem trazer boas oportunidades para se trabalhar o aumento da eficiência das cidades, tornando-as mais próximas aos conceitos de cidades inteligentes e resilientes a mudanças climáticas. A utilização de resíduos orgânicos para produção de biogás é um exemplo do conceito conhecido internacionalmente como WtE (*Waste to Energy*), onde o resíduo que antes era um problema torna-se combustível e pode ajudar a diminuir gastos com a aquisição de combustíveis como gás natural, GLP, óleo diesel, etc. Os processos de reciclagem de compostos de alumínio, metais em geral, plásticos, borrachas, vidros entre outros caracteriza o que se conhece atualmente por economia circular, onde os resíduos são reutilizados como matéria prima industrial, aumentando a eficiência do setor e das cidades como um todo.

A cidade de Foz do Iguaçu tem se tornado um polo universitário nos últimos anos impulsionado, principalmente, pela presença de universidades e institutos federais de educação públicos que apresentam estrutura, capacidade de planejamento e coordenação de ações de longo prazo, bem como capacidade de contratar e manter corpo de servidores técnicos e docentes com alto nível profissional. Considerando as universidades públicas instaladas em Foz do Iguaçu, a qualidade de recursos humanos de técnicos e docentes, a presença do PTI e Itaipu Binacional, é possível identificar as principais condições para a proposição de projetos portadores de futuro como referência tecnológica e, mais importante, que possam ser replicados em outras cidades do Paraná, do Brasil e da América Latina. Para isso, deve-se completar o ciclo educacional trazendo um dos principais componentes de futuro: os estudantes do ensino médio. São estes estudantes que irão desempenhar as principais funções para consolidação de tecnologias como WtE e relacionadas a economia circular.

Na educação básica, especialmente no ensino médio, a construção do conhecimento tecnológico e científico a partir da elaboração de protótipos, cartilhas para a divulgação científica, *podcasts* ou outros produtos pode promover qualidades como inteligência emocional, senso de colaboração de grupo, liderança e bem-estar social. De forma complementar, a construção do conhecimento científico e/ou tecnológico fazendo uso de metodologia científica nas suas pesquisas pode potencializar o processo de aprendizagem [2, 3]. Proporcionar que os estudantes das escolas públicas façam pesquisa ainda consiste de metodologia inovadora que precisa ser incentivada.

O presente trabalho traz então resultados de um projeto de extensão realizado em um colégio estadual em Foz do Iguaçu com foco em estudantes de ensino médio. Os trabalhos consistiram em construir dois biodigestores de 200 litros cada, fazer a coleta diária dos resíduos orgânicos gerados no restaurante do colégio e o controle da quantidade de massa pelos alunos do ensino médio. Os biodigestores produziram biogás que foi utilizado em aulas práticas no laboratório do colégio, como será mostrado nas seções seguintes.

### OBJETIVOS

O principal objetivo do projeto foi levar na forma de projeto de extensão, o conhecimento desenvolvido na UNILA sobre biodigestores, produção de biogás e biofertilizantes bem como utilização de ferramentas experimentais para aumentar a efetividade do ensino médio. Foram realizadas ações voltadas a utilização de resíduos orgânicos para a produção de biogás e biofertilizante com alunos do ensino médio, de modo a contribuir com a formação de futuros profissionais preparados para os desafios em energias renováveis, indústria 4.0, conectividade móvel e TI e também estimular a formação de futuros cientistas nas áreas de ciências naturais, ciências da computação e engenharias.



### MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi realizado no Colégio Estadual Gustavo Dobrandino da Silva (CEGDS) localizado no Parque Patriarca em Foz do Iguaçu/Paraná. O projeto teve bolsas de pesquisador e de extensão para discentes da UNILA, financiados pelo Programa Universidade Sem Fronteira do Fundo Paraná da Superintendência Geral de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (UGF/SETI) do governo do estado do Paraná. A UNILA também ofereceu uma bolsa de extensão e recursos para aquisição de materiais de consumo. Foram utilizados 2 bombonas plásticas de 200 litros para construção dos biodigestores, tubulações, conexões e válvulas do tipo engate rápido para transporte e armazenamento do biogás. Foram construídos filtro para dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) utilizando solução aquosa de  $\text{CaO}$  e filtro para ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) utilizando palha de aço. A inicialização dos biodigestores se fez com inóculo de estação de tratamento de esgoto, gentilmente cedido pela Sanepar de Foz do Iguaçu. Para análise da composição do biogás foi utilizado um analisador de gases portátil marca Landetec GEM 5000. As aulas práticas foram realizadas no laboratório de ciências do colégio CEGDS. A figura 1 mostra uma foto da planta experimental composta pelos biodigestores e reservatórios de biogás, ao lado da horta do colégio, que foi adubada com o biofertilizante produzido nos biodigestores.

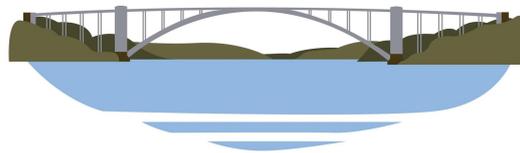


**Figura 1: Vista panorâmica da planta experimental com biodigestores instalada no colégio CEGDS. Fonte: Autores do Trabalho.**

Outro aspecto importante da metodologia do trabalho foram as ações de divulgação na mídia local, de internet e mídias sociais. O trabalho aqui apresentado foi intitulado Projeto Biogás nas Escolas e foi divulgado através de uma conta na rede social *Instagram* (@projetobiogas) além da divulgação no perfil oficial do CEGDS (@gustavo\_dobrandino06). A Secretaria de Comunicação da UNILA também selecionou o projeto para uma reportagem na página principal da UNILA e divulgação nas redes sociais da universidade (<https://portal.unila.edu.br/noticias/unila-produz-biogas-em-colegio-publico-e-reforca-ensino-de-ciencias>).

A divulgação do projeto nas mídias sociais da UNILA foi devido aos bons resultados obtidos durante o ano de 2022 bem como devido ao elevado interesse social sobre os temas de resíduos sólidos, biogás, sustentabilidades, energias renováveis e melhorias no ensino médio. O projeto foi também selecionado pela Secretaria do Estado de Educação do Paraná (SEED) no início do ano de 2023 para divulgação (<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Colegio-de-Foz-do-Iguacu-usa-biogas-para-ensinar-e-promover-sustentabilidade>). Além da divulgação em órgãos oficiais, diversos veículos de imprensa do Paraná divulgaram os resultados do projeto como os sites [H2FOZ](#) e [GDIA](#) em Foz do Iguaçu, [O Paraná](#) de Cascavel, [Gazeta de Toledo](#) e [Folha de Londrina](#). Além dos veículos de imprensa, o site [Energia e Biogás](#) especializado em empresas e atualidades do mercado de biogás, também divulgou reportagem sobre o projeto Biogás nas Escolas.

É importante dizer que a divulgação do projeto nas mídias sociais e convencionais foi uma importante ferramenta para difusão dos resultados obtidos, uma vez que não basta obter bons resultados mas é muito importante comunicá-los de forma efetiva.



### RESULTADOS OBTIDOS

Foram obtidos diversos resultados importantes durante a vigência do projeto em 2022. Neste período foram coletados cerca de 690 kg de resíduos orgânicos no refeitório do colégio e produzidos cerca de 100 Nm<sup>3</sup> de biogás com fração de metano variável. O primeiro resultado importante foi o ensino da metodologia científica aos alunos do colégio, aproveitando o processo de coleta e pesagem diária dos resíduos no colégio. Os alunos sob orientação dos professores do colégio e da equipe da UNILA, realizaram anotações em um caderno de laboratório, com dados organizados por tipo de resíduo e quantidade coletada. A figura 2 mostra o caderno de campo construído pelos alunos do CEGDS.

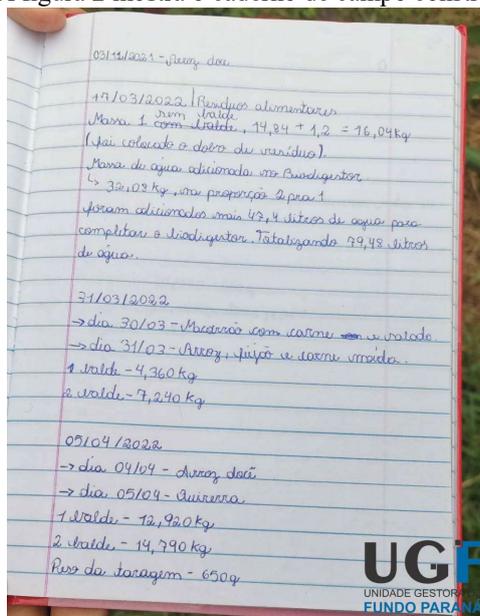


Figura 2: Caderno de campo construído pelos alunos do CEGDS. Fonte: Autores do Trabalho.

Com relação a produtividade dos biodigestores, o melhor resultado para a fração de metano foi de 80 %, obtida em duas ocasiões, sempre após a inicialização dos biodigestores com inóculo da ETE Sanepar. É importante informar que foram encontradas diversas dificuldades para a operação dos biodigestores e produção de biogás, e que estas dificuldades foram claramente informadas aos alunos do colégio para serem utilizadas como ferramenta no ensino da metodologia científica. A média de produção de biogás durante o ano foi de 62 %. Os biodigestores e o biogás foram então utilizados para aulas de biologia, física, química, matemática, geografia, artes, português e pensamento computacional, atendendo aproximadamente 350 alunos. A figura 3 abaixo mostra duas chamas de biogás, fotografadas em uma aula prática no laboratório de ciências do colégio CEGDS.



Figura 3 - (a) chama da mistura biogás + ar ; (b) chama da mistura biogás + ar + sais de lítio.



A figura 4 abaixo mostra uma das aulas práticas realizadas com os alunos do ensino médio do colégio CEGDS, onde utilizou-se a produção de biogás e seu armazenamento em uma câmara de borracha para o ensino de conceitos termodinâmicos: temperatura, pressão e a equação dos gases ideais.



**Figura 4: Aula prática de física sobre pressão, temperatura e gases ideais. Fonte: Autores do Trabalho.**

As aulas práticas no laboratório sempre foram precedidas de apresentação sobre a produção de biogás no biodigestor montado no colégio CEGDS. A figura 5 abaixo mostra uma foto aérea retirado com um DRONE do grupo de pesquisa da UNILA onde pode-se visualizar os discentes do colégio CEGDS e um grupo de discentes de pós graduação da UNILA, do Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade (PPGIES/UNILA) que foram conhecer as instalações experimentais e o *modus operandi* do Projeto Biogás nas Escolas.



**Figura 5: Foto aérea com DRONE de aula prática no biodigestor do colégio CEGDS. Fonte: Os Autores.**

Um outro resultado muito importante obtido no projeto foi a operacionalização da horta do colégio. A horta foi adubada com o biofertilizante produzido pelos biodigestores, fechando o ciclo de sustentabilidade ambiental que foi mostrado e explicados aos alunos do colégio CEGDS e à comunidade escolar em geral. Afigura 6 mostra a foto de um dos



extensionistas da UNILA realizando o processo de adubação e verificação da qualidade das hortaliças produzidas na horta do colégio CEGDS.



**Figura 6: Foto de adubação e controle de qualidade da horta do colégio CEGDS. Fonte: Autores do Trabalho.**

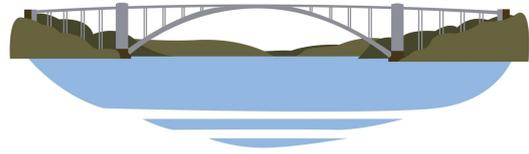
Ao final do projeto, as informações e resultados obtidos foram organizados de forma a se construir dois manuais técnicos com o objetivo de estimular a construção e a utilização de biodigestores em escolas de ensino médio no Paraná e no Brasil: i) o manual de **montagem** de biodigestores de pequeno porte em colégios do ensino médio e ii) o manual de **operação** de biodigestores de pequeno porte em colégios do ensino médio. O manual i) para montagem, consistiu no levantamento de materiais de consumo (toneis de 200 litros, tubulações, válvulas, abraçadeiras, colas, etc), em um roteiro para montagem explicando como recortar as tubulações, o tonel, como colar PVC com o plástico do tonel, como verificar a estanqueidade do biodigestor e dicas adicionais para boas práticas de montagem do biodigestor.

Já o manual ii) para operação dos biodigestores descreveu a experiência da equipe do projeto durante o ano de 2022, relatando principalmente as dificuldades encontradas. A primeira sugestão é utilizar inóculo de estações de tratamento de esgoto para inicializar o biodigestor, a segunda é condicionar os resíduos em geladeira (principalmente em cidades quentes como Foz do Iguaçu), a terceira é triturar muito bem os resíduos antes de alimentá-los aos biodigestor utilizando liquidificador com uma mistura água/resíduos na proporção 2/1 em massa e por último, e talvez o mais importante, é utilizar um medidor eletrônico de pH e manter sempre os resíduos com pH na faixa entre 6,5 e 7,0. O controle de pH foi feito pela adição de cal virgem aos resíduos, em proporção média de 8 g de CaO por cada kg de resíduos orgânico.

Os dois manuais foram entregues a Superintendência Geral de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior - SETI Paraná, como dois dos principais produtos do projeto, e podem ser solicitados para consulta na diretoria do órgão em Curitiba/PR.

## CONCLUSÕES

Foram construídos no colégio CEGDS em Foz do Iguaçu, dois biodigestores de 200 litros, tubulações e sistema de armazenamento de biogás bem como sistema eletrônico para medição de pH e temperatura dos biodigestores. Foram publicados também dois manuais durante o ano de 2022: um manual de montagem e outro de operação de biodigestores de pequeno porte em escolas estaduais do Paraná. Durante o ano de 2022 foram coletados cerca de 690 kg de resíduos orgânicos no refeitório do colégio e produzidos cerca de 100 Nm<sup>3</sup> de biogás com fração de metano variável. O melhor resultado para a fração de metano foi de 80 % e a média durante o ano foi de 62 %. Os biodigestores e o biogás foram então utilizados para aulas de biologia, física, química, matemática, geografia, artes, português e pensamento computacional, atendendo aproximadamente 350 alunos. É importante informar que foram encontradas diversas



dificuldades operacionais durante o ano, mas estas dificuldades foram transformadas em oportunidade de ensino para os alunos do ensino médio do colégio. O principal resultado inferido pela equipe pedagógica do projeto foi um sensível aumento na participação e no interesse dos alunos pelas disciplinas tratadas nas aulas práticas. Como melhoria para o magistério de ensino médio, sugere-se a criação da figura do **professor(a) orientador(a) de projeto**, como uma carreira específica no magistério.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UGF/SETI e a UNILA pelas bolsas de estudo, a direção e professores do Colégio Estadual Gustavo Dobrandino da Silva em Foz do Iguaçu/PR pelo auxílio pedagógico e à Sanepar pelo auxílio técnico e fornecimento de inóculo para biodigestores.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>;
2. Castro, V. Transformação em ação: guia metodológico/Energia que Transforma. 1. ed., Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2020;
3. Lins, S, V.; Eitler, K. Energia que transforma: conceitos e contextos. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Roberto, 2020.