

Educação sustentável e inovação pedagógica: uma revisão sistemática sobre os biodigestores no contexto escolar

Dalila de Menezes Nascimento¹, Ariadna Justino Maropo¹, Carlos Estevão Rolim Fernandes², Edgar Marçal de Barros Filho¹, Vera Lúcia Cunha Silva³

¹Instituto Universidade Virtual – Universidade Federal do Ceará (UFC)

²Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará (UFC)

³Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza (SME)

`dalilageo@alu.ufc.br, ariadnamaropoufc@gmail.com, estevao@ufc.br, edgar@virtual.ufc.br, vera.silva@educacao.fortaleza.ce.gov.br`

Abstract. *This research presents a Systematic Literature Review (SLR) on the role of biodigesters in sustainable education, focusing on the school context. Nineteen articles published between 2020 and 2024 were analyzed, revealing that biodigesters promote environmental, economic, and educational benefits by contributing to the sustainable management of organic waste, the production of renewable energy, and the contextualization of content in the educational process. The study highlights the importance of public policies and educational programs that encourage the use of biodigesters as a sustainable pedagogical tool.*

Resumo. *A pesquisa apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o papel dos biodigestores na educação sustentável, com foco no contexto escolar. Foram analisados 19 artigos publicados entre 2020 e 2024, os quais evidenciam que os biodigestores promovem benefícios ambientais, econômicos e educacionais, contribuindo para a gestão sustentável de resíduos orgânicos, a produção de energia renovável e a contextualização de conteúdos no processo educativo. O estudo destaca a importância de políticas públicas e programas educacionais que incentivem a utilização dos biodigestores como ferramenta pedagógica sustentável.*

1. Introdução

A crescente preocupação com a sustentabilidade tem incentivado escolas a adotarem práticas que aproximem os alunos da realidade ambiental. Uma dessas iniciativas é o uso de biodigestores, que transformam resíduos orgânicos em biogás e fertilizantes, promovendo aprendizagem prática e interdisciplinar. Além dos benefícios ambientais, essa tecnologia permite trabalhar conteúdos de Ciências, Matemática e Geografia, abordando temas como química, biotecnologia, gestão de resíduos e economia circular (VICARIO et al., 2024). Esta revisão sistemática analisa os impactos educacionais dos biodigestores, identificando benefícios, desafios e metodologias associadas à sua aplicação no contexto escolar.

2. Metodologia

Este estudo seguiu a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conforme Kitchenham (2004), com o objetivo de investigar o uso de biodigestores na educação sustentável. A pesquisa buscou compreender seus impactos no ambiente

escolar, os desafios de integração curricular, as habilidades desenvolvidas pelos alunos e os fatores que influenciam sua implementação. A busca foi realizada nas bases ScienceDirect, Springer Nature e Taylor & Francis, com a string "biodigesters" AND "education" AND "sustainability", considerando artigos em inglês, publicados entre 2020 e 2024. Após a exclusão de duplicatas e textos fora do escopo, a seleção final foi feita com base na análise de resumos e textos completos.

3. Resultados

A busca inicial resultou em 429 artigos. Após a triagem por títulos e resumos, restaram 37. Em seguida, uma análise completa dos textos aplicou novamente critérios de inclusão e exclusão, resultando em 19 artigos selecionados para compor a revisão. Foram considerados apenas artigos em inglês, publicados entre 2020 e 2024, do tipo pesquisa ou revisão, alinhados ao tema da educação sustentável com biodigestores.

3.1. Artigos em cada base de busca (A1 A A19):

O quadro 1, 2 e 3 apresentam os 19 artigos selecionados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, enumerados de A1 a A19. Cada artigo é identificado pelo seu título, autores, ano de publicação e nível de relevância para a pesquisa.

Nº	Autores	Revista	Ano da Publicação/Base
A1.	Jameel et al.	Results in Chemistry	2024/ ScienceDirect
A2.	Mancini & Raggi	Energy Research & Social Science	2022/ ScienceDirect
A3.	Oliveira et al.	Renewable Energy	2023/ ScienceDirect
A4.	Pilloni et al.	Energy Research & Social Science	2020/ ScienceDirect
A5.	Robinson et al.	Energy Research & Social Science	2023/ ScienceDirect
A6.	Farrukh et al.	Process Safety and Environmental Protection	2024/ ScienceDirect
A7.	Granzotto et al.	Journal of Environmental Chemical Engineering	2021/ ScienceDirect
A8.	Obaideen et al.	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers	2022/ ScienceDirect
A9.	Afridi et al.	Energy Reports	2023/ ScienceDirect
A10.	Nuhu et al.	Cleaner Engineering and Technology	2021/ ScienceDirect
A11.	Laré et al.	Environment, Development and Sustainability	2024/Springer Nature
A12.	Monclaro et al.	BioEnergy Research	2024/Springer Nature
A13.	Abanades et al.	International Journal of Environmental Science and Technology	2022/Springer Nature
A14.	Jha et al.	Circular Economy and Sustainability	2024/Springer Nature
A15.	Vicario et al.	The Science Teacher	2024/Taylor & Francis
A16.	Chavez-Miguel et al.	Agroecology and Sustainable Food Systems	2022/Taylor & Francis
A17.	Alberts & Niendorf	The Geography Teacher	2021/Taylor & Francis

A18.	Rasimphi et al.	Cogent Social Sciences	2024/Taylor & Francis
A19.	Yui & Biltekoff	Journal of Hunger & Environmental Nutrition	2021/Taylor & Francis

Quadro 1, 2 e 3. Artigos, autores, revista, ano da publicação e base.

3.2. Impacto da implementação de biodigestores nas escolas (QP1):

Os estudos indicam que os biodigestores geram benefícios ambientais, econômicos e educacionais. No aspecto ambiental, reduzem a emissão de gases de efeito estufa (A1, A3, A5). No econômico, ajudam a diminuir custos operacionais com o uso do biogás em cantinas (A7, A8) e do biofertilizante em hortas escolares (A12, A15, A17).

3.3. Desafios na implementação de tecnologias educacionais sustentáveis (QP2)

A adoção de biodigestores enfrenta barreiras financeiras, técnicas, institucionais e culturais. O alto custo de instalação, a ausência de políticas públicas e a falta de capacitação dificultam sua adoção (A1, A3, A4, A5, A6, A9, A12, A14, A15). A rigidez curricular também limita a inserção de abordagens sustentáveis (A8, A10, A13, A17).

3.4 – Habilidades desenvolvidas pelos alunos em projetos com biodigestores (QP3)

Os projetos possibilitam o desenvolvimento de habilidades científicas, técnicas e socioambientais. Os alunos exploram conceitos interdisciplinares em química, biologia e engenharia ambiental (A1, A2, A5, A10, A15), além de fortalecerem a consciência ambiental e a compreensão da economia circular (A3, A4, A6, A13, A17, A18).

3.5 – Papel dos biodigestores na promoção de práticas pedagógicas sustentáveis (QP4)

Os biodigestores fortalecem a educação ambiental, promovem a interdisciplinaridade e incentivam o engajamento comunitário. A participação ativa da comunidade escolar reforça o senso de pertencimento e colaboração entre alunos, professores e familiares.

3.6 – Variáveis determinantes para o sucesso da implementação de biodigestores (QP5)

O sucesso depende de fatores técnicos, financeiros, institucionais e sociais. Infraestrutura, financiamento, aceitação da comunidade e integração curricular são cruciais. O engajamento de toda a comunidade escolar é essencial para a continuidade e eficácia dos projetos.

4. Considerações finais

A implementação de biodigestores nas escolas tem se mostrado eficaz na promoção da sustentabilidade, da inovação pedagógica e da conscientização ambiental. Contribuem para a redução de resíduos, o uso de energia renovável e a economia de recursos. Também favorecem a saúde e o bem-estar da comunidade escolar. No entanto, sua adoção ainda enfrenta desafios como a resistência da comunidade, a falta de financiamento e a necessidade de formação docente, além da desinformação sobre seu funcionamento e potencial educativo. Além de seu potencial ambiental, os biodigestores

configuram-se como tecnologias educacionais sustentáveis, pois articulam saberes científicos, sociais e técnicos em contextos reais de aprendizagem. Inseridos nas práticas escolares, esses dispositivos possibilitam a vivência de metodologias ativas por meio da experimentação, investigação e resolução de problemas, favorecendo a aprendizagem significativa e interdisciplinar. A produção de biodigestores, quando desenvolvida com a participação dos alunos, estimula o protagonismo estudantil, a criatividade e a colaboração, aproximando-se da abordagem construcionista e da cultura maker. Nesse contexto, a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) revela-se uma metodologia relevante para mapear experiências já consolidadas e compreender os desafios e potencialidades da inserção dessa tecnologia no ambiente escolar, ampliando a discussão sobre inovação pedagógica no campo das tecnologias educacionais.

Referências

- Abanades, S. et al. (2022) “A critical review of biogas production and usage with legislations framework across the globe”. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 19, n. 4, p. 3377–3400. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03301-6>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Afridi, Z. U. R. et al. (2023) “Biogas as sustainable approach for social uplift in South East Asian Region.” *Energy Reports*, v. 10, p. 4808–4818. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.11.037>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Alberts, H. C.; Niendorf, B. D. (2021) “Interdisciplinary Learning about People, Planet, and Profit in Germany”. *Geography Teacher*, v. 18, n. 3–4, p. 158–163. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19338341.2021.1931918>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Chavez-Miguel, G. et al. (2022) “Farmer-led education on the Colombian Andes: Escuelas Campesinas de Agroecología as a social learning approach for post-conflict reconstruction”. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 46, n. 8, p. 1249–1276. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2092577>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Kitchenham, Barbara. (2004) “Procedures for performing systematic reviews”. *Keele, UK: Keele University*, v. 33, n. 2004, p. 1-26.
- Farrukh, A.; Ayubi, S.; Sajjad, A. (2024) “Investigating the barriers and mitigation strategies for biogas adoption in a developing economy: A multi-stakeholder networks perspective”. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 188, p. 559–572. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.05.104>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Granzotto, F. et al. (2021) “Use of anaerobic biodigestor in the treatment of organic waste from a university restaurant”. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 5. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105795>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Jameel, M. K. et al. (2024) “Biogas: Production, properties, applications, economic and challenges: A review”. *Results in Chemistry*, v. 7. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101549>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Jha, N. K.; Mainali, B.; Lohani, S. P. (2024) “Strategy for Circularity Enhancement in Bioeconomy Sector: A Case Study from Biogas Sector of Nepal”. *Circular Economy*

- and Sustainability. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43615-024-00402-5>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Laré, F.; Sossou, S. K.; Konaté, Y. (2024) “Determinants of biogas toilet adoption in rural Burkina Faso”. *Environment, Development and Sustainability*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04481-0>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Mancini, E.; Raggi, A. (2022) “Out of sight, out of mind? The importance of local context and trust in understanding the social acceptance of biogas projects: A global scale review”. *Energy Research and Social Science*, v. 91. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102697>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Monclaro, A. V. et al. (2024) “Unveiling the Biomass Valorization: The Microbial Diversity in Promoting a Sustainable Socio-economy”. *Bioenergy Research*, v. 17, n. 3, p. 1355–1374. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-024-10743-6>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Nuhu, S. K.; Gyang, J. A.; Kwarbak, J. J. (2021) “Production and optimization of biomethane from chicken, food, and sewage wastes: The domestic pilot biodigester performance”. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 5. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100298>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Obaideen, K. et al. (2022) “Biogas role in achievement of the sustainable development goals: Evaluation, Challenges, and Guidelines”. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 131. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2022.104207>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Oliveira, A. C. L. de et al. (2023) “Renewable energy solutions based on artificial intelligence for farms in the state of Minas Gerais, Brazil: Analysis and proposition”. *Renewable Energy*, v. 204, p. 24–38. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.101>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Pilloni, M.; Hamed, T. A.; Joyce, S. (2020) “Assessing the success and failure of biogas units in Israel: Social niches, practices, and transitions among Bedouin villages”. *Energy Research and Social Science*, v. 61. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101328>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Rasimphi, T. et al. (2024) “Review of implementation of biogas technology in rural communities of South Africa”. *Cogent Social Sciences*, v. 10, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2419536>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Robinson, B. L.; clifford, M. J.; Selby, G. (2023) “Towards fair, just and equitable energy ecosystems through smart monitoring of household-scale biogas plants in Kenya”. *Energy Research and Social Science*, v. 98. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103007>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Vicario, E. et al. (2024) “Engaging Students in Waste-to-Energy Research Using Model Biodigesters”. *The Science Teacher*, v. 91, n. 1, p. 22–30. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00368555.2023.2292331>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Yui, S.; Biltekoff, C. (2021) “How Food Becomes Waste: Students as “Carriers of Practice” in the UC Davis Dining Commons”. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, v. 16, n. 5, p. 684–705. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19320248.2020.1721393>. Acesso em: 15 jan. 2025.