



A relação do biodigestor com a qualidade do ar: revisão bibliométrica qualitativa

Luciana Velasques Cervo¹
Carla de Abreu D'Aquino²
Willian Cezar Nadaleti³
Paulo Belli Filho⁴

Resumo

O setor da produção animal pode contribuir para a produção de energia renovável e diminuição da emissão de poluentes a partir de biodigestores utilizando dejetos de aves, suínos e bovinos na produção de biogás e biofertilizante. Este estudo visa conhecer a relação do biodigestor com a qualidade do ar através de uma análise bibliométrica qualitativa. Para tal, foi utilizada a base de pesquisa: *ScienceDirect*; *open acces & open archive*; e *research article*, considerando os termos descritores: *air quality AND biodigester*. A pesquisa resultou em 87 artigos. A análise de co-ocorrência de termos e criação do mapa bibliométrico foi realizada utilizando o VOSviewer. Para análise bibliométrica foram selecionadas 14 palavras-chave relacionadas com o objetivo dessa revisão: *carbon credit, ecosystem service, renewable resource, biomass bioenergy, africa biogas partnership prog, air quality, mitigation, energy transition, responsibility, local community, emission reduction, energy self sufficiency, biodigestate e electricity demand*. Os termos *air quality* e *energy transition* apresentaram 8,9% e 16,8% das ocorrências, respectivamente, considerando o total das ocorrências das palavras-chave selecionadas (524). Foram encontrados 8 artigos brasileiros. Portanto, a tecnologia do biodigestor viabiliza a recuperação da qualidade do ar e o acesso à energia elétrica no meio rural promovendo melhoria na condição de vida, saúde e bem-estar dos produtores rurais. Embora a associação direta entre biodigestores e qualidade do ar ainda seja pouco explorada na literatura científica, há evidências consistentes de que essa tecnologia contribui de forma significativa para a redução da emissão de gases poluentes e odoríferos, promovendo melhorias na saúde ambiental.

Palavras-chave: Conexão; Biodigestão; Destino de Dejetos Animais; Poluição do Ar.

¹ Graduação em Medicina Veterinária UDESC, Discente PPG em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, lucianavelasques@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7611-1135>, <http://lattes.cnpq.br/0791267969658207>

² Graduação em Oceanografia UNIVALI, Docente PPG em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, Santa Catarina, Brasil, carla.daquino@ufsc.br, <https://orcid.org/0000-0002-4079-0866>, <http://lattes.cnpq.br/2985844036086302>

³ Graduação em Engenharia Ambiental UNESP, Docente PPG em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, williancezarnadaletti@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4727-4127>, <http://lattes.cnpq.br/4670559561277136>

⁴ Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental UFSC, Docente PPG em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, paulo.belli@ufsc.br, <https://orcid.org/0000-0003-4338-2830>, <http://lattes.cnpq.br/3239996547346125>

The relationship between biodigesters and air quality: a qualitative bibliometric review

Abstract

The livestock production sector can contribute to renewable energy generation and the reduction of pollutant emissions through the use of biodigesters that process poultry, swine, and cattle manure into biogas and biofertilizer. This study aims to explore the relationship between biodigesters and air quality through a qualitative bibliometric analysis. For this purpose, the research databases used were: ScienceDirect; open access & open archive; and research article, applying the search descriptors: *air quality AND biodigester*. The search resulted in 87 articles. Co-occurrence analysis and the construction of the bibliometric map were conducted using the software VOSviewer. Fourteen keywords related to the study objective were selected for the bibliometric analysis: *carbon credit, ecosystem service, renewable resource, biomass bioenergy, Africa Biogas Partnership Program, air quality, mitigation, energy transition, responsibility, local community, emission reduction, energy self-sufficiency, biodigestate, and electricity demand*. The terms *air quality* and *energy transition* accounted for 8.9% and 16.8% of occurrences, respectively, based on the total of 524 keyword occurrences. Eight Brazilian articles were identified. Therefore, biodigester technology enables both the recovery of air quality and access to electricity in rural areas, promoting improved living conditions, health, and well-being for rural producers. Although the direct association between biodigesters and air quality remains underexplored in the scientific literature, there is consistent evidence that this technology significantly contributes to the reduction of polluting and odorous gas emissions, thereby enhancing environmental health.

Keywords: Connection; Biodigestion; Destination of Animal Waste; Air Pollution.

1 Introdução

O setor da produção animal pode contribuir para a produção de energia renovável a partir de biodigestores utilizando dejetos de aves, suínos e bovinos, incluindo o setor agropecuário no processo de transição energética. Praciano *et al.* (2025) destacam que o gerenciamento adequado de resíduos é uma grande preocupação mundial; os resíduos são descartados diretamente no meio ambiente, afetando a qualidade da água, do solo e do ar. Dessa maneira, a integração de um biodigestor em uma propriedade rural representa uma solução multifacetada, desempenhando um papel crucial na promoção da sustentabilidade ambiental, econômica e energética.

A utilização de biodigestores no processo de transição energética contribui significativamente para a descarbonização ou mitigação dos impactos ambientais da produção

animal nas propriedades rurais. Visto que esses podem afetar o bem-estar único de animais humanos, não humanos e meio-ambiente (One welfare, 2024) alterando especialmente o segundo domínio do bem-estar que compreende o ambiente físico e os desafios atmosféricos (Mellor et al., 2020). Ao processar resíduos orgânicos, como dejetos animais, eles reduzem a emissão de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o metano (CH₄), um gás com potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono (CO₂) (Siatkowski *et al.*, 2022). Além disso, segundo Barichello (2015) o uso de biodigestores pode evitar a contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável (Barbosa e Langer, 2011).

Contudo, as propriedades rurais encontram ainda o problema da produção de componentes odorantes no ar provenientes dos dejetos de animais (esterco), entre eles, o sulfeto de hidrogênio que é um gás tóxico cujas fontes naturais incluem gás natural e esterco (Jones, 2014). Segundo Silva e Marques (2004), a respeito do impacto dos maus odores decorrentes da suinocultura no município de Concórdia, o índice de incômodo foi de 72,3%, variando de desagradável até muito desagradável. Alterações no comportamento e na saúde dos entrevistados, caracterizados por sensação de intranquilidade, irritação, mal-estar, náusea, dor de cabeça, dor de estômago, alteração no apetite, sono e respiração e necessidade de fechar as janelas foram identificados como decorrentes da emissão de odores das criações de suínos.

O IQAir (2024), plataforma com mais de 30.000 estações de monitoramento da qualidade do ar e sensores de qualidade do ar, menciona que o principal poluente do ar de Concórdia é o PM_{2.5}. Segundo a WHO (2021), o PM_{2.5} trata-se de material particulado, onde as partículas têm um diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 µm. Matéria particulada fina (MP) em galpões de porcos, tem recebido cada vez mais atenção devido aos potenciais riscos à saúde associados às MP (Pu *et al.*, 2022), uma vez que a relação entre o poluente do ar PM_{2.5} e o odor proveniente da suinocultura ocorre devido à emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), amônia (NH₃), sulfetos e outras partículas que se originam do manejo inadequado de resíduos e dejetos animais.

O PM_{2.5} é perigoso para a saúde humana, pois penetra profundamente nos pulmões e pode carregar substâncias tóxicas associadas a odores. O desconforto causado por odores também está relacionado a reações psicológicas e fisiológicas, como dores de cabeça, náusea e estresse, especialmente em populações expostas constantemente (Schiffman, Williams,

2005). Assim, fica estabelecida a relação negativa dos odores dos dejetos animais. No entanto, falta verificar na comunidade científica se há uma relação entre o biodigestor e a qualidade do ar.

Esta pesquisa focou em conhecer a relação do biodigestor com a qualidade do ar através de uma análise bibliométrica qualitativa. A pesquisa contribui em estabelecer uma relação ainda não explorada entre a percepção da comunidade, a sensação de bem-estar ou não devido aos odores e contribuição do biodigestor para a transição energética. Abrangendo os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 3 (saúde e bem estar) e 7 (energia limpa e acessível), (ABCDUSP, 2020).

2 Material e Métodos

O estudo incluiu pesquisas publicadas na base de dados bibliográfica *ScienceDirect*. Buscamos pelos seguintes termos descritores: *air quality* e *biodigester*, conectados pelo operador booleano *AND*. Os critérios de elegibilidade foram tipo de artigo *research article* e tipo de acesso *open acces & open archive*.

Foram incluídos na revisão bibliométrica todos os 87 artigos que se enquadraram nos critérios de inclusão (período de 2010 até 2024). Dentre esses, os artigos *Integrated production of bioethanol and biomethane from rice waste using superior amylolytic recombinant yeast* e *Win Together or Lose Alone: Circular Economy and Hybrid Governance for Natural Resource Commons* foram aceitos para publicação em 3 e em 16 de dezembro de 2024, respectivamente. E, já apareciam na base de dados *ScienceDirect* em 19 de dezembro de 2024 quando a busca foi realizada. Enquanto o artigo *Policy options in addressing livestock's contribution to climate change* foi aceito para publicação em 22 de dezembro de 2009 e aparece com ano de publicação 2010.

Foram excluídos da revisão 633 artigos classificados pela *ScienceDirect* no momento da busca como *Review Articles*, *Encyclopedia*, *Book Chapters*, *Conference Abstracts*, *Case Reports*, *Correspondence*, *Data Articles*, *Editorials*, *Short Communications* e *Other* e com *closed acces* ou *subscription-based access*.

A análise de co-ocorrência de termos de todos os 87 artigos e a criação do mapa bibliométrico foi realizada utilizando o VOSviewer. Para análise bibliométrica foram selecionadas 14 palavras-chave dos autores relacionadas com o foco principal deste artigo: *carbon credit*, *ecosystem service*, *renewable resource*, *biomass bioenergy*, *africa biogas*

partnership prog, air quality, mitigation, energy transition, responsibility, local community, emission reduction, energy self sufficiency, biodigestate e electricity demand.

3 Resultados e Discussão

A análise bibliométrica dos oitenta e sete artigos selecionados resultou em 168 itens, 660 links, 2289 total link strenght e 13 clusters ou grupos (Figura 1). A partir dos termos gerados pelo VOSviewer foram selecionadas 14 palavras-chave relacionadas com o objetivo dessa revisão conforme a Tabela 1. Entre os oitenta e sete artigos incluídos na revisão bibliométrica, 13,79% (12) deles eram artigos de revisão (Tabela 2).

No contexto da pesquisa bibliométrica os estudos foram realizados com dejetos das seguintes espécies ou grupos de animais: aves, bovinos, suínos e peixes, sendo, 67,81% (59) foram realizados nos anos de 2021 a 2024, indicando o crescente interesse por essa temática devido à necessidade urgente de descarbonização.

O termo air quality apresenta 8,96% (47) das ocorrências, enquanto o termo energy transition possui 16,79% (88) das ocorrências, considerando o total das ocorrências (524) para as palavras-chave selecionadas. Isso indica uma associação baixa entre o biodigestor e a qualidade do ar. No entanto, a pesquisa de Sardá *et al.*, (2010) demonstrou que o tratamento de dejetos suínos por meio de biodigestores anaeróbios resulta na decomposição controlada da matéria orgânica, promovendo a captura e o aproveitamento de gases como o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), que, seriam liberados diretamente na atmosfera. Além disso, esse processo reduz a emissão de gases odoríferos, como o gás sulfídrico (H₂S) e a amônia (NH₃), responsáveis por odores desagradáveis e potenciais riscos à saúde humana.

O termo *biodigestate* encontra-se conectado com air quality através de *energy transition*. Gerber *et al.*, 2010 mencionam essa relação: a) sequestro de carbono em pastagens; b) mitigação de perdas de carbono de solos usados na produção de ração; c) redução de fermentação entérica em ruminantes; d) captura e queima de metano do armazenamento de esterco.

Tabela 1: Palavras-chave e as suas ocorrências por grupo ou cluster.

Grupo	Termo n°	Palavra-chave por <i>clusters</i>	Link	Total link strength	Occurrences	Relevance score
1	1	<i>carbon credit</i>	6	7	18	1.0699
	2	<i>ecosystem service</i>	12	25	41	0.9381
	3	<i>renewable resource</i>	12	15	32	0.6588

Grupo	Termo nº	Palavra-chave por clusters	Link	Total link strength	Occurrences	Relevance score
2	4	<i>biomass bioenergy</i>	5	5	40	0.8059
4	5	<i>africa biogas partnership prog</i>	3	7	13	1.8926
6	6	<i>air quality</i>	11	40	47	0.8739
	7	<i>mitigation</i>	13	27	61	0.6123
7	8	<i>energy transition</i>	10	22	88	1.0319
	9	<i>responsibility</i>	12	14	35	0.7255
	10	<i>local community</i>	9	18	20	1.1912
8	11	<i>emission reduction</i>	22	84	56	0.3685
	12	<i>energy self sufficiency</i>	14	59	30	0.4324
9	13	<i>biodigestate</i>	4	9	22	1.2738
11	14	<i>electricity demand</i>	19	92	21	0.3873
Total					524	

Tabela 2: Artigos de revisão incluídos na revisão bibliométrica.

Artigo nº	Título
1	<i>A systematic review of the design considerations for the operation and maintenance of small-scale biogas digesters</i>
2	<i>Africa Biogas Partnership Program: A review of clean cooking implementation through market development in East Africa</i>
3	<i>The present and proposed sustainable food waste treatment technology in Indonesia: A review</i>
4	<i>Barriers to biogas dissemination in India: A review</i>
5	<i>Removal of heavy metal from electroplating wastewater using electrocoagulation: a review</i>
6	<i>Not quite cooking on gas: Understanding biogas plant failure and abandonment in Northern Tanzania</i>
7	<i>Nitrous oxide emission factors for cattle dung and urine deposited onto tropical pastures: A review of field-based studies</i>

Artigo nº	Título
8	<i>Implementation of anaerobic digestion for valorizing the organic fraction of municipal solid waste in developing countries: Technical insights from a systematic review</i>
9	<i>Techniques for water disinfection, decontamination and desalinization: a review</i>
10	<i>Transportation in a 100% renewable energy system</i>
11	<i>Marine Renewable Energy Seascape</i>
12	<i>Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach</i>

Quanto à nacionalidade (Figura 2), o Reino Unido, em azul, aparece na liderança com 10 artigos sobre o tema biodigestor e qualidade do ar. O Brasil, em laranja, vem em segundo lugar com 8 artigos. E a Itália, em verde escuro, aparece em terceiro com 6 artigos. Na sequência, em quarto lugar temos Colômbia e Espanha, em azul claro, com 4 artigos. E em quinto lugar, em rosa, encontramos Áustria, China, Gana, Holanda, Índia, Indonésia, México, Nigéria, Noruega e Suécia, cada um desse com 3 artigos. No sexto lugar, em verde claro, temos Alemanha, Canadá e Quênia, com 2 artigos cada. Em sétima posição, em azul escuro, aparecem Arábia Saudita, Argélia, Austrália, Bangladesh, Dinamarca, Estados Unidos, França, Irã, Iraque, Irlanda, Israel, Malásia, Marrocos, Peru, Polônia, Portugal, Suíça, Tailândia e Turquia, com 1 artigo cada, totalizando 87 artigos.

Os 8 artigos brasileiros destacam os seguintes temas: protótipo de motor para produção de energia elétrica a partir do biogás proveniente de dejetos animal; biodigestor usando esterco suíno e bovino; biodigestor usando cama de aviário; modelo de localização dos biodigestores; uso de biodigestor para destinação de dejetos de produção comercial de tilápias; uso de biodigestor para destinação de dejetos de produção de peixes e verduras; plantas de biodigestor para os setores agrícola e pecuário brasileiro e uso de biodigestor para destinação de dejetos de suínos.

O Brasil possui grande potencial de produção de energia elétrica a partir de biodigestores que utilizam dejetos de animais e, consequentemente, de diminuição dos gases de efeito estufa. Segundo Ribeiro *et al.* (2018), somente a partir da destinação dos dejetos de aviários brasileiros para a produção de energia usando biodigestores existe um potencial de redução de cerca de 9% das emissões de GEE na matriz energética brasileira. Possui grande potencial de produção de energia elétrica a partir de biodigestores que utilizam dejetos de

animais e, conseqüentemente, de diminuição dos gases de efeito estufa. Segundo Ribeiro *et al.* (2018), somente a partir da destinação dos dejetos de aviários brasileiros para a produção de energia usando biodigestores existe um potencial de redução de cerca de 9% das emissões de GEE na matriz energética brasileira.

O número de artigos do Reino Unido (10), da Colômbia (4) e do México (3) indicam que esses países estão mais avançados nas políticas de Carbono Neutro (CN) Conforme André, Valenciano-Salazar, (2022) os países: Argentina, Reino Unido, Chile, Costa Rica, México e Colômbia possuem programas voltados ao CN. Os autores citam ainda que a Austrália tem perspectiva de aplicação de tecnologias para reduzir as emissões entéricas de metano do gado em pastagem, e se tornar um país com CN.

Figura 2: Quantidade de artigos incluídos no estudo de acordo com a nacionalidade.



Enquanto no Cambodja, o Cambodian National Biodigester Program envolve fazendas que possuem pelo menos duas vacas ou cinco porcos para produzir esterco suficiente para alimentar o processo de biodigestão (Hyman, Bailis, 2018), enfatizando que tecnologia de

biodigestor a partir de dejetos de animais para produção de energia elétrica na propriedade rural pode ser considerada inclusiva até mesmo para pequenos produtores.

Foram observados 9 artigos de países africanos onde a tecnologia de biodigestor para produção de energia elétrica limpa e renovável consiste numa importante forma de inclusão energética. Visto que a África, diferentemente das nações desenvolvidas, têm maior urgência na demanda de produção de energia elétrica do que de redução dos GHG. Conforme Clemens *et al.*, 2018, as famílias com biodigestores usam de 2,1 a 3,3 toneladas a menos de madeira por ano do que famílias sem biodigestores.

A análise bibliométrica realizada destaca que a relação do biodigestor com a qualidade do ar está associada principalmente com a produção de energia elétrica limpa e renovável, visto que o uso do biodigestor nas propriedades rurais constitui uma forma de destinação de dejetos que causariam poluição, no entanto, são convertidos em biogás e biofertilizante.

Além disso, a tecnologia do biodigestor viabiliza o acesso à energia elétrica no meio rural promovendo melhoria na qualidade de vida, saúde e bem-estar dos produtores rurais tanto pela inclusão energética como pela melhora na qualidade do ar. E o Brasil está na vanguarda da produção de energia limpa e renovável e em função disso lidera as pesquisas nessa área dentro da América Latina.

4 Considerações finais

A adoção de biodigestores na suinocultura representa uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade do ar, ao reduzir a emissão de gases poluentes e odores desagradáveis. Além disso, promove o aproveitamento energético dos dejetos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica das propriedades rurais. Embora a associação direta entre biodigestores e qualidade do ar ainda seja pouco explorada na literatura científica, há evidências consistentes de que essa tecnologia contribui de forma significativa para a redução da emissão de gases poluentes e odoríferos, promovendo melhorias na saúde ambiental.

Estudos demonstram que os biodigestores reduzem substancialmente as emissões de metano, amônia e gás sulfídrico, além de possibilitarem o aproveitamento energético do biogás, com benefícios ambientais e econômicos. Países como Brasil, Reino Unido e Colômbia têm demonstrado avanços na pesquisa e implementação de biodigestores, tanto em larga escala quanto como solução inclusiva para pequenos produtores. Portanto, os biodigestores representam uma ferramenta estratégica na transição energética e na mitigação

das mudanças climáticas, com potencial para alavancar políticas de carbono neutro e inclusão energética, especialmente em países em desenvolvimento. Representando ainda soluções para a redução dos odores e melhoria da qualidade do ar nas propriedades rurais.

Foi possível observar que a relação entre percepção da comunidade, a sensação de bem-estar ou não devido aos odores e contribuição positiva do biodigestor para a transição energética pode ser mais bem explorada, sendo ainda uma lacuna de pesquisa a ser desbravada.

5 Agradecimentos

Agradecemos à colega Elaine Ribeiro Grassi por sua contribuição a essa pesquisa.

6 Declaração de conflito de interesse

Todos os autores declaram que não possuem conflito de interesse.

Referências bibliográficas

ABCDUSP (2020). **Relatório Web of Science revela a relação entre Pesquisa e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Disponível em: <<https://www.abcd.usp.br/noticias/pesquisa-e-os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em 13 dez. 2024.

Angonese, A. R., Campos, A. T., Welter, R. A. (2007). Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, 27, 648-657. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400007>

Ahmed, M. T., Chaabane, T., Maachi, R., Darchen, A. (2012). Efficiency of a pretreatment by electrocoagulation with aluminum electrodes in a nanofiltration treatment of polluted water. **Procedia Engineering**, 33, 465–474. doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1226

Amitesh, Dohare, D., Rekhate, C., Prajapati, A. K. (2022). Removal of heavy metal from electroplating wastewater using electrocoagulation: a review. In **Desalination and Water Treatment** (Vol. 267, pp. 121–137). Desalination Publications. doi.org/10.5004/dwt.2022.28710

André, F. J., Valenciano-Salazar, J. A. (2022). Voluntary carbon neutral programs. Adoption and firms' strategies. **Journal of Cleaner Production**, 381. doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135191

Asante, E., Arthur, R., Agyemang, E. O., Baidoo, M. F., Asiedu, N. Y. (2024). Experimental simulation and kinetic modeling of bioenergy potential of Eichornia crassipes biomass from the Volta River basin of Ghana under mesophilic conditions. **Scientific African**, 23. doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e02032

Balogun, S., Ogwueleka, T. C., Salam, K. A., Ndana, R. W. (2024). Feasibility and performance efficiency of integrated microbial nutrient recovery cell and microalgae-

activated sludge process for wastewater treatment. **Waste Management Bulletin**, 2(2), 326–334. doi.org/10.1016/j.wmb.2024.05.011

Bao, K., Bieber, L. M., Kürpick, S., Radanielina, M. H., Padsala, R., Thrän, D., Schröter, B. (2022). Bottom-up assessment of local agriculture, forestry and urban waste potentials towards energy autonomy of isolated regions: Example of Réunion. **Energy for Sustainable Development**, 66, 125–139. doi.org/10.1016/j.esd.2021.12.002

Barbosa, G; Langer, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência - ACSA**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 87–96, 2011. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acsa/article/view/864>. Acesso em: 8 maio. 2025.

Barichello, R., Hoffmann, R., da Silva, S. O. C., Deimling, M. F., & Casarotto Filho, N. (2015). O Uso de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, 8(2), 333–355. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n2p333-355>

Becchetti, L., Bova, D., Raffaele, L. (2024). Win Together or Lose Alone: Circular Economy and Hybrid Governance for Natural Resource Commons. **Journal of Cleaner Production**, 144520. doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144520

Bock, S., Stoppacher, B., Malli, K., Lammer, M., Hacker, V. (2021). Techno-economic analysis of fixed-bed chemical looping for decentralized, fuel-cell-grade hydrogen production coupled with a 3 MWth biogas digester. **Energy Conversion and Management**, 250. doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114801

Borthwick, A. G. L. (2016). Marine Renewable Energy Seascape. **Engineering**, 2(1), 69–78. doi.org/10.1016/J.ENG.2016.01.011

Böbner, S., Devisscher, T., Suljada, T., Ismail, C. J., Sari, A., Mondamina, N. W. (2019). Barriers and opportunities to bioenergy transitions: An integrated, multi-level perspective analysis of biogas uptake in Bali. **Biomass and Bioenergy**, 122, 457–465. doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.002

Caetano, B. C., Santos, N. D. S. A., Hanriot, V. M., Sandoval, O. R., Huebner, R. (2022). Energy conversion of biogas from livestock manure to electricity energy using a Stirling engine. **Energy Conversion and Management**: X, 15. doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100224

Calvo-Saad, M. J., Solís-Chaves, J. S., Murillo-Arango, W. (2023). Suitable municipalities for biomass energy use in Colombia based on a multicriteria analysis from a sustainable development perspective. **Heliyon**, 9(10). doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19874

Capuano Mascarenhas, L., Ness, B., Oloko, M., Awuor, F. O. (2021). Multi-criteria analysis of municipal solid waste treatment technologies to support decision-making in Kisumu, Kenya. **Environmental Challenges**, 4. doi.org/10.1016/j.envc.2021.100189

Cedrick, B. Z. E., Long, P. W. (2017). Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach. **Energy Procedia**, 115, 229–238. doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021

Christiane, Q. N. S., Amankwah, E., Awafo, E. A., Sodre, S. (2023). Valorization of faecal sludge and organic waste in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso to improve sanitation, enhance soil and improve agricultural productivity. **Energy Reports**, 9, 4951–4959. doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.024

- Clemens, H., Bailis, R., Nyambane, A., Ndung'u, V. (2018). Africa Biogas Partnership Program: A review of clean cooking implementation through market development in East Africa. **Energy for Sustainable Development**, 46, 23–31. doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.012
- Cuetero-Martínez, Y., Monroy-Hermosillo, O., Aguirre-Garrido, J. F., de la Torre-Hernández, M. E., Ramírez-Saad, H. (2023). Changes in the prokaryotic communities occurring along a two-stage anaerobic digestion system treating the organic fraction of solid waste. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 12. doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100383
- David, L. H., Pinho, S. M., Agostinho, F., Costa, J. I., Portella, M. C., Keesman, K. J., Garcia, F. (2022). Sustainability of urban aquaponics farms: An emergy point of view. **Journal of Cleaner Production**, 331. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129896
- David, L. H., Pinho, S. M., Keesman, K. J., Garcia, F. (2021). Assessing the sustainability of tilapia farming in biofloc-based culture using emergy synthesis. **Ecological Indicators**, 131. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108186
- Dianati, K., Schäfer, L., Milner, J., Gómez-Sanabria, A., Gitau, H., Hale, J., Langmaack, H., Kiese Wetter, G., Muindi, K., Mberu, B., Zimmermann, N., Michie, S., Wilkinson, P., Davies, M. (2021). A system dynamics-based scenario analysis of residential solid waste management in Kisumu, Kenya. **Science of the Total Environment**, 777. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146200
- Diener, S., Semiyaga, S., Niwagaba, C. B., Muspratt, A. M., Gning, J. B., Mbéguéré, M., Ennin, J. E., Zurbrugg, C., Strande, L. (2014). A value proposition: Resource recovery from faecal sludge - Can it be the driver for improved sanitation? Resources, **Conservation and Recycling**, 88, 32–38. doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.04.005
- Duda, R. M., da Silva Vantini, J., Martins, L. S., de Mello Varani, A., Lemos, M. V. F., Ferro, M. I. T., de Oliveira, R. A. (2015). A balanced microbiota efficiently produces methane in a novel high-rate horizontal anaerobic reactor for the treatment of swine wastewater. **Bioresource Technology**, 197, 152–160. doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.004
- Essalhi, F., Naourani, A., Essadek, A., Bengueddour, R. (2024). Agronomic and energy value of digestate from anaerobic digestion of trout byproducts: Contribution to the autonomy of freshwater farms in Morocco. **Results in Engineering**, 23. doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102508
- Fakra, D. A. H., Andriatoavina, D. A. S., Razafindralambo, N. A. M. N., Amarillis, K. abdallah, Andriamampianina, J. M. M. (2020). A simple and low-cost integrative sensor system for methane and hydrogen measurement. **Sensors International**, 1. doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100032
- Farahdiba, A. U., Warmadewanthi, I. D. A. A., Fransiscus, Y., Rosyidah, E., Hermana, J., Yuniarto, A. (2023). The present and proposed sustainable food waste treatment technology in Indonesia: A review. **Environmental Technology and Innovation**, 32. doi.org/10.1016/j.eti.2023.103256
- Febijanto, I., Hermawan, E., Ifanda, Adiarso, A., Siswanto, Mustafa, A., Kusrestuwardhani, Rahardjo, P., Agung Wijono, R., Sudjadi, U. (2024). Techno-enviro-economic assessment of bio-CNG derived from Palm Oil Mill Effluent (POME) for public transportation in Pekanbaru City. **Renewable Energy Focus**, 49. doi.org/10.1016/j.ref.2024.100569

- Fouad, D. E., Zhang, C., Mekuria, T. D., Bi, C., Zaidi, A. A., Shah, A. H. (2019). Effects of sono-assisted modified precipitation on the crystallinity, size, morphology, and catalytic applications of hematite (α -Fe₂O₃) nanoparticles: A comparative study. **Ultrasonics Sonochemistry**, 59. doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104713
- Gagnon, M., Hamelin, L., Fréchette, A., Dufour, S., Roy, D. (2020). Effect of recycled manure solids as bedding on bulk tank milk and implications for cheese microbiological quality. **Journal of Dairy Science**, 103(1), 128–140. doi.org/10.3168/jds.2019-16812
- García-Olivares, A., Solé, J., Osychenko, O. (2018). Transportation in a 100% renewable energy system. **Energy Conversion and Management**, 158, 266–285. doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.053
- Gee, A. J., Smith, N., Chinnici, A., Medwell, P. R. (2024). Performance of biogas blended with hydrogen in a commercial self-aspirating burner. **International Journal of Hydrogen Energy**, 54, 1120–1129. doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.11.322
- Gerber, P., Key, N., Portet, F., Steinfeld, H. (2010). Policy options in addressing livestock's contribution to climate change. **Animal**, 4(3), 393–406. doi.org/10.1017/S1751731110000133
- Gupte, A. P., Agostini, S., Gronchi, N., Cripwell, R. A., Basaglia, M., Viljoen-Bloom, M., van Zyl, W. H., Casella, S., Favaro, L. (2025). Integrated production of bioethanol and biomethane from rice waste using superior amylolytic recombinant yeast. **Bioresource Technology**, 418. doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131947
- Hampl, N. (2022). Equitable energy transition in Latin America and the Caribbean: Reducing inequity by building capacity. **Renewable and Sustainable Energy Transition**, 2. doi.org/10.1016/j.rset.2022.100035
- Hermaszewski, J., Łobos-Moysa, E., Zimoch, I., Kalka, J., Kaźmierczak, B., Boer, E. den. (2023). Enhancing duckweed cultivation for sustainable energy and wastewater management in wastewater treatment plant. **Desalination and Water Treatment**, 316, 692–700. doi.org/10.5004/dwt.2023.30250
- Hewitt, J., Holden, M., Robinson, B. L., Jewitt, S., Clifford, M. J. (2022). Not quite cooking on gas: Understanding biogas plant failure and abandonment in Northern Tanzania. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 165. doi.org/10.1016/j.rser.2022.112600
- Hyman, J., Bailis, R. (2018). Assessment of the Cambodian National Biodigester Program. **Energy for Sustainable Development**, 46, 11–22. doi.org/10.1016/j.esd.2018.06.008
- Ibarra-Esparza, F. E., González-López, M. E., Ibarra-Esparza, J., Lara-Topete, G. O., Senés-Guerrero, C., Cansdale, A., Forrester, S., Chong, J. P. J., Gradilla-Hernández, M. S. (2023). Implementation of anaerobic digestion for valorizing the organic fraction of municipal solid waste in developing countries: Technical insights from a systematic review. **Journal of Environmental Management**, 347. doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118993
- IQAir (2024). **Air quality in Concordia**. Disponível em: <<https://www.iqair.com/brazil/santa-catarina/concordia>>. Acesso em 28 dez. 2024.
- Issahaku, M., Derkyi, N. S. A., Kemausuor, F. (2024). A systematic review of the design considerations for the operation and maintenance of small-scale biogas digesters. **Heliyon**, 10(1). doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24019

- Jha, B., Isha, A., Trivedi, A., Chandra, R., Subbarao, P. M. V. (2021). Anaerobic co-digestion of rice straw and de-oiled rice bran for biomethane production. **Energy Reports**, 7, 704–710. doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.032
- Jones, K. (2014). Case studies of hydrogen sulphide occupational exposure incidents in the UK. **Toxicology Letters**, 231(3), 374–377. doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.08.005
- Kaming, P. F., Raharjo, F. (2014). Perceptions of civil engineers regarding adequacy of infrastructure in the yogyakarta special region. **Procedia Engineering**, 95, 539–551. doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.215
- Kempegowda, R. S., Skreiberg, Ø., Tran, K. Q. (2017). Biocarbonization Process for High Quality Energy Carriers: Techno-economics. **Energy Procedia**, 105, 628–635. doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.367
- Kobyas, M., Demirbas, E., Gebologlu, U., Oncel, M. S., Yildirim, Y. (2013). Optimization of arsenic removal from drinking water by electrocoagulation batch process using response surface methodology. **Desalination and Water Treatment**, 51(34–36), 6676–6687. doi.org/10.1080/19443994.2013.769700
- Leitner, S., Ring, D., Wanyama, G. N., Korir, D., Pelster, D. E., Goopy, J. P., Butterbach-Bahl, K., Merbold, L. (2021). Effect of feeding practices and manure quality on CH₄ and N₂O emissions from uncovered cattle manure heaps in Kenya. **Waste Management**, 126, 209–220. doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.014
- Lin, H., Black, M. J., Lin, O., Minter, T., Borrión, A. (2024). Biogas utilisation – Life cycle assessment of enabling technology for transport biomethane - UK case study, **Bore Hill farm Biodigester. Biomass and Bioenergy**, 190. doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107402
- Lin, R., O'Shea, R., Deng, C., Wu, B., Murphy, J. D. (2021). A perspective on the efficacy of green gas production via integration of technologies in novel cascading circular bio-systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 150. doi.org/10.1016/j.rser.2021.111427
- Lin, Z., Price, G. W., Liang, C., Burton, D. L., Lynch, D. H. (2024). Effects on soil carbon storage from municipal biosolids application to agricultural fields. **Journal of Environmental Management**, 361. doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121249
- Madeira, L., Almeida, A., da Costa, A. M. R., Mestre, A. S., Carvalho, F., Teixeira, M. R. (2023). Tunning processes for organic matter removal from slaughterhouse wastewater treated by immediate one-step lime precipitation and atmospheric carbonation. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 11(5). doi.org/10.1016/j.jece.2023.110450
- Malley, C. S., Omotosho, D., Bappa, B., Jibril, A., Tarfa, P., Roman, M., Hicks, W. K., Kuylenstierna, J. C. I., de la Sota Sandez, C., Lefèvre, E. N. (2021). Integration of climate change mitigation and sustainable development planning: Lessons from a national planning process in Nigeria. **Environmental Science and Policy**, 125, 66–75. doi.org/10.1016/j.envsci.2021.08.022
- Marcelo, D., Bizzo, W., Alamo, M., Vásquez, E. (2017). Assessment of Sugarcane Byproducts for Energy Use in Peru. **Energy Procedia**, 115, 397–408. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.037
- Maturo, A., Petrucci, A., Forzano, C., Giuzio, G. F., Buonomano, A., Athienitis, A. (2021). Design and environmental sustainability assessment of energy-independent communities: The

- case study of a livestock farm in the North of Italy. **Energy Reports**, 7, 8091–8107. doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.080
- Mazloomi, S., Zarei, A., Nourmoradi, H., Ghodsei, S., Amraei, P., Haghighat, G. A. (2019). Optimization of coagulation–flocculation process for turbidity removal using response surface methodology: A study in Ilam water treatment plant, Iran. **Desalination and Water Treatment**, 147, 234–242. doi.org/10.5004/dwt.2019.23698
- Mel, M., Yong, A. S. H., Avicenna, Ihsan, S. I., Setyobudi, R. H. (2015). Simulation Study for Economic Analysis of Biogas Production from Agricultural Biomass. **Energy Procedia**, 65, 204–214. doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.026
- Mellor, D. J. *et al.* The 2020 Five Domains Model: Including Human-Animal Interactions. in Assessments of Animal Welfare. **Animals** 10 (2020). doi.org:10.3390/ani10101870
- Mittal, S., Ahlgren, E. O., Shukla, P. R. (2018). Barriers to biogas dissemination in India: A review. **Energy Policy**, 112, 361–370. doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.027
- Mohamed, Z. B., Fattah, M. Y., Shamkhy, A. G. (2024). Investigation of solid waste generation rate and biogas production. **Results in Engineering**, 23. doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102531
- Moure Abelenda, A., Dolny, P. (2024). Production of ammonium bicarbonate from the condensate of the upgrading biogas-pipelines. **Journal of Cleaner Production**, 449. doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141787
- Mühl, D. D. de Oliveira, L. (2022). Features of anaerobic digestion plants in the brazilian agricultural sector. **Cleaner and Circular Bioeconomy**, 1. doi.org/10.1016/j.clcb.2021.100001
- Mukhtar, S., Muhammad, S., Alyousef, H. A., Khan, W., Shah, R., El-Tantawy, S. A. (2024). Enviro-economic and optimal hybrid energy system: Photovoltaic–biogas–hydro–battery system in rural areas of Pakistan. **Heliyon**, 10(16). doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35182
- Munar-Florez, D. A., Varón-Cardenas, D. A., Ramírez-Contreras, N. E., García-Núñez, J. A. (2021). Adsorption of ammonium and phosphates by biochar produced from oil palm shells: Effects of production conditions. **Results in Chemistry**, 3. doi.org/10.1016/j.rechem.2021.100119
- Muthukannan, M., Saravanakumar, S., Sambandam, M. T., K, U., Kamalakannan, R. (2024). Guidelines for implementing cleaner production strategies in a natural rubber gloves manufacturing industry. **Cleaner Engineering and Technology**, 23. doi.org/10.1016/j.clet.2024.100837
- Namugenyi, I., Coenen, L., Scholderer, J. (2022). Realising the transition to bioenergy: Integrating entrepreneurial business models into the biogas socio-technical system in Uganda. **Journal of Cleaner Production**, 333. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130135
- Namugenyi, I., Scholderer, J. (2024). Valorisation of biogas for market development and remission of environmental nuisance in Uganda. **Cleaner Energy Systems**, 8. doi.org/10.1016/j.cles.2024.100116
- Nicholls, J. (2020). Technological intrusion and communicative renewal: The case of two rural solar farm developments in the UK. **Energy Policy**, 139. doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111287

Ninan, J., Yadav, R. (2023). Megaproject and the city: Theorizing social media discourses across the lifecycle of an infrastructure project. **City and Environment Interactions**, 20. doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100123

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**, 5. doi.org/10.1016/j.clet.2021.100298

One Welfare (2024). **About one welfare**. Disponível em: <<https://www.onewelfareworld.org/>>. Acesso em 17 dez. 2024.

Ortiz García, S., Saynes Santillán, V., Bunge Vivier, V., Anglés-Hernández, M., Pérez, M. E., Prado, B. (2022). Soil governance and sustainable agriculture in Mexico. **Soil Security**, 7. doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100059

Ortiz-Gonzalo, D., de Neergaard, A., Vaast, P., Suárez-Villanueva, V., Oelofse, M., Rosenstock, T. S. (2018). Multi-scale measurements show limited soil greenhouse GAS emissions in Kenyan smallholder coffee-dairy systems. **Science of the Total Environment**, 626, 328–339. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.247

Paulino, E. J., Cherri, A. C., Soler, E. M. (2024). Suitability model and optimal location of biodigesters in the state of São Paulo. **Energy Reports**, 11, 4726–4740. doi.org/10.1016/j.egyr.2024.04.038

Pedretti, E. F., Duca, D., Ballarini, M., Boakye-Yiadom, K. A., Ilari, A. (2023). Environmental impact assessment of producing frozen spinach in central Italy. **Resources, Environment and Sustainability**, 12. doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100110

Petri, E., Heigl, E. M., Fasolini, A., Zeilerbauer, L., Giovannucci, M., Küçükağa, Y., Torri, C., Basile, F., Soavi, F. (2024). Conversion of biodigestate into activated carbon for electrochemical application: Process performance and life cycle assessment. **Carbon**, 226. doi.org/10.1016/j.carbon.2024.119221

Pinto, J. A., Barros, R. M., dos Santos, I. F. S., Filho, G. L. T., de Oliveira Botan, M. C., Bôas, T. F. V., de Cássia Crispim, A. M. (2023). Study of the anaerobic co-digestion of bovine and swine manure: Technical and economic feasibility analysis. **Cleaner Waste Systems**, 5. doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100097

Praciano, A. C., Gorayeb, A., de Almeida Monteiro, L., de Oliveira Santos, J., Rios, M. A. S., Seghezze, L. (2025). Biodigesters: social technology for reducing energy insecurity in rural communities of the semi-arid region. **Revista Ciencia Agronomica**, 56. doi.org/10.5935/1806-6690.20250023

Pu, S.; Peng, S.; Zhu, J.; Liu, Z.; Long, D.; Lim, T. (2022). Characteristics of PM2.5 and Its Correlation with Feed, Manure and NH3 in a Pig-Fattening House. **Toxics** 10, 145. doi.org/10.3390/toxics10030145

Quinn, A. K., Bruce, N., Puzzolo, E., Dickinson, K., Sturke, R., Jack, D. W., Mehta, S., Shankar, A., Sherr, K., Rosenthal, J. P. (2018). An analysis of efforts to scale up clean household energy for cooking around the world. **Energy for Sustainable Development**, 46, 1–10. doi.org/10.1016/j.esd.2018.06.011

Rahman, M. S., Majumder, M. K., Sujon, M. H. K. (2021). Adoption determinants of biogas and its impact on poverty in Bangladesh. **Energy Reports**, 7, 5026–5033. doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.027

- Ramón Vanegas, A. A., Vásquez, J., Molina, F., Peñuela Vásquez, M. (2024). Evaluation of anaerobic digestion of palm oil mill effluent (POME) using different sludges as inoculum. **Water Resources and Industry**, 31. doi.org/10.1016/j.wri.2024.100247
- Ribeiro, E.M., Barros, R.M., Tiago Filho, G.L., Santos, I.F.S., Sampaio, L.C., Santos, T.V., *et al.* (2018). GHG avoided emissions and economic analysis by power generation potential in pasture aviaries in Brazil. ISSN 0960-1481 **Renew. Energy** Vol. 120, 524–535. doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.005.
- Sardá, L. G., Higarashi, M. M., Muller, S., Oliveira, P. A., Comin, J. J. (2010). Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 14 (9), 1008-1013. doi.org/10.1590/S1415-43662010000900014
- Siatkowski, A., Soares, J., Cipriano, S. A., Doliveira, S. L. D., Massuga, F. (2022). Uso de biodigestores em propriedades rurais para sustentabilidade e como ferramenta mitigadora de gases de efeito estufa (GEE). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 11(4), 51-71. <https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e4202251-71>
- Silva, A. P. M., Barros, R. M., Lora, E. E. S., Silva dos Santos, I. F., Ribeiro, E. M., de Freitas, J. V. R., de Cassia Crispim, A. M. (2023). Study on preliminary economic availability of electric energy use from drying bed sludge by biogas from anaerobic digestion and incineration in Brazil. **Cleaner Waste Systems**, 6. doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100117
- Silva, G. P.; Marques, S. M. T. Impacto dos maus odores decorrentes da suinocultura na saúde de moradores rurais no município de Concórdia, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p. 135-141, 2004. Disponível em: <<https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5424/3624>>. Acesso em: 18 de nov. de 2024.
- Solanilla-Duque, J. F., Morales-Velasco, S., Salazar-Sánchez, M. del R. (2024). Assessment of HACCP plans and Colombian regulations in municipal cattle slaughterhouses for the assurance of standardised food safety and quality management systems. **Heliyon**, 10(24). doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40944
- Starkl, M., Bisschops, I., Essl, L., López, E., Martínez, J. L., Murillo, D., Nanninga, T. A. (2013). Opportunities and Constraints for Resource Efficient Environmental Management in Rapidly Developing Urban Areas: The Example of Mexico City. **Aquatic Procedia**, 1, 100–119. doi.org/10.1016/j.aqpro.2013.07.009
- Sufficiency, E., Qamar, S. A., Ferreira, L. F. R., Franco, M., Iqbal, H. M. N., Bilal, M. (2022). Emerging biotechnological strategies for food waste management: A green leap towards achieving high-value products and environmental abatement. **Energy Nexus**, 6. doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100077
- Sukma, P., Srinok, K., Papong, S., Supakata, N. (2022). Chula model for sustainable municipal solid waste management in university canteens. **Heliyon**, 8(10). doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10975
- Schiffman, S. S., Williams C.M.. Science of Odor as a Potential Health Issue. **Journal of Environmental Quality**. Volume 34, Issue 1. January 2005, Pages 129-138. doi/10.2134/jeq2005.0129a

- Talibi, M., Hellier, P., Ladommatis, N. (2017). Combustion and exhaust emission characteristics, and in-cylinder gas composition, of hydrogen enriched biogas mixtures in a diesel engine. **Energy**, 124, 397–412. doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.070
- van Tuyll, A., Boedijn, A., Brunsting, M., Barbagli, T., Blok, C., Stanghellini, C. (2022). Quantification of material flows: A first step towards integrating tomato greenhouse horticulture into a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, 379. doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134665
- Vargas-Muñoz, M. A., Morales, J., Cerdà, V., Ferrer, L., Palacio, E. (2023). Paper sensor-based method using a portable 3D-printed platform and smartphone-assisted colorimetric detection for ammonia and sulfide monitoring in anaerobic digesters and wastewater. **Microchemical Journal**, 188. doi.org/10.1016/j.microc.2023.108469
- Villarroel-Schneider, J., Höglund-Isaksson, L., Mainali, B., Martí-Herrero, J., Cardozo, E., Malmquist, A., Martin, A. (2022). Energy self-sufficiency and greenhouse gas emission reductions in Latin American dairy farms through massive implementation of biogas-based solutions. **Energy Conversion and Management**, 261. doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115670
- Wagner, N., Rieger, M., Bedi, A. S., Vermeulen, J., Demena, B. A. (2021). The impact of off-grid solar home systems in Kenya on energy consumption and expenditures. **Energy Economics**, 99. doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105314
- WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. **Geneva: World Health Organization**; 2021. Licence: CC BYNC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>>. Acesso em 28 dez. 2024.
- Zhu, Y., Butterbach-Bahl, K., Merbold, L., Leitner, S., Pelster, D. E. (2021). Nitrous oxide emission factors for cattle dung and urine deposited onto tropical pastures: A review of field-based studies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 322. doi.org/10.1016/j.agee.2021.107637
- Zhu, Z., Yogeve, U., Gross, A., Keesman, K. J. (2024). Environmental assessment of industrial aquaponics in arid zones using an integrated dynamic model. **Information Processing in Agriculture**. doi.org/10.1016/j.inpa.2024.09.005
- Zuluaga-Gomez, J., Bonaveri, P., Zuluaga, D., Álvarez-Peña, C., Ramírez-Ortiz, N. (2020). Techniques for water disinfection, decontamination and desalinization: A review. In Desalination and Water Treatment (Vol. 181, pp. 47–63). **Desalination Publications**. doi.org/10.5004/dwt.2020.25073