



III-919 - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE BIOGÁS NO BRASIL

Jaqueline Sarmiento dos Santos⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestra em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia pelo PPGEDAM/UFPA. Servidora pública, atua como Engenheira, na Prefeitura Multicampi da UFPA, na área de saneamento. Doutoranda em Engenharia Civil pelo PPGE/UFPA.

Risete Maria Queiroz Leão Braga⁽²⁾

Professora Associada da Universidade Federal do Pará, vinculada a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Tecnologia.

Francisco Carlos Lira Pessoa⁽³⁾

Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará, vinculado a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA) do Instituto de Tecnologia.

Adnilson Igor Martins da Silva⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista formado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo PPGE/UFPA, e atualmente doutorando na mesma área e instituição. Atua como Engenheiro na UFPA, na área de saneamento, e exerce a função de Diretor de Infraestrutura da Prefeitura Multicampi da UFPA.

Josiane Sarmiento dos Santos⁽⁵⁾

Meteorologista. Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestra e Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é bolsista DTI-B do CNPQ atuando no Centro Gestor e operacional do sistema de proteção da Amazônia (CENSIPAN)

Endereço⁽¹⁾: Rua Augusto Correa, 01- Guamá – Belém-PA - CEP: 66075-110 - Brasil - Tel: (91) 3201-7839 - e-mail: jaqueline@ufpa.br

RESUMO

Diante da crescente importância da adoção de energias renováveis, este estudo bibliométrico analisou a produção científica sobre biogás no Brasil, utilizando dados da Web of Science. Foram identificados os principais temas, periódicos, instituições, financiadoras e autores na vanguarda deste campo de estudo. Os resultados mostraram um aumento significativo no número de publicações brasileiras sobre biogás a partir de 2009. A Universidade de São Paulo (USP) lidera as instituições com maior número de publicações, seguida pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) são as principais agências de financiamento. Os pesquisadores Marcelo Zaiat, da USP, e Jorge de Lucas Jr., da UNESP, são os mais produtivos na área. As palavras-chave mais frequentes nas publicações incluem "biogás", "digestão anaeróbia" e "metano". Os periódicos mais relevantes são o Journal of Cleaner Production, Bioresource Technology e Renewable & Sustainable Energy Reviews. O estudo destaca a importância do biogás como uma fonte de energia renovável e sustentável, mas também aponta para a necessidade de uma distribuição mais equitativa dos esforços e recursos de pesquisa em todo o país.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás no Brasil; Análise bibliométrica; Energia renovável; Digestão anaeróbia; Tendências de pesquisa.

INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido mundialmente por sua capacidade de produção agrícola, pecuária e industrial. Por outro lado, essas atividades apresentam alta geração de efluentes e resíduos. Este fato estimula a busca



por soluções de aproveitamento de energia, a fim de agregar renda e sustentabilidade aos setores produtivos. Da mesma forma, devido à significativa população do país e à elevada concentração de habitantes em áreas urbanas, o potencial de aproveitamento energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e do esgotamento sanitário também é relevante, motivando diversos atores a buscar soluções tecnológicas e modelos de negócios para viabilizá-lo (BEP, 2021).

Diante deste cenário, a produção de biogás surge como uma alternativa promissora. Classificado como uma forma de bioenergia, pode ser produzido a partir de quase todos os tipos de biomassa, abrangendo os setores agrícolas primários e de vários fluxos de resíduos orgânicos da sociedade em geral (HOLM-NIELSEN; AL SEADI; OLESKOWICZ-POPIEL, 2009). O biogás é o produto de um processo biologicamente mediado, a digestão anaeróbia. Nesse processo, matérias orgânicas complexas transformam-se em compostos simples, como metano (CH_4) em uma faixa de 50-70% e dióxido de carbono (CO_2) a uma concentração de 30-50%. Além desses dois gases, o biogás também contém pequenas quantidades de outros compostos, como nitrogênio (N_2), vapor d'água (H_2O) e sulfeto de hidrogênio (H_2S) (ANGELIDAKI et al., 2018).

Esta tecnologia, além de possibilitar o aproveitamento de resíduos, também se alinha ao compromisso com a sustentabilidade ambiental (SCARLAT; DALLEMAND; FAHL, 2018), permitindo atingir duas finalidades simultaneamente: o tratamento de resíduos para controlar a poluição ambiental e a utilização e valorização dos subprodutos gerados, incluindo o metano como fonte de energia renovável e o material digerido com potencial aplicação agrícola (CÁRDENAS-CLEVES et al., 2016).

Kougias e Angelidaki (2018) indicam que as primeiras menções ao aproveitamento do biogás remontam à época dos antigos romanos, que já empregavam a decomposição da matéria orgânica para gerar gás. No entanto, somente no século XIX o biogás ganhou proeminência como fonte de energia, graças à descoberta do metano e sua utilização energética. Adicionalmente, os autores observam que, ao contrário das fontes eólica e solar, o biogás, devido à sua capacidade de produção contínua, pode ser armazenado com custos reduzidos, tanto como matéria-prima quanto em forma de gás comprimido. Essa estabilidade possibilita que o biogás funcione como um mecanismo regulador, mitigando a intermitência das fontes eólica e fotovoltaica.

O biogás pode ter seu conteúdo energético aproveitado nos sistemas de produção de energia elétrica, gás natural, combustível veicular, cogeração de energia entre outros. Para uso veicular ou injeção nas redes de distribuição de gás natural, é necessário que o CO_2 seja removido do biogás. Após a remoção deste constituinte e outras impurezas, o biogás apresenta uma fração elevada de metano (> 95%) e passa a ser denominado biometano, que pode ser utilizado como substituto ao gás natural (MILANEZ et al., 2018).

Embora haja um entendimento geral sobre os benefícios e aplicações do biogás, é relevante destacar que a tecnologia de produção de biogás no contexto brasileiro ainda se encontra em estágio incipiente (FREITAS et al., 2019). Ao longo de um período substancial de quatro décadas (1970-2010), essa tecnologia não recebeu a devida atenção, sendo muitas vezes considerada como um subproduto desprovido de valor econômico. No entanto, a partir do ano de 2010, houve uma transformação na percepção e abordagem em relação ao biogás, uma vez que sua aplicação foi redirecionada para a geração de energia, sendo considerado um ativo energético e não mais um passivo ambiental (BLEY JR. (2014) e MATHIAS; MATHIAS (2015).

Neste contexto, a relevância de investigar o panorama atual da pesquisa sobre biogás, particularmente no Brasil, é evidente, visando a integração dos resultados já alcançados. A realização de um estudo bibliométrico, que envolve a análise de dados científicos extraídos de publicações, permite identificar as principais tendências e lacunas na área de estudo em questão, conforme destacado por Castro Ampese et al. (2022).

A bibliometria considera o sistema documental e suas propriedades bibliométricas como foco de estudo, aplicando técnicas de matemática e estatística para analisar a estrutura distribuída, as relações



quantitativas, os padrões de variação e a gestão quantitativa das informações contidas nos documentos. Com isso, busca-se compreender a essência, as particularidades e os modelos da ciência e tecnologia que formam a base dessas informações (DU et al., 2014).

Assim, o artigo em questão trata-se de um estudo bibliométrico que objetivou identificar a produção científica ao longo do tempo, os principais temas, periódicos, instituições, financiadoras, palavras-chave e autores deste campo de estudo, além da distribuição geográfica das pesquisas sobre biogás no país.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada empregando como estratégia metodológica a abordagem bibliométrica, onde a coleta de dados foi realizada em fevereiro de 2024. Para a busca de fontes científicas, utilizou-se a base de dados online do Science Citation Index Expanded (SCI-E), Web of Science® (WoS) da Clarivate Analytics.

Como palavra-chave, foi utilizado o termo em inglês “Biogas”, abrangendo os títulos (article title), resumo (abstract) e palavras-chave (keywords). Adotou-se como requisito de inclusão somente artigos e artigos de revisão. Inicialmente, realizou-se uma busca sem restrições geográficas para capturar uma perspectiva global.

Posteriormente, implementou-se um filtro geográfico para destacar as contribuições brasileiras, delineando as especificidades e contornos da pesquisa nacional sobre o tema. Os dados coletados para a investigação compreendem o período de 2000 a 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos critérios de busca resultou na identificação de 28.921 documentos internacionais na Web of Science. A Tabela 1 detalha a distribuição dessas publicações por país, evidenciando a participação de cada nação na produção científica global. O Brasil figura em sétimo lugar com 1.324 publicações, correspondendo a 4,57% do total. Esta classificação destaca a participação expressiva do Brasil na pesquisa de biogás, destacando-se entre países líderes como China, Alemanha e Estados Unidos.

Tabela 1: Panorama da produção internacional de documentos científicos relacionados ao biogás.

Classificação	País	Nº artigos	% ^a
1	China	5693	19.68
2	Alemanha	2380	8.22
3	EUA	2248	7.77
4	Índia	2179	7.53
5	Itália	1848	6.39
6	Espanha	1678	5.80
7	Brasil	1324	4.57
8	Polônia	1303	4.50
9	Inglaterra	1066	3.68
10	Suécia	1020	3.52

Nota: ^aPorcentagem em relação ao total de 28.921 documentos

Após a análise global das contribuições por país na Tabela 1, que posiciona o Brasil como um participante significativo na pesquisa de biogás mundialmente, a atenção se volta para as tendências específicas dentro do contexto nacional. A Figura 1 ilustra a evolução anual das publicações brasileiras sobre biogás no período de 2000 a 2023. A análise mostra um aumento significativo no número de publicações brasileiras a partir de 2009. Esse crescimento nas publicações é corroborado pelos estudos de Freitas et al. (2019),

que apontam para uma mudança no papel do biogás no Brasil a partir de 2010, o qual passou a ser utilizado na geração de energia.

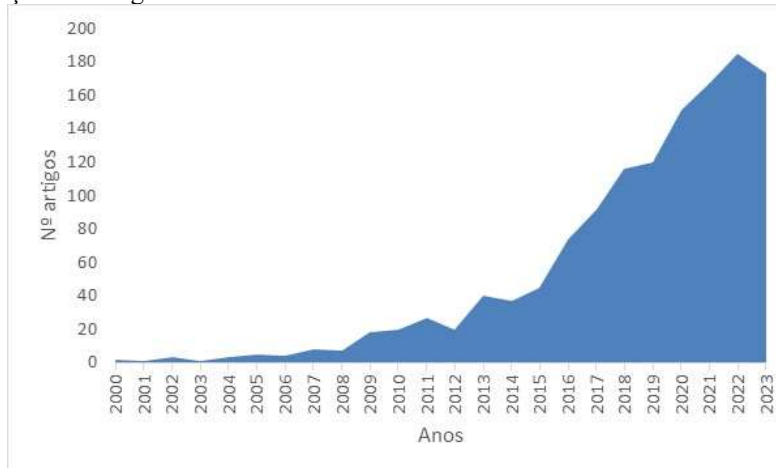


Figura 1: Evolução da produção científica no Brasil sobre biogás (2000–2023).

Esse aumento expressivo nas publicações reflete o empenho das instituições brasileiras no avanço da pesquisa em biogás. A Figura 2 apresenta o ranking das 10 instituições brasileiras com maior número de autorias de publicações. A Universidade de São Paulo (USP) ocupa o primeiro lugar, com um total de 390 autorias associadas, representando 29,46% do total. Por autoria associada, compreende-se a filiação de um autor a determinada instituição em uma publicação, podendo um único estudo ser contabilizado múltiplas vezes caso possua diversos autores vinculados à mesma instituição (SOARES et al., 2016).

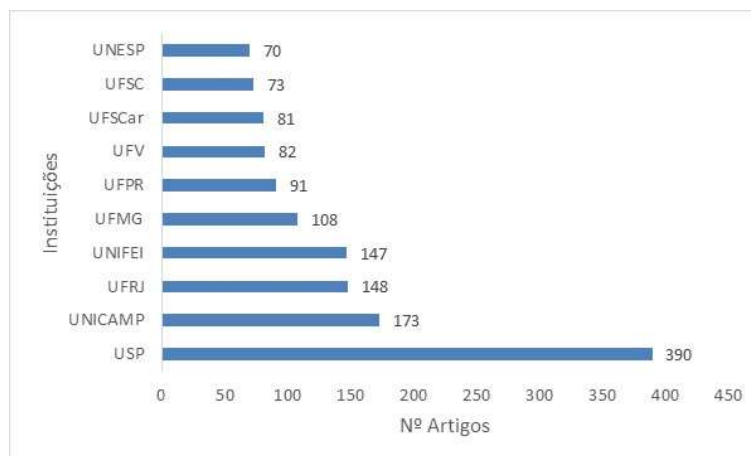


Figura 2: Ranking das 10 instituições brasileiras com maior número de autorias de publicações

A USP é seguida por outras instituições de renome, como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com 173 e 148 artigos, respectivamente. Essas contribuições destacam a atenção dedicada ao campo das energias renováveis, refletindo o envolvimento ativo dessas universidades na expansão da pesquisa e inovação no setor de biogás.

A Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) também se destaca, contribuindo com 147 artigos e evidenciando seu papel significativo na pesquisa especializada em biogás. Instituições como a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e outras universidades federais e estaduais compõem o restante da lista, mostrando uma diversificação regional



que é essencial para o desenvolvimento de tecnologias de biogás adaptadas às diferentes necessidades e contextos do país.

A análise desse indicador bibliométrico é essencial para entender onde a pesquisa sobre biogás está concentrada no Brasil e quais instituições estão liderando os avanços nessa área. Essa compreensão é fundamental para identificar oportunidades de colaboração, mapear potenciais lacunas na distribuição de recursos e direcionar o desenvolvimento de políticas públicas focadas no fortalecimento da pesquisa em regiões menos representadas, visando um avanço mais equitativo e diversificado da ciência brasileira no campo da energia renovável advinda do biogás.

No contexto do financiamento da pesquisa em biogás no Brasil, conforme ilustrado na Tabela 2, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) se destacam como os principais apoiadores, contribuindo com 520 e 451 trabalhos, respectivamente. Esse suporte evidencia o papel fundamental dessas agências federais na promoção da ciência e tecnologia, conforme destacado por (FERREIRA et al., 2022). A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) se destaca no cenário regional, refletindo o significativo investimento em pesquisa realizado pelo estado de São Paulo.

A diversidade no apoio oferecido pelas agências estaduais indica variações nas áreas prioritárias de pesquisa. Ademais, a colaboração internacional, evidenciada pela participação da União Europeia e do Governo Espanhol, destaca a importância do financiamento para impulsionar a ciência e tecnologia relacionadas às energias renováveis no Brasil.

Neste contexto, é importante ressaltar que o índice *h* tem sido progressivamente adotado por algumas fundações estaduais de amparo à pesquisa (FAPs), pelo CNPq e pela CAPES como um critério para a alocação de recursos e concessão de benefícios, tais como as bolsas de produtividade científica (DE LIMA; VELHO; DE FARIA, 2012). O índice *h* serve como um indicador que simultaneamente mede a quantidade e o impacto das contribuições científicas de um pesquisador (COSTAS; BORDONS, 2007).

Tabela 2: Publicações brasileiras sobre biogás associadas às agências de financiamento de C&T

Agência Financiadora	Nº documentos	% de 1.324
CNPQ	520	39.27
CAPES	451	34.06
FAPESP	213	16.08
FAPEMIG	93	7.02
FAPESC	79	5.96
FAPDF	35	2.64
FAPERJ	28	2.11
União Europeia	21	1.58
FINEP	21	1.58
Governo Espanhol	20	1.51

A pesquisa sobre biogás tem atraído uma vasta colaboração de autores no Brasil. Entre os 1.324 artigos identificados, 4.213 autores contribuíram, com uma média de 5 autores por documento. Destaca-se que apenas 7 autores foram responsáveis por publicações individuais, o que ressalta a tendência à colaboração no campo.

Segundo a Lei de Lotka, uma regra bem estabelecida na bibliometria, uma pequena fração de pesquisadores tende a produzir a maior parte das publicações em uma área específica, enquanto a maioria contribui com menos trabalhos (URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, 2002). Esta lei se confirma na análise do cenário brasileiro de pesquisa em biogás, onde observa-se que 79,3% dos autores publicaram um único artigo. Este número cai para 11,3% para autores com duas publicações, evidenciando uma queda acentuada e contínua na proporção de autores à medida que o número de publicações por autor aumenta. Tal distribuição corrobora o princípio de que, embora a colaboração seja ampla, são poucos os autores que lideram em termos de produtividade científica.

Um grupo distinto de pesquisadores se destaca na produtividade e influência no campo da pesquisa sobre biogás no Brasil (Tabela 3). O pesquisador Marcelo Zaiat da Universidade de São Paulo (USP) lidera com uma significativa contagem de 50 publicações, seguido por Jorge de Lucas Jr. da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Regina Mambeli Barros da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), com 34 e 31 artigos, respectivamente. A presença de Lucas Tadeu Fuess, também da USP, com 29 publicações, comprova a posição da universidade como um centro de pesquisa significativo em biogás.

Os pesquisadores Edson Luiz Silva da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Tânia Forster-Carneiro da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Fabiana Passos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Ivan Felipe Silva dos Santos da UNIFEI e Helton José Alves da Universidade Federal do Paraná (UFPR) completam o ranking, demonstrando uma distribuição geográfica diversificada das contribuições significativas no país.

Tabela 3: Autores que mais publicaram sobre biogás no período de 2000 a 2023

Autores	IES	Nº Artigos	Artigos fracionados ^a
Zaiat, Marcelo	USP	50	13.0173
de Lucas Jr, Jorge	UNESP	34	5.2913
Barros, Regina Mambeli	UNIFEI	31	5.5278
Fuess, Lucas Tadeu	USP	29	7.2016
Silva, Edson Luiz	UFSCar	26	6.2440
Forster-Carneiro, Tânia	UNICAMP	25	4.9706
Passos, Fabiana	UFMG	20	4.76071
Silva Dos Santos, Ivan Felipe	UNIFEI	20	3.57738
Alves, Helton José	UFPR	19	3.53293

^aA métrica de artigos fracionados, leva em conta a colaboração em publicações conjuntas.

Além da análise dos pesquisadores com maior número de publicações, uma nuvem de palavras-chave foi elaborada, a partir dos dados coletados, ilustrando os termos mais recorrentes nas publicações dos autores (Figura 3). Nesta representação gráfica, a dimensão de cada palavra é proporcional à sua frequência de uso nas publicações analisadas, com as palavras maiores indicando termos frequentemente citados, enquanto as menores denotam uma menor ocorrência (SILVA et al., 2022). Destaca-se que as palavras-chave desempenham um papel vital no mapeamento dos temas principais de uma pesquisa, servindo como um indicador eficaz dentro das técnicas de análise bibliométrica para identificar as tendências de um campo de estudo (ZHAO et al., 2018).



Figura 3: Nuvem de palavras-chave mais utilizadas pelos autores no período de 2000 a 2023 relacionadas à pesquisa sobre biogás.

A nuvem de palavras-chave apresentada na Figura 3 fornece uma visualização das tendências e focos principais na pesquisa de biogás. Os termos com maior destaque, como "biogás", "digestão anaeróbia" e



"metano", indicam os tópicos centrais e mais frequentemente abordados na literatura. A predominância desses termos sugere que o processo de produção de biogás, a tecnologia envolvida na digestão anaeróbia e o metano como produto-chave são os pilares da pesquisa no campo.

Outros termos na nuvem, como "bioenergia", "energia renovável" e "biorrefinaria", apontam para uma abordagem integrada que vai além da produção de biogás, abrangendo o uso de biogás no contexto mais amplo das energias renováveis e como parte do conceito de biorrefinaria, onde múltiplos produtos são gerados a partir da biomassa, conforme destacado por Bessou et al. (2011).

O termo "hidrogênio" também se destaca, o que pode indicar um interesse emergente na produção de hidrogênio como fonte de energia limpa. Esse foco é corroborado pelos estudos de Alves et al. (2013); Nadaleti et al. (2021) e (SILLERO et al., 2022).

A Tabela 4 elenca os dez principais periódicos que mais contribuem com artigos sobre o tema em questão. Identificar essas revistas é de suma importância em uma análise bibliométrica, pois permite aos pesquisadores discernir quais publicações são mais relevantes dentro da área de estudo. Isso facilita a escolha de veículos apropriados para a disseminação de novas pesquisas, visando uma maior visibilidade e impacto na comunidade científica (DA COSTA et al., 2023).

Tabela 4: Periódicos que mais publicaram trabalhos sobre biogás no período de 2000 a 2023, com respectivos fatores de impacto e classificação Qualis Capes.

Classificação	Periódicos	Nº de Artigos	Fator de impacto (2022) ^a	Qualis Capes (Engenharias I) ^b
1º	Journal of Cleaner Production	69	11.1	A1
2º	Bioresource Technology	55	11.4	A1
3º	Engenharia Agrícola	53	1,0	B1
4º	International Journal of Hydrogen Energy	50	7.2	A1
5º	Renewable & Sustainable Energy Reviews	48	15.9	A1
6º	Journal Of Environmental Management	41	8.7	A1
7º	Renewable Energy	39	8.7	A1
8º	Engenharia Sanitária e Ambiental	35	0.5	A4
9º	Biomass & Bioenergy	34	6,0	A1
10º	Water Science and Technology	33	2.7	A3

Notas: ^aDados obtidos no portal da Journal Citation Reports (JCR); ^bClassificação de periódicos Qualis-Capes Quadriênio 2017-2020.

Os dados disponíveis na Tabela 4 fornecem um panorama significativo sobre a disseminação da pesquisa em biogás no Brasil. Os periódicos "Journal of Cleaner Production" e "Bioresource Technology" lideram em número de publicações. O "Renewable & Sustainable Energy Reviews" se sobressai como o periódico de maior impacto, com um fator de 15.9, refletindo seu papel preeminente na disseminação de pesquisas significativas e tendências emergentes em energias renováveis, incluindo o biogás.

O periódico "Engenharia Agrícola", embora com um fator de impacto mais modesto de 1,0 e classificação B1 no Qualis Capes, figura na terceira posição com 53 artigos, sugerindo uma especialização e um foco nacional para tratar resíduos da agricultura de origem animal ou vegetal, que ao serem convertidos em biogás, ou seja, energia, tornam-se recursos úteis para a sociedade.

A presença do periódico "Engenharia Sanitária e Ambiental", com um fator de impacto de 0,5 e classificação A4, evidencia o interesse no estudo do biogás sob uma perspectiva ambiental e de saneamento, temas de grande importância para o desenvolvimento sustentável do país.

Em suma, essa diversificação de periódicos, combinando publicações nacionais e internacionais de alto impacto, demonstra a vitalidade e a multidisciplinaridade da pesquisa em biogás no Brasil. A colaboração



entre as diferentes áreas, desde a engenharia até a gestão ambiental, é fundamental para avançar na compreensão e aplicação do biogás como fonte de energia renovável e sustentável.

CONCLUSÃO

Este estudo bibliométrico ofereceu uma visão da evolução e do estado atual da pesquisa sobre biogás no Brasil, abrangendo o período de 2000 a 2023. Por meio da análise de publicações indexadas na Web of Science, identificou-se os principais temas, periódicos, instituições, financiadoras e autores que estão na liderança deste campo de estudo. Os resultados destacaram a importância do biogás como um tópico de pesquisa crescente, refletido tanto pela quantidade quanto pela qualidade das publicações científicas.

A liderança da USP, seguida por instituições como UNICAMP, UFRJ e UNIFEI, demonstra um robusto núcleo acadêmico impulsionando a pesquisa em biogás no país. A diversidade de periódicos com alto fator de impacto e classificação Qualis Capes A1, como "Renewable & Sustainable Energy Reviews", "Journal of Cleaner Production" e "Bioresource Technology", evidencia a relevância global da pesquisa brasileira em biogás. A análise da frequência de palavras-chave revelou focos de interesse específicos, como a digestão anaeróbica e a produção de hidrogênio, sublinhando as tendências atuais e emergentes no campo.

Contudo, a concentração geográfica da pesquisa nas regiões Sul e Sudeste, e a ausência significativa de contribuições das regiões Norte e Nordeste, apontam para a necessidade de uma distribuição mais equitativa dos esforços e recursos de pesquisa. A expansão da infraestrutura e do apoio à pesquisa em todas as regiões do Brasil é vital para explorar plenamente o potencial do biogás como uma fonte de energia renovável, promovendo avanços tecnológicos e soluções sustentáveis adaptadas às diversas realidades brasileiras.

Este estudo destaca o papel fundamental da pesquisa em biogás para o desenvolvimento sustentável no Brasil, indicando caminhos para o fortalecimento e a expansão desse campo de estudo. Para futuras investigações, recomenda-se uma abordagem mais inclusiva que englobe uma gama mais ampla de bases de dados e palavras-chave, bem como um foco renovado no incentivo à pesquisa nas regiões menos representadas. Assim, o Brasil poderá maximizar seu potencial em biogás, contribuindo significativamente para os objetivos globais de sustentabilidade energética bem como na redução de emissões de gases do efeito estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, H. J. et al. Overview of hydrogen production technologies from biogas and the applications in fuel cells. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 13, p. 5215–5225, 2013.
2. ANGELIDAKI, I. et al. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 2, p. 452–466, 2018.
3. BEP. **Biogás no Brasil: potencial oferta a curto prazo**. São Paulo. Disponível em: <<http://i17.org/>>.
4. BESSOU, C. et al. **Biofuels, greenhouse gases and climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development**, jan. 2011.
5. BLEY JR., C. **Biogás: A Energia Invisível**. v. 2ª Edição
6. CÁRDENAS-CLEVES, L. M. et al. Perspectivas del ensayo de Potencial Bioquímico de Metano - PBM para el control del proceso de digestión anaerobia de residuos/Perspectives of Biochemical Methane Potential - BMP test for control the anaerobic digestion process of wastes/Perspectivas do teste de Potencial Bioquímico de Metano - PBM para o controle do processo de digestão anaeróbia de resíduos. **Rev. Ion [online]**, v. 29, n. 1, p. 95–108, 2016.
7. CASTRO AMPESE, L. et al. Research progress, trends, and updates on anaerobic digestion technology: A bibliometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 331, p. 130004, 2022.



8. COSTAS, R.; BORDONS, M. The h-index: Advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level. **Journal of Informetrics**, v. 1, n. 3, p. 193–203, 1 jul. 2007.
9. DA COSTA, B. P. et al. USE OF BIBLIOMETRIC ANALYSIS AS A TOOL FOR SURVEYING STUDIES ON METABOLOMICS APPLIED TO THE BIOREMEDIATION OF AREAS IMPACTED BY HYDROCARBONS. **Quimica Nova**, v. 46, n. 2, p. 179–184, 2023.
10. DE LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; DE FARIA, L. I. L. Bibliometria e “avaliação” da atividade científica: um estudo sobre o índice h. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 3, p. 03–17, jul. 2012.
11. DU, H. et al. A bibliographic analysis of recent solar energy literatures: The expansion and evolution of a research field. **Renewable Energy**, v. 66, p. 696–706, 2014.
12. FERREIRA, L. F. et al. Financiamento à pesquisa em energia renovável no Brasil: uma análise a partir do Fundo Setorial de Energia. **Nova Economia**, v. 32, n. 2, p. 505–537, 2022.
13. FREITAS, F. F. et al. The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 146–157, 1 mar. 2019.
14. HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5478–5484, 1 nov. 2009.
15. KOUGIAS, P. G.; ANGELIDAKI, I. Biogas and its opportunities - A review. **Frontiers of Environmental Science and Engineering**, v. 12, n. 3, 1 jun. 2018.
16. MATHIAS, M. C. P. P.; MATHIAS, J. F. C. M. Biogas in Brazil: A Governmental Agenda. **Journal of Energy and Power Engineering**, v. 9, n. 1, 28 jan. 2015.
17. MILANEZ, A. Y. et al. **BIOGÁS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: PANORAMA E PERSPECTIVAS** Biogás | BNDES Setorial. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384>>. Acesso em: 3 abr. 2023.
18. NADALETI, W. C. et al. A pioneering study of biomethane and hydrogen production from the wine industry in Brazil: Pollutant emissions, electricity generation and urban bus fleet supply. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 36, p. 19180–19201, 2021.
19. SILLERO, L. et al. A bibliometric analysis of the hydrogen production from dark fermentation. 2022.
20. SILVA, C. et al. **Manual prático para estudos bibliométricos com o uso do Biblioshiny**. [s.l.: s.n.].
21. SOARES, P. B. et al. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175–185, jan. 2016.
22. URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, R. A Lei de Lotka na bibliometria brasileira. **Ciência da informação**, v. 31, n. 2, p. 14–20, 2002.
23. ZHAO, L. et al. Nanomaterials for treating emerging contaminants in water by adsorption and photocatalysis: Systematic review and bibliometric analysis. **Science of the Total Environment**, v. 627, p. 1253–1263, 2018.