

USO DE MICROALGAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA UTILIZANDO A BASE DE DADOS SCOPUS

DANIELE MARTIN SAMPAIO¹; ALESSANDRA MAGNUS LAZUTA²; CAROLINE MENEZES PINHEIRO³; JULIA KAIANE PRATES DA SILVA⁴; AMANDA PERES LEITE⁵; MAURIZIO SILVEIRA QUADRO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – dmartinsampaio@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – alessandra.lazuta@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – carolsmnz3@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – juliakaiane.prates@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – amanda.peresl@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – mausq@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A utilização de microalgas no tratamento de efluentes é uma abordagem atraente e promissora que tem evoluído ao longo das últimas décadas. A ideia inicialmente proposta nos Estados Unidos por Oswald e Gotaas em 1957 (ABDEL-RAOUF; AL-HOMAIDAN; IBRAHEEM, 2012) trouxe à tona a capacidade única das microalgas de realizar a fotossíntese, convertendo a energia solar em biomassa útil e, ao mesmo tempo, removendo nutrientes como nitrogênio e fósforo (CHAI et al., 2021; EROGLU; MELIS, 2016; MUSA ARDO et al., 2023).

Desde então, inúmeros trabalhos têm sido conduzidos em diversos países para explorar o potencial das microalgas no tratamento de diferentes tipos de efluentes, incluindo esgoto doméstico, dejetos pecuários, resíduos agroindustriais e resíduos industriais (ABDEL-RAOUF; AL-HOMAIDAN; IBRAHEEM, 2012). Nesse contexto, a análise bibliométrica, proposta por De Solla Price (DE SOLLA PRICE, 1965), se torna um instrumento valioso para avaliar tanto quantitativamente quanto qualitativamente as características e tendências das pesquisas científicas relacionadas (MAO et al., 2018; SOOSARAEI et al., 2018). Ela permite uma abordagem multidisciplinar, explorando aspectos como citações, cocitações, coautoria, co-ocorrências e acoplamento bibliográfico, revelando assim a contribuição para os pesquisadores que se dedicam ao tema (CHANG; HUANG; LIN, 2015).

Deste modo, o objetivo deste estudo consistiu em realizar uma avaliação das pesquisas referentes ao tratamento de efluentes domésticos com microalgas até o ano de 2022. Essa avaliação foi conduzida por meio de uma análise bibliométrica a partir da base de dados Scopus, com o intuito de proporcionar *insights* acerca do estado atual das pesquisas nesse domínio científico, identificando os principais autores e instituições influentes e traçando a evolução histórica das pesquisas.

2. METODOLOGIA

A análise bibliométrica foi conduzida pela base de dados Scopus, da Editora Elsevier, devido aos seu padrão de qualidade, ampla cobertura na coleta de informações e facilidade no download de dados (HARZING; ALAKANGAS, 2016).

Os termos-chave e operadores booleanos "microalgae AND urban AND wastewater" (microalgas e águas residuais urbanas) e "microalgae AND domestic AND sewage" (microalgas e esgoto doméstico) foram utilizados como descritores de busca, sendo procurados nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos.

Além disso, os documentos passaram por um processo de seleção por meio da aplicação de critérios de exclusão, a fim de limitar a busca ao tipo de documento (artigos), à linguagem (inglês) e ao período de publicação (até 2022).

A análise dos dados consistiu em duas etapas: (i) na utilização planilhas eletrônicas para análise estatística dos metadados identificados no software *Microsoft Excel* do *Office 365* para obter a trajetória de crescimento anual, no qual dois tipos de modelos de regressão foram avaliados: linear e exponencial, e o desempenho nos periódicos científicos por revista/país; e (ii) na geração de mapas bibliométricos por meio do software *VOSViewer*, escolhido por ser um programa de fácil interpretação e livre, que tem foco na representação gráfica de mapas bibliométricos de grande volume de publicações (VAN ECK; WALTMAN, 2010, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise bibliométrica resultou em um total de 257 artigos, após a combinação dos termos de busca, abordando a utilização de microalgas no tratamento de esgoto doméstico. Na avaliação da evolução literária obteve-se uma equação linear do tipo $y = 0,9604x - 1917,8$ e uma equação exponencial do tipo $y = 5E-106e^{0,1215x}$ (Figura 1). Dado o coeficiente de determinação (R^2) de ambas as equações, o valor da curva de produtividade exponencial ($R^2 = 0,9058$) foi maior que o valor linear ($R^2 = 0,6415$), confirmando que o tema de pesquisa se encontra em fase de crescimento exponencial.

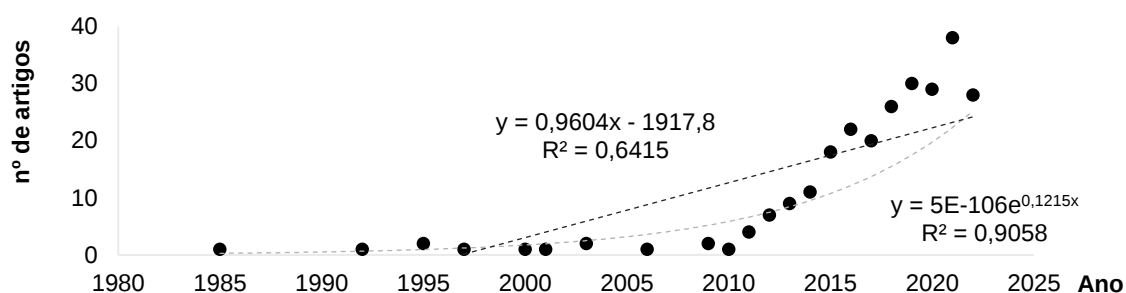


Figura 1 – Tendência de crescimento anual de publicações

Na Figura 2 estão apresentados estudos bibliométricos para identificar a disseminação de informações por revistas/países. Na Figura 2a, pode-se constatar que há concentração de publicações em apenas 5 revistas: *Bioresource Technology*, *Algal Research*, *Science of the Total Environment*, *Journal of Environmental Management* e *Water Science and Technology*, com 70% do total identificado. Na Figura 2b observa-se uma concentração de publicações principalmente em universidades e centros de pesquisas de 4 países: Espanha, Brasil, Índia, China e Itália, com total de 75% dos artigos identificados.

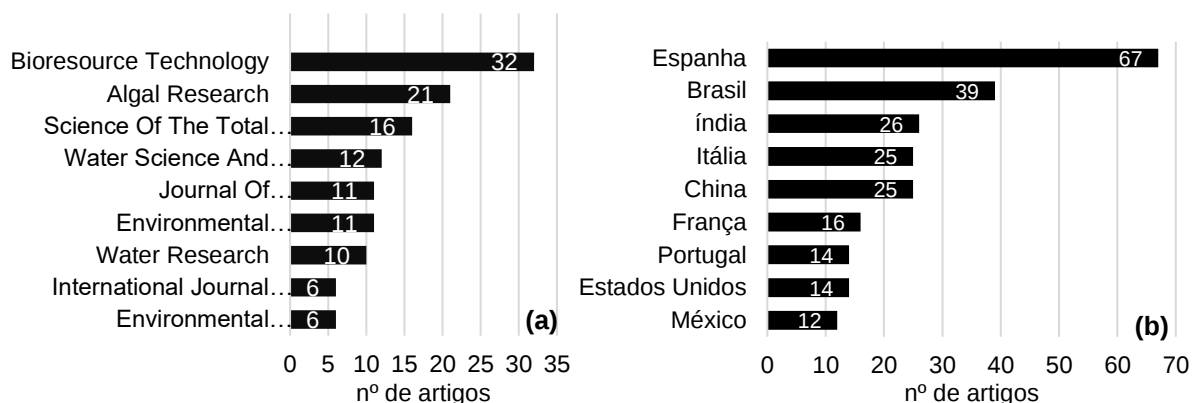


Figura 2 – Estudos bibliométricos de produtividade, medido por número de publicações, (a) por periódico científico e (b) por país.

Para complementar os resultados, no terceiro estudo, Figura 3, visando identificar padrões de colaboração e influências de autores, constata-se que o pesquisador Raul Munoz (Lund University / Suécia) é a maior referência no assunto, sendo citado 219 vezes. Em seguida tem-se os pesquisadores Rupert J. Craggs (University of St Andrews / Escócia), José L. García (Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) / Espanha), Yanqun Li (University of Ottawa / Canadá) e Ivet Ferrer (Universitat Politècnica de Catalunya / Espanha) citados respectivamente 179, 171, 160 e 52 vezes.

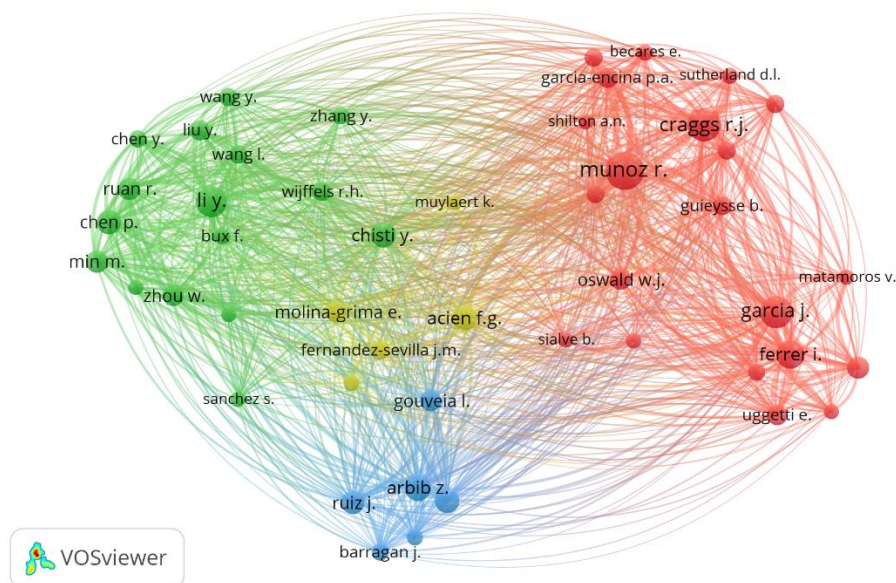


Figura 3 – Mapa de cocitação de autores durante 1981 a 2022

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma visão mais recente no desenvolvimento do campo de pesquisa que expande e enriquece outros estudos anteriores ao exibir um conjunto de dados maior e mais atual ($n = 275$; 1981-2022), focado em documentos com um rigoroso processo de revisão pareada (artigos). As tendências de crescimento foram estudadas por meio da análise de regressão exponencial, indicando um grande avanço do número de pesquisas nos últimos 40 anos, tendo a Espanha e o Brasil como os países com maiores números de publicações. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada e visualização das relações entre os estudos e autores que abordam o tema da utilização de microalgas no tratamento

de esgoto, proporcionando uma visão abrangente das tendências e contribuições nessa área de pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAOUF, N.; AL-HOMAIDAN, A. A.; IBRAHEEM, I. B. M. Microalgae and wastewater treatment. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 257–275, 1 jul. 2012.

CHAI, W. S. et al. Multifaceted roles of microalgae in the application of wastewater biotreatment: A review. **Environmental Pollution**, v. 269, p. 116236, 15 jan. 2021.

CHANG, Y. W.; HUANG, M. H.; LIN, C. W. Evolution of research subjects in library and information science based on keyword, bibliographical coupling, and co-citation analyses. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2071–2087, 1 dez. 2015.

CISNEROS, L. et al. Bibliometric study of family business succession between 1939 and 2017: mapping and analyzing authors' networks. **Scientometrics**, v. 117, n. 2, p. 919–951, 1 nov. 2018.

DE SOLLA PRICE, D. J. Networks of scientific papers. **Science**, v. 149, n. 3683, p. 510, 30 jul. 1965.

EROGLU, E.; MELIS, A. Microalgal hydrogen production research. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n. 30, p. 12772–12798, 10 ago. 2016.

HARZING, A. W.; ALAKANGAS, S. Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. **Scientometrics**, v. 106, n. 2, p. 787–804, 1 fev. 2016.

HERRERA-FRANCO, G. et al. Research Trends in Geotourism: A Bibliometric Analysis Using the Scopus Database. **Geosciences**, v. 10, n. 10, p. 379, 23 set. 2020.

MAO, G. et al. Research on biomass energy and environment from the past to the future: A bibliometric analysis. **Science of The Total Environment**, v. 635, p. 1081–1090, 1 set. 2018.

MUSA ARDO, F. et al. Green hydrogen derived from municipal wastewater via bioconversion by attached microalgae onto various sizes of polyurethane foam cubes. **Fuel**, v. 350, p. 128894, 15 out. 2023.

SOOSARAEI, M. et al. A decade bibliometric analysis of global research on leishmaniasis in Web of Science database. **Annals of Medicine and Surgery**, v. 26, p. 30–37, 1 fev. 2018.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 31 dez. 2010.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Visualizing Bibliometric Networks. **Measuring Scholarly Impact**, p. 285–320, 2014.