Gmail

Luciani Souza <luciani.souza9@gmail.com>

Accept - Journal of Chemical Technology & Biotechnology - Manuscript JCTB-25-0230.R1

JCTB Editorial Office <onbehalfof@manuscriptcentral.com> 3 de julho de 2025 às 06:27
Responder a: jctb@wiley.com
Para: luciani.souza9@gmail.com, everton.skoronski@udesc.br, fabio.neves@udesc.br
Cc: danae.venieri@enveng.tuc.gr, luciani.souza9@gmail.com, everton.skoronski@udesc.br, fabio.neves@udesc.br

03-Jul-2025

JCTB-25-0230.R1

Dear Dr L,

I am very pleased to inform you that your manuscript, entitled "Application of Parachlorella kessleri for treatment of poultry processing wastewater: Effect of temperature on nutrient removal rate and protein production", has been accepted for publication in the Journal of Chemical Technology & Biotechnology. Please do inform your co-authors of this decision.

Your article cannot be published until the publisher has received the appropriate signed license agreement. The corresponding author will receive an email from Wiley's Author Services system which will ask them to log in and will present them with the appropriate license for completion.

Once your paper has been copy-edited and typeset you shall receive the proofs by e-mail. Please check the proof carefully and return any corrections. After any amendments have been made, the final version will be published online in Early View, before being assigned to an issue.

Now that your manuscript has been accepted for publication you have the option to publish your article with open access so that it will be accessible to subscribers and non-subscribers of this journal. Your article can be published open access in return for a payment of an open access publication fee. You can complete the payment of the open access publication fee via the open access Form which you can find at:
https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp

If material from another publisher has been used, you will need to provide a copy of the permissions form. If you have not already uploaded this with your article, please email it to jctbproofs@wiley.com. The relevant form can be found here: https://authorservices.wiley.com/author-resources/book-authors/prepare-your-manuscript/permissions.html

This journal offers a number of license options for published papers; information about this is available here: https://authorservices.wiley.com/author-resources/Journal-Authors/licensing/index.html. The submitting author has confirmed that all co-authors have the necessary rights to grant in the submission, including in light of each co-author's funder policies. If any author's funder has a policy that restricts which kinds of license they can sign, for example if the funder is a member of Coalition S, please make sure the submitting author is aware.

Please do not hesitate to contact me should you have any questions about this process.

Many thanks for your contribution to Journal of Chemical Technology & Biotechnology, we look forward to seeing more of your work in the future.

Best wishes,

JCTB Editorial Office
jctb@wiley.com

P.S. – You can help your research get the attention it deserves! Wiley Editing Services offers professional video abstract and infographic creation to help you promote your research at www.wileyauthors.com/eeo/promotion. And, check out Wiley's free Promotion Guide for best-practice recommendations for promoting your work at www.wileyauthors.com/eeo/guide.

This journal accepts artwork submissions for Cover Images. This is an optional service you can use to help increase article exposure and showcase your research. For more information, including artwork guidelines, pricing, and submission details, please visit the Journal Cover Image page at www.wileyauthors.com/eeo/covers.

Verifique o código de autenticidade **18796303.88984532.8826414.8.879630388984532882641 48** em https://www.even3.com.br/documentos

VIII SIMPÓSIO INTERNACIONAL

Ciência, Saúde e Território

Certificamos que o trabalho intitulado **Diagnóstico da Recuperação de Resíduos Sólidos na Mesorregião Serrana de Santa Catarina** de autoria de **Gustavo Waltrick Candido, Maria Cecília Schmitt Fiedler, Maria Eduarda Zimmermann, Luciani de Liz Souza, Juliana de Oliveira e Viviane Trevisan** foi apresentado na modalidade "Apresentação Oral" no **VIII Simpósio Internacional Ciência, Saúde e Território** realizado nos dias 10/06/2025 a 11/06/2025, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde na Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

Lages, 12 de junho de 2025.

Prof. Dr. Dalvan Antonio de Campos
Coordenador Geral

Profa. Dra. Andreia Biolchi Mayer
Vice Coordenadora

Verifique o código de autenticidade **18796303.88984532.8826496.8.879630388984532882649 68** em https://www.even3.com.br/documentos

VIII SIMPÓSIO INTERNACIONAL

Ciência, Saúde e Território

Certificamos que o trabalho intitulado **Educação Ambiental na Gestão de Resíduos Sólidos: Perspectivas em Municípios da Mesorregião Serrana de Santa Catarina** de autoria de **Maria Cecília Schmitt Fiedler, Maria Eduarda Zimmermann, Gustavo Waltrick Candido, Luciani de Liz Souza, Juliana de Oliveira e Viviane Trevisan** foi apresentado na modalidade "Apresentação Oral" no **VIII Simpósio Internacional Ciência, Saúde e Território** realizado nos dias 10/06/2025 a 11/06/2025, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde na Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

Lages, 12 de junho de 2025.

Prof. Dr. Dalvan Antonio de Campos
Coordenador Geral

Profa. Dra. Andreia Biolchi Mayer
Vice Coordenadora

rLAS® v.5, n.3 Especial (2023)
EIXO III – Ambiente, Sustentabilidades e Implicações na Saúde
ISSN: 2526-219X

Análise bibliométrica das aplicações ambientais das microalgas: uma revisão

Bibliometric analysis of the environmental applications of microalgae: a brief review

Luciani de Liz Souza[1*], Ana Flávia Celso Duarte[2], Thais Agda Rodrigues da Cruz Primo[3], Everton Skoronski[1], Fábio de Farias Neves[2]
[1]Laboratório de Tratamento de Água e Resíduos, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC, Brasil.
[2] Laboratório de Cultivo e Biotecnologia de Algas, Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Laguna-SC, Brasil.
[3] Startup Alga&nzyme – microalgas para soluções ambientais, Lages-SC, Brasil.
*Autora para correspondência: luciani.souza9@gmail.com

RESUMO

Durante as últimas décadas, as microalgas vêm sendo apontadas como organismos robustos que podem ser aplicadas eficientemente em diferentes setores produtivos. Apesar da versatilidade das biomoléculas que são sintetizadas pelas microalgas, seu escalonamento ainda é um fator limitante para efetivar as microalgas como produto industrial competitivo e viável. Devido o interesse sobre as microalgas, há necessidade de identificar quais são as pesquisas que estão sendo desenvolvidas e projetar as áreas mais promissoras com as microalgas. A partir disso, esta pesquisa teve como objetivo realizar levantamento bibliométrico das aplicações ambientais das microalgas em três bases de dados científicas, Web Science, Scopus e ScienceDirect, nos últimos 10 anos utilizando o software VOSviewer. Foram encontrados nas três bases de dados 469 artigos com 290 termos, sendo relacionados e divididos em 18 clusters. Os termos *microalgae* e *biochar* obtiveram as maiores ocorrências e força de link, com 5,73% e 5,29%; 3,36% e 2,83% respectivamente. O *biochar* a partir das microalgas é considerado um produto inovador emergente, mas, que necessita ampliar seus estudos para obtenção a partir da biomassa de microalgas. As análises bibliométricas mostram-se uma ferramenta importante para o desenvolvimento da ciência, ao identificar quais, como e onde estão sendo realizadas as pesquisas científicas. A análises bibliométricas auxiliam a projetar áreas promissoras, identificando outros subprodutos da biomassa de microalgas como a viabilidade para biorrefinaria.

Palavras-chave: Alga. Biorrefinaria. Biotecnologia.

ABSTRACT

During the last decades, microalgae have been pointed out as robust organisms that can be applied efficiently in different productive sectors. Despite the versatility of the biomolecules that are synthesized by microalgae, their scaling is still a limiting factor to make microalgae effective as a competitive and viable industrial product. According to the interest in microalgae, there is a need to identify what research is being developed and to design the most promising areas with microalgae. Therefore, this study aimed to perform bibliometric survey of the environmental applications of microalgae in three scientific databases, Web Science, Scopus and ScienceDirect in the last 10 years using the VOSviewer software. In the three databases, 469 articles with 290 terms were found, being related and divided into 18 clusters. The terms *microalgae* and *biochar* obtained the highest occurrences and link strength, with 5.73% and 5.29%; 3.36% and 2.83% respectively. *Biochar* of the microalgae is considered an emerging innovative product, but it needs to expand its studies to obtain from microalgae biomass. Bibliometric analyses are an important tool for the development of science, by identifying which, how and where scientific research is being carried out. The bibliometric analyses help to project promising areas, identifying other byproducts of biomass microalgae as the viability for the biorefinery.

Keywords: Algae. Biorefinery. Biotechnology.

1 INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos fotossintetizantes com ampla diversidade morfológica, fisiológica e metabólica e, ao longo das décadas, elas tornaram-se referência de inovação para o desenvolvimento sustentável. Elas são consideradas os organismos fotossintetizantes 20 vezes mais produtivas que outras culturas terrestres e, possibilita produzir uma ampla variedade de produtos de sua biomassa (MAYFIELD; BURKART, 2021). A versatilidade das biomoléculas que são sintetizadas pelas microalgas pode ser direcionada a vários setores industriais como alimentos, nutracêuticos, produtos químicos verdes e biocombustíveis (LI-BEISSON; BEISSON; RIEKHOF, 2015).

No entanto, há uma lacuna entre a quantidade de espécies exploradas industrialmente e o potencial biotecnológico delas (VENANCIO *et al*., 2020), logo há

biomoléculas desconhecidas que podem ser prospectadas a partir das microalgas, já que elas são consideradas organismos multifuncionais e essa característica levou ao aumento exponencialmente das pesquisas sobre esses microorganismos (KHAN *et al.*, 2022). Devido a este interesse, é necessário identificar o direcionamento das pesquisas científicas e assim prospectar as áreas mais promissoras que as microalgas estão sendo aplicadas.

Diante destes fatos, esta pesquisa teve como objetivo realizar levantamento bibliométrico em bases de dados científicas das aplicações ambientais das microalgas nos últimos 10 anos utilizando o software VOSviewer.

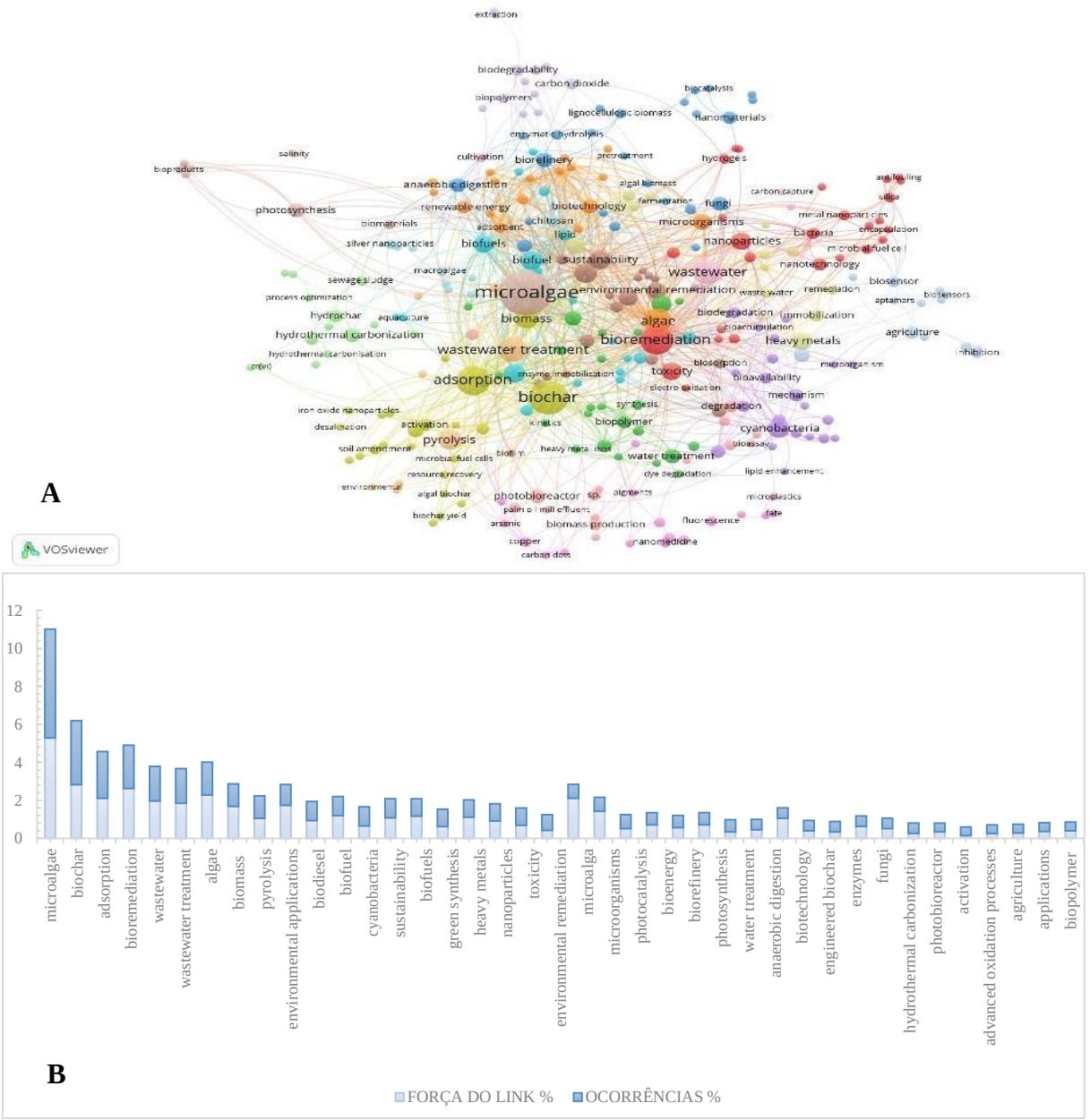
2 METODOLOGIA

Foram selecionadas três bases dados científicas, a Web of Science, a Scopus e a ScienceDirect, utilizando quatro parâmetros de refinamento: *(i) assunto da publicação*: environmental application e microalgae; *(ii) tipo de publicação*: artigos de pesquisa e de revisão bibliográfica; *(iii) período de publicação*: de 2012 a 2022; *(iv) idioma de publicação*: apenas em inglês. Em cada base de dados, foram executados os parâmetros de refinamento e as publicações foram selecionadas e gerado um arquivo em formato RIS. Posteriormente, esses arquivos foram importados para o software EndNote, nele foi executado a ferramenta de eliminação de publicações duplicadas e, ao final foi exportado um arquivo para realizar a análise bibliométrica no software VOSviewer. Neste software foi selecionado um mapa de coautoria, co-ocorrência de palavras-chave, citação, acoplamento bibliográfico ou mapa de co-citação com base dados bibliográficos e, a análise por co-ocorrência foi com no mínimo duas vezes de ocorrência do termo. Para as análises estatísticas foi utilizado o Microsoft Excel.

3 RESULTADOS

Foram encontrados nas três bases de dados 496 artigos, sendo eliminados 27 artigos duplicados, que totalizou 469 artigos, sendo identificados 290 termos citados no mínimo duas vezes, eles foram relacionados e divididos em 18 clusters (Figura 1a e 1b).

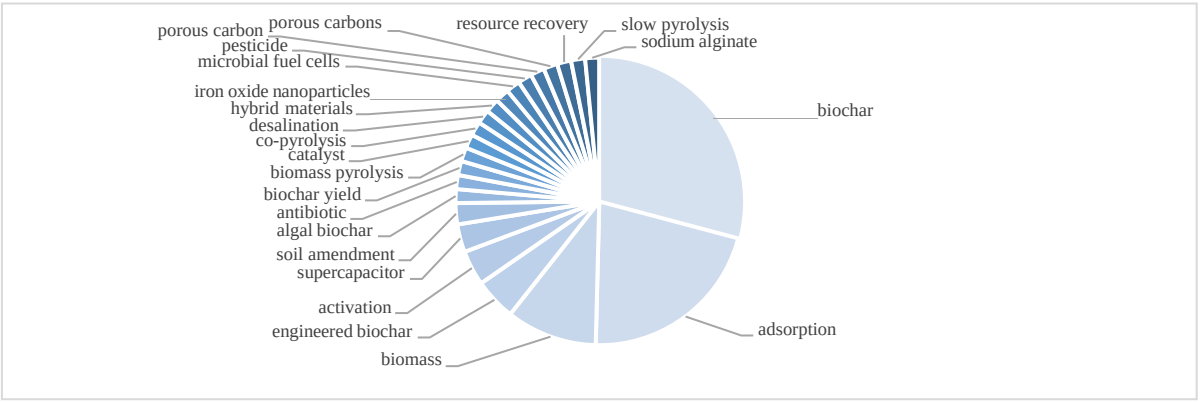
Figura 1- Análise bibliométrica das aplicações ambientais das microalgas. *(a)* Representação dos clusters criados a partir da base de dados. *(b)* Representatividade do número de ocorrências e força do link.



Dos 290 termos identificados, selecionou os 40 primeiros que obtiveram maior representatividade pelo número de ocorrências seguidas da força do link (Figura 1b). O termo *microalgae* obteve maior ocorrência e maior força de link, com 5,73% e 5,29% respectivamente. Seguido do termo *biochar* com a segunda maior representatividade tanto em número de ocorrência como em força de link com 3,36% e 2,83%

respectivamente. O termo *biochar* foi agrupado no cluster 4 com outros 22 termos (Figura 2), neste cluster observa-se a interação entre os termos e a linha de pesquisa que está sendo desenvolvida relacionando com as microalgas.

Figura 2- Representação do cluster do *Biochar* e seus termos relacionados.



4 DISCUSSÃO

4.1 A Bibliometria como ferramenta para analisar as inovações sobre o tema.

A análise bibliométrica é uma técnica de quantificar e analisar um determinado tema nas publicações científicas (FERREIRA; SILVA, 2019), mas além de mensurar as publicações científicas produzidas sobre determinado tema, a análise bibliométrica pode retratar as tendências de pesquisas mais influentes desempenhando um papel crucial no processo de decisão para o avanço da ciência, como os financiamentos de pesquisas científicas (GUO *et al*., 2019; PEREIRA *et al*., 2021). Ou seja, é possível identificar quais as linhas de pesquisas, os autores e as instituições que pesquisam sobre o tema e, principalmente, detectar os gargalos para inovar.

A partir do software VOSviewer é possível formar uma rede a partir das publicações científicas selecionadas, essa característica não apenas indica a variedade de temas de pesquisa, mas também vislumbra um caráter multidisciplinar (GUO *et al*., 2019). Assim, observa-se que alguns termos apresentam uma relação próxima, caracterizando uma linha de pesquisa estruturada, já outros termos apresentam relações distantes, mas ainda há uma relação entre os termos, podendo ser uma área de pesquisa a ser explorada.

4.2 Viabilizar a biorrefinaria de microalgas com efluentes

Ao destacar os 40 primeiros termos observa-se a heterogeneidade destes, desde o *biochar* com a segunda maior representatividade, há *biofuels*, *bioremediation*, *heavy metals*, *enzymes*, *agriculture*, *sustainability* e *biorefinery*. Essas áreas distintas que as microalgas podem ser aplicadas foram intensificadas nos últimos anos, o termo *biorefinery,* que obteve 0,57% e 0,64% de força de link e de ocorrência respectivamente, é uma área em expansão que para concretizar seu conceito com as microalgas, precisa-se "desenvolver pesquisas multidisciplinares" (CHANDRA *et al*., 2019, p.347).

Um exemplo, é o tratamento de efluentes com as microalgas, ao mesmo tempo que elas assimilam os nutrientes dos efluentes, geram subprodutos da biomassa que podem ser aplicados em diferentes setores produtivos. Essa união de tratamento de efluentes e biorrefinaria cumpre algumas diretrizes da economia circular, possibilita (*i*) rastrear e quantificar insumos energéticos; (*ii*) reciclagem e reutilização de materiais; (*iii*) visualizar oportunidades de redução de consumo; (*iv*) combinar processos de forma eficiente e novas e; (*v*) capturar dióxido de carbono (SUTHERLAND *et al*., 2020; GREENE *et al*., 2022).

4.3 Perspectivas do biochar a partir das microalgas

O *biochar* é produzido pela pirólise de materiais ricos em carbono e suas propriedades vão depender da matéria-prima e das condições da pirólise (GONÇALVES, 2021; SANTOS JÚNIOR, 2022). A partir das microalgas é ignorada a potencialidade de utilizá-las como matéria-prima para o *biochar* (BINDA *et al.*, 2020), apesar de que cada espécie de microalga apresenta composições diferentes na sua biomassa e consequentemente o *biochar* apresentará síntese e propriedades diferentes (KHAN *et al*., 2022). Essa variabilidade na composição da biomassa e consequentemente nas propriedades físico-químicas do *biochar* irá determinar os mecanismos e capacidade de adsorção e eficiência do processo (LAW *et al*. 2022). No entanto, requer mais pesquisas e aplicar em condições reais para verificar a potencialidade do *biochar* de microalgas.

5 CONCLUSÃO

As análises bibliométricas com os softwares modernos e apresentando redes entre os termos, autores e instituições científicas mostra-se uma ferramenta relevante para

identificar linhas de pesquisas promissoras, progredir nas pesquisas multidisciplinares e como serão direcionados os financiamentos na ciência.

As microalgas são os organismos que apresentam uma ampla gama de aplicações ambientais, contudo, conforme os resultados encontrados na base de dados são necessários mais estudos sobre a composição, fisiologia e metabolismo das espécies para o uso na biorrefinaria. Diante da pesquisa realizada, o termo *biochar* se mostrou o mais relevante, em relação à ocorrência e força de link.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho gostariam de agradecer a FAPESC (Projeto 2021TR1223) pelo apoio e fonte de recursos. Ao programa UNIEDU/FUMDES Pós-Graduação pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

BINDA, G. *et al*. Comprehensive comparison of microalgae-derived biochar from different feedstocks: A prospective study for future environmental applications. **Algal Research**, v. 52, p. 102103, 2020.

CHANDRA, R. *et al*. Algal biorefinery: a sustainable approach to valorize algal-based biomass towards multiple product recovery. **Bioresource Technology**, v. 278, p.346-359, 2019.

FERREIRA, J. B.; SILVA, L. A. M. O uso da bibliometria e sociometria como diferencial em pesquisas de revisão. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 15, n. 2, p. 448-464, 2019.

GONÇALVES, K. Y. **Análise da influência das variáveis de produção do biochar para adsorção de nutrientes.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

GREENE, C. H. *et al*. Transforming the Future of Marine Aquaculture. **Oceanography**, v. 35, n. 2, p. 26-34, 2022.

GUO, Yi-M. *et al.* Bibliometric analysis on smart cities research. **Sustainability**, v. 11, n. 13, p. 3606, 2019.

KHAN, A. A. *et al*. Recent progress in microalgae-derived biochar for the treatment of textile industry wastewater. **Chemosphere**, p. 135565, 2022.

LAW, X. N. *et al*. Microalgal-based biochar in wastewater remediation: Its synthesis, characterization and applications. **Environmental Research**, v. 204, p. 111966, 2022.

LI-BEISSON, Y.; BEISSON, F.; RIEKHOF, W. Metabolism of acyl-lipids in *Chlamydomonas reinhardtii*. **The Plant Journal**, v. 82, n. 3, p. 504-522, 2015.

MAYFIELD, S.; BURKART, M. The algae revolution 2.0: the potential of algae for the production of food, feed, fuel and bioproducts–why we need it now. **The Biochemist**, v. 43, n. 6, p. 34-38, 2021.

PEREIRA, R. *et al*. Mineração de texto e clusterização em estudos bibliométricos: o mapeamento científico de teses e dissertações de programa de pós-graduação. *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO–CIKI. **Anais** [...] 2021.

SANTOS JÚNIOR, J. M. **Pellets de biochar como condicionador de solo na produção e nutrição de *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás**. 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2022.

SUTHERLAND, D. L. *et al*. Size matters–Microalgae production and nutrient removal in wastewater treatment high-rate algal ponds of three different sizes. **Algal Research**, v. 45, p. 101734, 2020.

VENANCIO, H. C. *et al*. Surface-to-volume ratio influence on the growth of *Scenedesmus obliquus* in a thin-layer cascade system. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 2, p. 821-829, 2020.