

UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DAS PESQUISAS SOBRE A CELULOSE BACTERIANA UTILIZANDO O SCIMAT

PEDRO H. S. E SILVA¹; JULIANA S. R. DE ANDRADE²; ANDRESSA DA S. BARBOZA³; DIRCEU DA SILVA⁴; VINICIUS ROSA⁵; RAFAEL G. LUND⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – pedrohss.ufpel@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Catarina – sribeiroj@gmail.com;

³Universidade Federal de Santa Catarina – d.andressabarboza@gmail.com

⁴Universidade de Campinas – dirceuds@unicamp.br

⁵National University of Singapore – vini@nus.edu.sg

⁶Univerisdade Federal de Pelotas – rafael.lund@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A celulose bacteriana (BC) é um biopolímero produzido por bactérias, proveniente de fonte natural e renovável, que apresenta boas propriedades físico-químicas e boa biocompatibilidade (BLANCO PARTE *et al.*, 2020). É obtida em forma de um filme gelatinoso, com alto grau de pureza e cristalinidade, cerca de 84-89% (CZAJA *et al.*, 2004), composto nano fibras de celulose interligadas que conferem ao material, uma alta área superficial – cerca de 100 vezes maior que a da celulose vegetal (PICHETH *et al.*, 2017).

A BC pode ser reforçada com nanopartículas (de grafeno e seus derivados, de metais e/ou óxidos metálicos, de outros biopolímeros, de minerais) além de poder ser funcionalizada com medicamentos e outros químicos, alterando suas propriedades (LAHIRI *et al.*, 2021), conferindo a BC diversas aplicações como por exemplo, em revestimentos de implantes, *scaffolds*, engenharia de tecido, sistemas de liberação controlada de medicamentos e biossensores (BLANCO PARTE *et al.*, 2020); no tratamento de água e esgoto (LEI *et al.*, 2024; WANG *et al.*, 2024), na produção de capacitores e armazenamento de energia (CAO *et al.*, 2024); e na produção de embalagens (KUSUMA *et al.*, 2024). Logo, para a realização de mais estudos é necessário compreender os rumos que a pesquisa, utilizando a BC, têm tomado, assim como as tendências da comunidade acadêmica científica. Através de uma análise bibliométrica, é possível obter uma visão de vários parâmetros a respeito da produção científica de determinado assunto (COBO *et al.*, 2012).

O programa SciMAT (*Science Mapping Analysis software Tool*) foi desenvolvido por pesquisadores e professores da University of Granada (Granada, Espanha) e permite uma análise bibliométrica relacionando subgrupos – autores, descritores, referências – de períodos pré-estabelecidos e organizados pelo usuário, analisar a relevância de publicações baseando-se no número de citações e a evolução do assunto (COBO *et al.*, 2012). Utilizando-se o SciMAT para a revisão bibliométrica da produção acadêmica envolvendo BC contendo nanopartículas de Gr, GO e/ou rGO, a fim de observar as tendências e áreas em que se as pesquisas são desenvolvidas entre 2012 e 2025.

2. METODOLOGIA

A busca se deu na plataforma Scopus (<http://scopus.com/>) utilizando os seguintes descritores: (((*bacterial-cellulose*) OR (*microbial-cellulose*)) AND (*graphene-oxide*) OR (*reduced-graphene-oxide*) OR (*graphene*)), obtendo 224 artigos. Após a inclusão do banco de dados no programa, foi feito um pré-

processamento dos dados, removendo documentos que não se relacionavam ou que apresentavam apenas em parte o tema proposto. Foram excluídos 17 artigos, restando 207. Adicionalmente, palavras-chave (PC) e seus plurais, PC que representavam a mesma informação, procedimento, metodologia ou análise foram agrupadas, de modo organizar os grupos de PC a serem analisadas.

Figura 1 – Fluxograma da análise bibliométrica

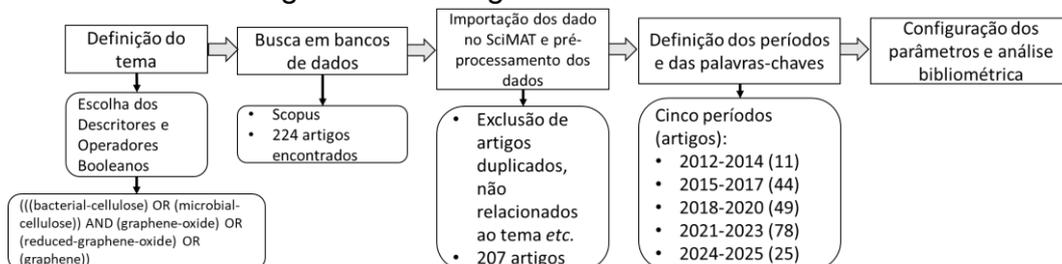


Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo de análise bibliométrica usando o SciMAT
Fonte: O autor, 2024.

Foi analisada a relação entre palavras ligadas aos autores, aos periódicos e às PC em uma matriz do tipo de co-ocorrência, utilizando a normalização por índice de inclusão. Foram medidos os índices g e h , além da soma das citações de cada grupo de interesse. Brevemente, o índice h mede o fator de impacto de um autor(a) através do número mínimo de citações que cada publicação sua tem (HIRSCH, 2005). Já o índice g , se baseia no número mínimo de citações, porém atribui pesos aos artigos, sendo, os mais citados recebendo peso maior (EGGHE, 2006). Ou seja, o índice h , mede de forma mais geral o fator de impacto de um cientista, enquanto o g atribui um maior peso aos trabalhos mais relevantes e citados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise gerou vários mapas e gráficos, porém serão apresentados e discutidos os principais. A Figura 2 representa a evolução da quantidade artigos publicados durante os períodos analisados. O número dentro dos círculos é referente as PC no período, a seta diagonal para cima representa as que não se relacionam com o período seguinte, a diagonal para baixo é referente a novas PC e, por fim, a seta horizontal representa as que apresentam relação com as do período seguinte, o número entre parênteses é o índice de “Estabilidade” que representa o grau de constância das tendências de um período para o outro (COBO *et al.*, 2012).

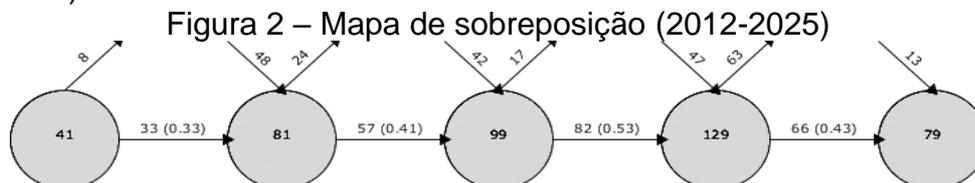


Figura 2. Mapa de sobreposição mostrando a evolução das do tema (2012-2025).
Fonte: o Autor, 2024.

Logo, observando a Figura 2, há um aumento no número de PC na área estudada ao longo dos anos – sendo o último período referente a 2024 e 2025 (artigos aprovados em edições e volumes que serão publicadas no ano de 2025), e os demais períodos contendo três anos de publicações – indicando um crescimento e aumento de interesse na BC. Os índices de Estabilidade baixos, indicam que as pesquisas utilizando BC, Gr, GO e rGO compartilham alguns temas

em comum (a BC), mas sempre apresentando mudanças nas tendências (QIU *et al.*, 2023).

Figura 3 – Mapa evolutivo do tema (2012-2025).

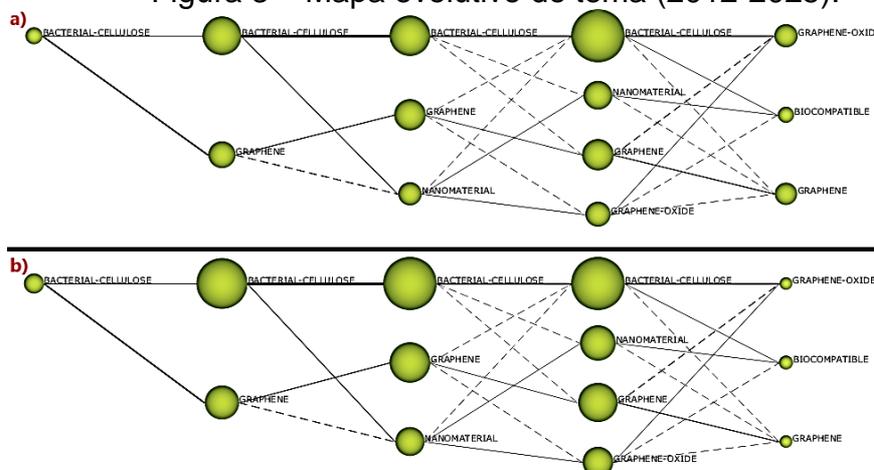


Figura 3 – Mapa evolutivo do (a) número de artigos e do (b) índice g (2012-2025).
Fonte: o Autor, 2024.

Os dois mapas evolutivos apresentados na Figura 3, de artigos por PC (Figura 3a) e do índice g (Figura 3b), referente aos artigos incluídos em cada nóculo (círculo verde) e a evolução do tema durante os 5 períodos pré-estabelecidos. Pode-se ver que no primeiro período (2012-2014), o único nóculo presente é *BACTERIAL-CELLULOSE* (celulose bacteriana) e de menor tamanho, isso se dá principalmente pelo número de artigos do período (apenas 11) e por ser o início das pesquisas de BC contendo as nanopartículas desejadas. Os nóculos são conectados por linhas pontilhadas – relação secundária, indireta e/ou mais fraca – ou por linhas contínuas – associações mais fortes e diretas, sendo a espessura da linha representa a força da relação entre os nóculos (COBO *et al.*, 2012). Passando para o segundo período, pode-se observar o surgimento de *GRAPHENE* (grafeno), nóculos maiores e ambos conectados diretamente com o primeiro nóculo. Isso demonstra um aumento no número de publicações envolvendo BC e uma maior foco/direcionamento das pesquisas utilizando grafeno, mantendo o foco principal na BC. Essa tendência continua nos próximos dois períodos, com a introdução de *NANOMATERIAL* e *GRAPHENE-OXIDE*, respectivamente. No último período, que corresponde a apenas o ano de 2024 e 2025, há nóculos bem pequenos, indicando que os rumos da pesquisa não focam mais na BC ou em sua obtenção, mas provavelmente em sua aplicação, uma vez que aparece o nóculo *BIOCOMPATIBLE* (biocompatível). O mapa do índice g (Figura 3b), mostra que a BC tem grande fator de impacto, sendo o maior nóculo nos três períodos do centro, com linhas contínuas e mais grossas entre elas, indicando uma construção/continuidade nas pesquisas. Importante ressaltar a conexão desses nóculos, mesmo que de modo secundário, com a maioria dos nóculos do período seguinte, mostrando a relevância dos estudos anteriores com BC nas novas tendências, ou seja, indicando uma evolução constante e coerente das pesquisas (COBO *et al.*, 2012).

4. CONCLUSÕES

A análise bibliométrica revelou que a produção científica envolvendo BC, Gr, GO e rGO cresceu ao longo dos últimos anos. Observa-se uma forte relação e relevância das publicações para a produção de novos estudos, através do índice g.

Inicialmente, focada na BC e na obtenção do material, evoluindo para o uso de nanopartículas e focando, mais recentemente, em sua biocompatibilidade. Indicando, possivelmente, um domínio na produção de BC, seus derivados e na produção de compósitos contendo nanopartículas, passando a ter um contexto focado em suas aplicações e propriedades na área biomédica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCO PARTE, F. *et al.* Current progress on the production, modification, and applications of bacterial cellulose. **Critical reviews in biotechnology**, v. 40, n. 3, p. 397-414, 2020.

CAO, M. *et al.* Bacterial cellulose-derived porous carbon aerogel containing FeS as the self-supporting anode for high-efficiency lithium-ion storage. **Journal of Energy Storage**, v. 95, n. 1, 112645, 2024.

COBO, M., J. *et al.* SciMAT: A new science mapping analysis software tool. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 8, p. 1609-1630, 2012.

CZAJA, W. *et al.* Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture. **Cellulose II**, n. 11, v. 3-4, p. 403-411, 2004
EGGHE, L. Theory and practise of the g-index. **Scientometrics**, v. 69, n. 1, p. 131-152, 2006.

HIRSCH, J., E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005.

KUSUMA, A., C. *et al.* Agar-altered foaming bacterial cellulose with carvacrol for active food packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 42, p. 101269, 2024.

LAHIRI, D. *et al.* Bacterial cellulose: Production, characterization, and application as antimicrobial agent. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 23, p. 12984, 2021.

LEI, Y. *et al.* Revolutionary solar evaporation system: Harnessing the power of bacterial cellulose/Ag NPs/polypyrrole with its promoted antibacterial applications. **Applied Surface Science**. v. 644, p. 112645, 2024.

PICHETH, G., F. *et al.* Bacterial cellulose in biomedical applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 97-106, 2017.

QIU, X. *et al.* Past, present, and future of tourism and climate change research: bibliometric analysis based on VOSviewer and SciMAT. **Asia Pacific Journal of Tourism Research**, v. 28, n. 1, p. 36-55, 2023.

WANG, F. *et al.* Bacterial cellulose-based porous Janus aerogels for efficient interfacial solar steam generation. **Desalination**, v. 579, p. 117506, 2024.