



Impregnação de semicondutores em celulose para fotocatalise heterogênea: revisão bibliográfica sistemática (Smart bibliometrics)

Impregnation of semiconductors in cellulose for heterogeneous photocatalysis: systematic bibliographic (Smart bibliometrics)

Barbara Miqueletti de Oliveira¹, Lucimara Lopes da Silva², Rubiane Ganascim Marques³

RESUMO

As indústrias vêm gerando cada vez mais efluentes em seu processo de produção e por isso se faz necessário o desenvolvimento de novas formas de tratamento, como é feito por meio da fotocatalise heterogênea. Entretanto o uso de matrizes sintéticas nesse tratamento não é uma solução ideal e por isso novas tentativas de impregnação dos semicondutores, que atuam como fotocatalisadores, em matrizes naturais, como a celulose se tornam temática de estudos. Partindo disso, foi realizada uma pesquisa na base de dados da Scopus com palavras-chave que representam a temática pretendida: “photocatalysis”, “impregnation” e “cellulose”. Utilizando Smart Bibliometrics, para realizar uma pesquisa bibliométrica, foi possível gerar gráficos e dashboards contendo um comparativo a respeito do aumento das pesquisas relacionadas com essa temática nos últimos anos, sendo as primeiras em 2007 e uma validação da importância da temática por meio do fator de impacto dos jornais, maioria entre 5 e 11, nos quais as publicações foram feitas. Desse modo, foi possível verificar que se trata de uma temática muito promissora e atual no âmbito científico e que o uso de métodos bibliométricos auxilia na visualização de uma grande base de dados, apesar de ser necessária uma leitura para melhor filtrar os resultados.

PALAVRAS-CHAVE: celulose; fotocatalise; smart bibliometrics.

ABSTRACT

Industries have been generating more and more effluents in their production process and therefore it is necessary to develop new forms of treatment, as is done through heterogeneous photocatalysis. However, the use of synthetic matrices in this treatment is not an ideal solution and therefore new attempts to impregnate semiconductors, which act as photocatalysts, in natural matrices, such as cellulose, have become the subject of studies. Based on this, a search was carried out in the Scopus database with keywords that represent the intended theme: “photocatalysis”, “impregnation” and “cellulose”. Using Smart Bibliometrics, to carry out bibliometric research, it was possible to generate graphs and dashboards containing a comparison regarding the increase in research related to this topic in recent years, the first being in 2007 and a validation of the importance of the topic through the factor of impact of the newspapers, most between 5 and 11, in which the publications were made. In this way, it was possible to verify that this is a very promising and current topic in the scientific field and that the use of bibliometric methods helps in visualizing a large database, although reading is necessary to better filter the results.

KEYWORDS: cellulose; photocatalysis; smart bibliometrics.

INTRODUÇÃO

Processos industriais são responsáveis por uma grande geração de efluentes que se não forem devidamente tratados possuem alto potencial de contaminação do meio ambiente. Os efluentes industriais podem apresentar inúmeras composições diferentes, sendo os principais componentes a matéria orgânica e os corantes sintéticos (NIMKAR,

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: barbara_miqueletti@hotmail.com. ID Lattes: 9175941069074723.

²Docente no Departamento de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: lucimarasilva@utfpr.edu.br. ID Lattes: 4525151236562359.

³Docente no Departamento de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Brasil. E-mail: rubianemarques@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7972515324968310.



2018). A principal forma de degradação desses compostos durante o tratamento é empregando a fotocatalise heterogênea, processo que consiste na absorção e transferência da luz ultravioleta (UV) por meio de partículas coloidais de semicondutores, que será responsável por gerar hidroxilas e que irão degradar o contaminante presente no efluente (SILVA, 2016). Dentre os semicondutores destacam-se o dióxido de titânio (TiO_2), óxido de zinco (ZnO) e pentóxido de nióbio (NiO_5), sendo o primeiro deles o mais comum e mais utilizado em processos de tratamento de efluentes (SILVA, 2016).

Além de analisar as características dos semicondutores, é imprescindível a análise dos diferentes tipos de matrizes poliméricas que irão ser impregnadas com as partículas coloidais. Buscando uma forma de evitar matrizes de origem sintética, vêm sendo utilizados biopolímeros de origem vegetal e/ou bacteriana. (LAAVANYA et al., 2021). A celulose se destaca como biopolímero devido a sua alta capacidade de reciclagem e reaproveitamento, além de suas propriedades físicas que garantem resistência mecânica ao biofilme (GREGORY et al., 2021).

Com o intuito de analisar o conhecimento científico que abrange toda essa área de pesquisa, é necessário a utilização de revisões da literatura em bases de dados conhecidos. As revisões literárias sistemáticas consistem na aplicação de estatística e matemática aos resultados de alguns indicadores encontrados, permitindo uma avaliação e comparação da evolução de determinada área de pesquisa (PESSIN et al., 2022).

Conforme a tecnologia foi avançando, novas formas de realizar essas análises foram sendo desenvolvidas. Inicialmente foi desenvolvido a metodologia “Procknow-C” (ENSSLIN et al., 2015) que faz uso de um conjunto específicos de filtros para encontrar os melhores trabalhos, em seguida o “Methodi Ordinatio” (PAGANI et al., 2015) que aplica uma fórmula matemática com base no número de citações, ano de publicação e influência do meio de publicação, além dos filtros iniciais (PESSIN et al., 2022).

Após a obtenção de uma boa base de dados, por meio dos métodos de pesquisa sistemáticos, é necessária a utilização de métodos bibliométricos, que fazem uso de softwares e linguagens de programação para tornar a visualização dos resultados mais dinâmica. Um dos primeiros métodos ficou conhecido como “Bibliometrix” e faz uso da linguagem “R” de programação e o mais recente método faz uso de “Business Intelligence” (BI) para implementação de gráficos dinâmicos e é denominado como “Smart Bibliometric” (PESSIN et al., 2022).

Desse modo, faz se necessária a realização de uma pesquisa bibliométrica para que seja possível compreender a necessidade e a importância do desenvolvimento de novos produtos relacionados ao tratamento de efluentes por meio de fotocatalise, uma vez que se torna possível verificar o recente aumento das pesquisas dentro dessa temática científica.

MATERIAL E MÉTODOS

Partindo do objetivo inicial, síntese de materiais poliméricos compostos por celulose e semicondutores para fotocatalise heterogênea, seleciona-se um conjunto de palavras-chaves que melhor descreve esse objetivo. Essas palavras-chave serão responsáveis por realizar um filtro inicial na pesquisa sistemática. Inicialmente realizou-se uma busca com duas palavras-chave, sendo elas “photocatalysis” e “impregnation” na base de dados Scopus e foi obtido um total de 1589 publicações diferentes com essa temática. Analisando os principais resultados obtidos viu-se a necessidade da inclusão de uma terceira palavra, a “cellulose”, com o intuito de buscar pesquisas que melhor descreveriam o objetivo.



Com isso, utilizou-se as três palavras-chave, “photocatalysis”, “impregnation” e “cellulose” na mesma base de dados e obteve-se 20 publicações. Em seguida, colocou-se a base de dados com todas as informações de cada um dos artigos (título, autores, ano e local de publicação, jornal, entre outros) na plataforma de acesso livre desenvolvida por Pessin (2022): Smart Bibliometrics.

Gerou-se diferentes gráficos que ficam disponíveis em diferentes dashboards por meio de BI. Como o objetivo da pesquisa é verificar a crescente evolução das pesquisas dessa temática, optou-se por selecionar duas dashboards em específico: “Publisher, Journal & Time Series” e “Impact Factor”.

Por fim, utilizou-se as Eq. 1 e 2 para cálculo do Smart Index, responsável por classificar as publicações por meio do número de citações (C_i), fator de impacto (IF), ano de publicação (Y_p), ano atual (C_y), taxa de citações por ano (T_x), maior taxa ($MaxT_x$), maior fator de impacto ($MaxIF$), média da taxa de citações (w_1) e média dos fatores de impacto (w_2). Segundo Pessin (2022), quanto maior o Smart Index, maior a relevância do trabalho.

$$T_x = \frac{\sum C_i}{[(C_y - Y_p) + 1]} \quad (1)$$

$$Smart\ Index = \left[\left(\frac{T_x}{MaxT_x} \right) * w_1 \right] + \left[\left(\frac{IF}{MaxIF} \right) * w_2 \right] \quad (2)$$

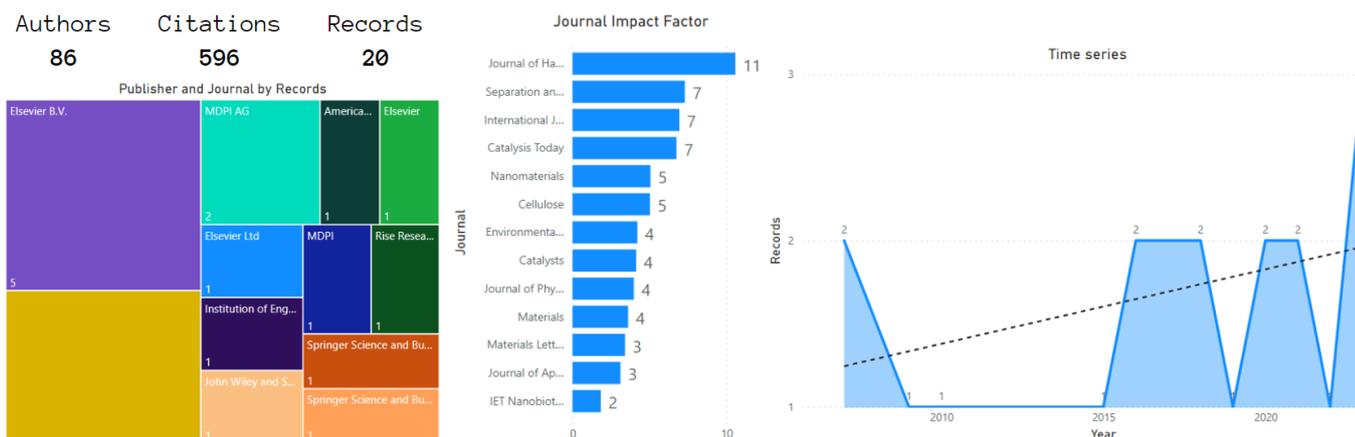
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dashboard gerada na aba “Publisher, Journal & Time Series” é responsável por apresentar os jornais e editoras em que foram feitas as publicações e uma linha do tempo com base nos anos de publicação. Enquanto isso, a dashboard gerada na aba “Impact Factor” apresenta o fato de impacto dos jornais nos quais foram feitas as publicações. Ambas as dashboards foram compiladas e apresentadas na Figura 1 abaixo.

Ao analisar a Figura 1, é possível observar que a Editora que mais tem publicado na área é a Elsevier BV, com 5 publicações das 20 retornadas utilizando as 3 palavras chave simultaneamente. Ao verificar a linha do tempo representada constata-se que realmente houve um aumento recente nas pesquisas que relacionam a temática proposta pelos filtros iniciais, uma vez que as duas primeiras publicações só foram realizadas em 2007 e que atualmente, no ano de 2023, já há 3 publicações. Entre 2009 e 2015 e no ano de 2019 houve apenas 1 publicação anual. Ou seja, ainda não é um tema de trabalho com resultados de publicação muito expressivos. Além disso, é possível verificar, por meio do fator de impacto, que as publicações são feitas em revistas relevantes, uma vez que possuem um fator de impacto entre 2 e 11.

Dentre estes 20 trabalhos, os sistemas com os maiores valores (entre 12 e 14) de Smart Index foram compilados com seus respectivos métodos e sistemas utilizados para a impregnação e apresentados na Tabela 1. Dentre estes 4 trabalhos selecionados, os métodos de impregnação foram diferentes, bem como as fontes de celulose empregadas e as partículas com propriedades fotocatalíticas.

Figura 1 – Dashboard de “Publisher, Journal & Time Series” e “Impact Factor”



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Tabela 1 – Sistemas sugeridos nos trabalhos de maior relevância

Smart Index	Autores	Ano	Sistema	Método
14,13	Uddin, M.J. et al.	2007	Fibra de celulose e TiO ₂	Sol – Gel em baixa temperatura
13,29	Ali, A. et al.	2017	Nanopartícula de prata e celulose de tangerina	Impregnação com agitação
12,75	Niu, M. et al.	2015	Carbono da celulose modificado com BiVO ₄	Impregnação por calcinação
12,34	Fan, G. et al.	2023	Ag ₂ MoO ₄ em esponja vegetal com ácido tereftálico	Impregnação oscilatória

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os métodos destacados nos sistemas apresentados na Tabela 1 são classificados como os de maior relevância por meio do Smart Index.

Realizando uma leitura breve dos 20 artigos retornados pela busca sistemática é perceptível que há artigos com baixo Smart Index que se aproximam mais do escopo inicial, que seria encontrar um método de impregnação de óxido metais em celulose para o desenvolvimento de material fotocatalítico para tratamento de efluentes.

Fazendo-se o uso de um novo filtro que se baseia no sistema estudado pelo autor, verificou-se uma maior frequência do uso de impregnação úmida com pré tratamento, para garantir a solubilidade da celulose.

CONCLUSÃO

Desse modo, foi possível concluir que a sintetização de materiais poliméricos com base de celulose e impregnados com semicondutores para a aplicação no tratamento de efluentes por meio da fotocatalise heterogênea é uma área de pesquisa muito recente, sendo seus primeiros estudos publicados em 2007, e se demonstra ser promissora, já que

a maioria das publicações foram realizadas em jornais com fator de impacto superior a 5, conferindo maior credibilidade à temática.

Além disso, por meio desse trabalho foi observada a importância da implementação de uma pesquisa sistemática e bibliométrica, para melhor análise dos dados disponíveis e obtenção de um melhor conjunto de publicações para os estudos da área temática.

A classificação por meio do Smart Index demonstrou-se pouco eficaz para o estudo proposto, sendo necessária a utilização de uma segunda camada de filtros, por meio dos sistemas propostos pelos autores. Após isso, foi possível verificar que os métodos de impregnação por via úmida e com pré-tratamento da celulose as mais utilizadas dentre os autores.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina, pelo apoio institucional indispensável para a viabilização deste projeto.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ALI, A. et al. Synthesis of Ag-NPs impregnated cellulose composite material: its possible role in wound healing and photocatalysis. **The Institution Of Engineering And Technology: Nanobiotechnology**. Pakistan, p. 477-484. jan. 2017.

ENSSLIN, L. et al. (2015). Research process for selecting a theoretical framework and bibliometric analysis of a theme: Illustration for the management of customer service in a bank. **Modern Economy**, 06(06), 782–796. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/me.2015.66074>. Acesso em: 10 set. 2023.

FAN, G. et al. Visible-light-driven self-floating Ag₂MoO₄/TACN@LF photocatalyst inactivation of *Microcystis aeruginosa*: Performance and mechanisms. **Journal Of Hazardous Materials**. Fujian, p. 1-16. fev. 2023.

GREGORY, D. et al. Bacterial cellulose: a smart biomaterial with diverse applications. **Materials Science And Engineering**. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mser.2021.100623>. Acesso em: 10 set. 2023.

LAAVANYA, D. et al. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. **Journal Of Cleaner Production**. Odisha, p. 1-20. fev. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621006740#!>. Acesso em: 10 set. 2023.

NIMKAR, U. Sustainable chemistry: A solution to the textile industry in a developing world. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 9, p. 13-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.11.002>. Acesso em: 10 set. 2023.



NIU, M. et al. The effects of precursors and loading of carbon on the photocatalytic activity of C–BiVO₄ for the degradation of high concentrations of phenol under visible light irradiation. **Catalysis Today**. Shenzhen, p. 585-594. maio 2015.

PAGANI, R. N. et al. (2015). Methodi Ordinatio: A proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, 105(3), 2109–2135. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>. Acesso em: 10 set. 2023.

PESSIN, V. et al. Smart bibliometrics: an integrated method of science mapping and bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 127, n. 6, p. 3695-3718, 21 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-022-04406-6>.

SILVA, E. **Utilização da fotocatalise solar heterogênea no tratamento de efluentes industriais**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8790/2/arquivototal.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

UDDIN, M. J. et al. Photoactive TiO₂ films on cellulose fibres: synthesis and characterization. **Journal Of Photochemistry And Photobiology A: Chemistry**. Torino, p. 286-294. fev. 2007.