

Inserção de fibras naturais em processos alternativos visando uma produção mais limpa: Uma revisão bibliográfica

Eduarda Bertoletti Duarte

Mestranda em Tecnologias Limpas, Unicesumar, Brasil.
eduardabertoletti@gmail.com

Luciana Cristina Soto Herek Rezende

Professora do Programa de Pós-graduação em
Tecnologias Limpas e pesquisadora do Instituto
Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação
lucianarezende17@gmail.com

RESUMO

A geração excessiva de resíduos e emissão de efluentes com componentes tóxicos vem sendo um dos temas mais preocupantes na atualidade. Apesar da existência de legislações ambientais, ainda há dificuldades nos tratamentos de efluentes e destinos adequados aos resíduos gerados em diferentes processos, evitando a disposição inadequada e precoce, que podem vir a contaminar o ambiente. Com isso, surgem técnicas as quais buscam o reuso de resíduos de diferentes formas, e nesse contexto, as fibras naturais podem ser utilizadas para o tratamento de efluentes pela técnica da adsorção. Nesse cenário, o presente artigo se desenvolveu a partir de um levantamento bibliográfico de caráter exploratório em busca de trabalhos que utilizassem fibras naturais como bioadsorventes nas bases científicas Scopus, Science Direct, Web of Science e Capes. O software VOSviewer® foi utilizado na construção do mapa de Cluster, para analisar a correlação entre as citações dos artigos selecionados. Foi possível observar um crescimento dos estudos sobre o tema ao longo dos anos, com destaque para 2021. Em relação as fibras naturais mais utilizadas, todas foram de origem vegetal, onde a composição majoritária se dá pela celulose. Ao avaliar a contribuição científica por país, observou-se uma maior participação da Malásia, Índia e China, respectivamente. O Brasil, por sua vez, se encontrou na quarta posição. Dessa forma, pode-se avaliar que, mesmo com legislações acerca de resíduos e as metas vigentes na Agenda 2030, alguns países ainda estão consideravelmente atrasados em técnicas alternativas para a inserção de fibras naturais em processos de adsorção.

PALAVRAS-CHAVE: Fibras vegetais. Processos mais limpos. Resíduos.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial alavancou um significativo crescimento urbano acarretando mudanças nos padrões de consumo, no entanto, em detrimento dessas alterações houve uma crescente na proporção e dimensão dos impactos ambientais (GONÇALVES; NOVELLO; PEREIRA JUNIOR, 2022; MARTINS; RIBEIRO, 2021). Entre os impactos ambientais, pode-se citar a geração expressiva de resíduos, inerente a todo processo, decorrente da alta produção (LIMA, 2015).

O Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2021, apresenta uma elevação na geração de resíduos no ano de 2020, com uma média de mais de 1kg por habitante por dia, além disso, por ser um período pandêmico, a produção maior foi a de resíduos domésticos (ABRELPE, 2021). Segundo dados da Associação Brasileiras das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2020, a geração anual passou de 80 milhões de toneladas (ABRELPE, 2021). A Associação realiza relatórios anuais referente aos resíduos sólidos e pode-se comparar a geração anual de 2019 que contemplou 79,1 milhões, aumento significativo em 2 anos (ALBRELPE, 2020).

Outro problema presente no país é a geração de resíduos agroindustriais, pois sabe-se a participação efetiva do Brasil dentro do agronegócio, no entanto as características desses resíduos são diferentes ao longo das safras produzidas (COSTA FILHO et al., 2017).

Porém, a preocupação está não só na geração, mas também na destinação e tratamento correto destes, pois a disposição incorreta pode ocasionar uma contaminação nos ambientes afetados (DEUS, 2015; MAIELLO et al., 2018; LIMA, 2015; SOUSA, 2016). Faz-se necessário um sistema efetivo da gestão dos resíduos, permeando todas as etapas desde a produção até sua disposição ou o reuso, além de tratamentos adequados para diminuir o efeito contaminante no ambiente (MERSONI; REICHERT, 2017).

Essa gestão é instituída dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos, implantada a partir da Lei Federal 12.305 em 2010, a qual estabelece a adequação de todos os processos,

desde a coleta até o tratamento e o destino ambientalmente correto, além do incentivo a redução, reutilização e reciclagem (BRASIL, 2010)

Essa mesma gestão sustentável é abordada em um dos objetivos da Agenda 2030, um documento internacional entre os países da ONU, contemplando um plano de ação com 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável e 169, com temas desde gestão de resíduos e efluentes, qualidade de água, saneamento básico e igualdade (ONU, 2015). O objetivo 12 visa assegurar os padrões de produção e de consumo sustentável e, entre suas metas, pretende reduzir a geração de resíduos com a prevenção, redução, reciclagem e o reuso (ONU, 2015). Dessa forma, aumentam os estudos sobre técnicas e processos alternativos em que a matéria-prima passe a ser o subproduto, valorizando o resíduo e tornando as cadeias mais sustentáveis (BALLA et al., 2019; FICO et al., 2022).

Outra importante preocupação ambiental está ligada diretamente com o aumento de estudos avaliando cargas poluentes e contaminantes em corpos hídricos, principalmente em detrimento do tratamento inadequado de efluentes industriais (OTHMANI, 2022; RAHMAN et al., 2018). O tratamento adequado necessita de técnicas de tratamento eficientes, entre as principais, destaca-se a adsorção, uma técnica avançada e de alta eficiência na remoção de poluentes ambientais (OTHMANI, 2022; YAASHIKAA; KUMAR; KARISHMA, 2022; YEO et al., 2021)

A adsorção é uma técnica que utiliza um sólido para eliminar substâncias em soluções líquidas ou gasosas a partir da atração da superfície do sólido, atualmente os principais adsorventes são materiais sintéticos, com destaque para o carvão ativado e as membranas (OTHMANI, 2022; YEO et al., 2021).

Pela matriz dos adsorventes ser sintética, há um alto custo na sua produção, além de uma alta demanda de energia, dessa forma, novos estudos buscam materiais naturais de baixo custo, como resíduos, que estão disponíveis no ambiente e com uma alta eficiência na adsorção a fim de substituir os materiais sintéticos e tornar o tratamento de efluente com biossorventes ecoeficiente (CANDIDO; PIRES; OLIVEIRA, 2021; RAHMAN et al., 2018).

Dessa forma, é possível verificar a necessidade de tecnologias alternativas para o uso de adsorventes mais sustentáveis, neste cenário, o presente estudo tem como objetivo avaliar, por meio de um levantamento bibliográfico, a inclusão de fibras naturais como adsorventes naturais.

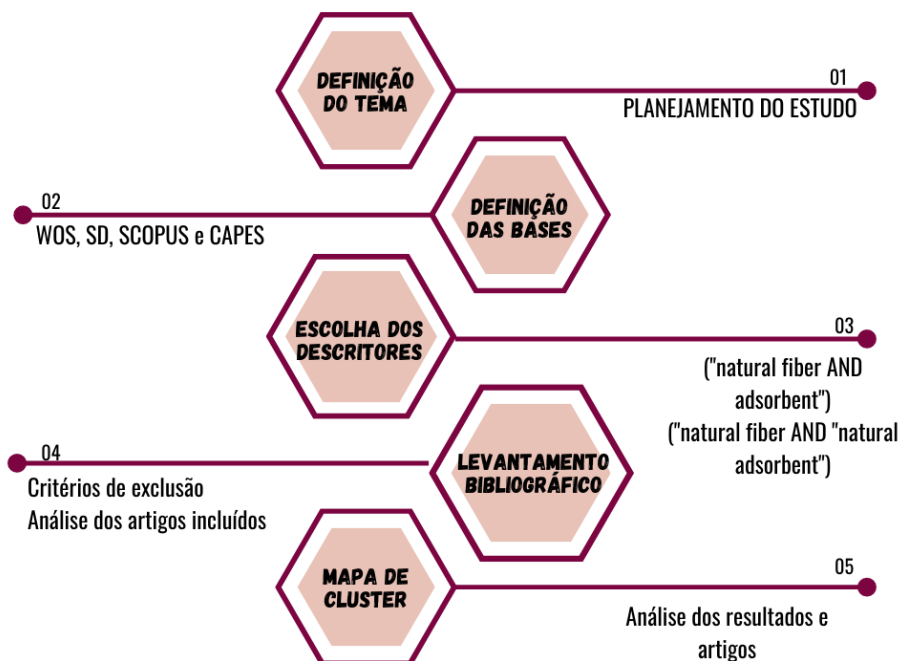
2. OBJETIVO

Avaliar por meio de um levantamento bibliográfico amplo e criterioso, a inclusão de fibras naturais em técnicas alternativas de adsorção no tratamento de efluentes, em busca de processos mais sustentáveis e eficientes e a valorização de resíduos. Como objetivo específico, buscou-se explorar a evolução ao longo dos anos da pesquisa sobre o tema, avaliar as fibras mais utilizadas e analisar a participação dos países dentro dessa área da ciência.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho teve seu início com uma revisão sistemática ampla e criteriosa sobre a viabilidade da inserção de fibras em processos alternativos na busca por uma produção mais limpa, como é demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da metodologia



Fonte: AUTORES, 2022

Os critérios de seleção foram escolhidos para refinar a busca, permitindo a inclusão de artigos que abordaram temas como a adição de fibras naturais dentro da adsorção de efluentes e excluídos aqueles sem aderência ao tema, duplicados e com mais de 10 anos da publicação.

A busca incluiu artigos publicados escritos na língua inglesa e o levantamento foi realizado nas bases científicas Scopus, Science Direct (SD), Web of Science (WOS) e Capes.

Os artigos selecionados foram indexados em tabelas com informações dos estudos no programa Excel® versão 10 onde foram analisados, avaliados e, aqueles que não aderiram o tema, excluídos.

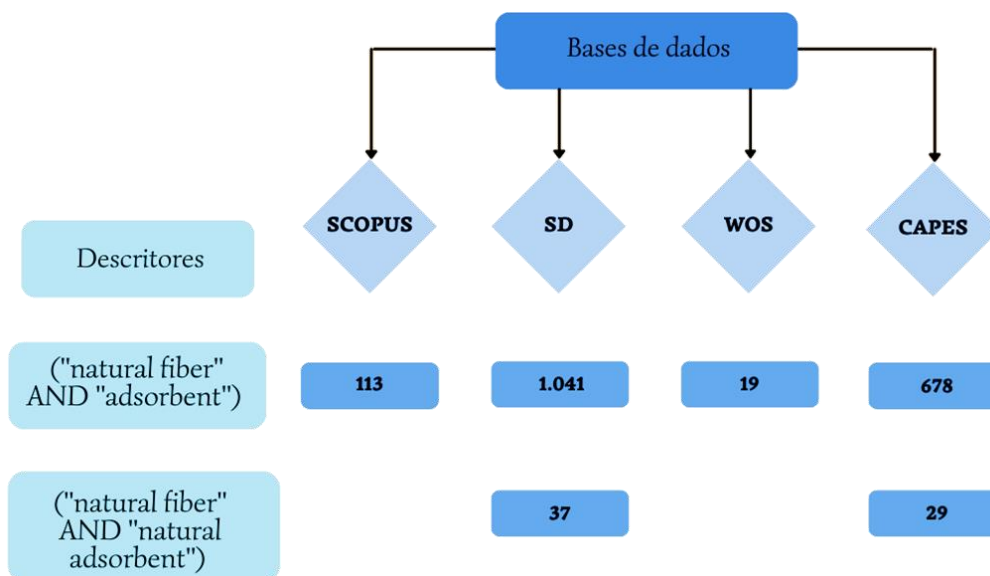
Na última etapa da metodologia, foi gerado o mapa de Cluster a partir dos dados coletados da base científica Web of Science, a fim de verificar a correlação entre as citações presentes nos artigos a partir do software VOSviewer®.

Após a análise criteriosa dos dados obtidos, foi possível construir o estudo sobre a análise da viabilidade das fibras naturais em processos alternativos.

4. RESULTADOS

A partir do levantamento bibliográfico realizado, foi possível analisar a relação dos artigos encontrados com os descritores utilizados, Figura 2. É possível observar o significativo acervo de artigos da base Science Direct, quando comparado às outras bases.

Figura 2: Fluxograma dos descritores



Fonte: Autores, 2022

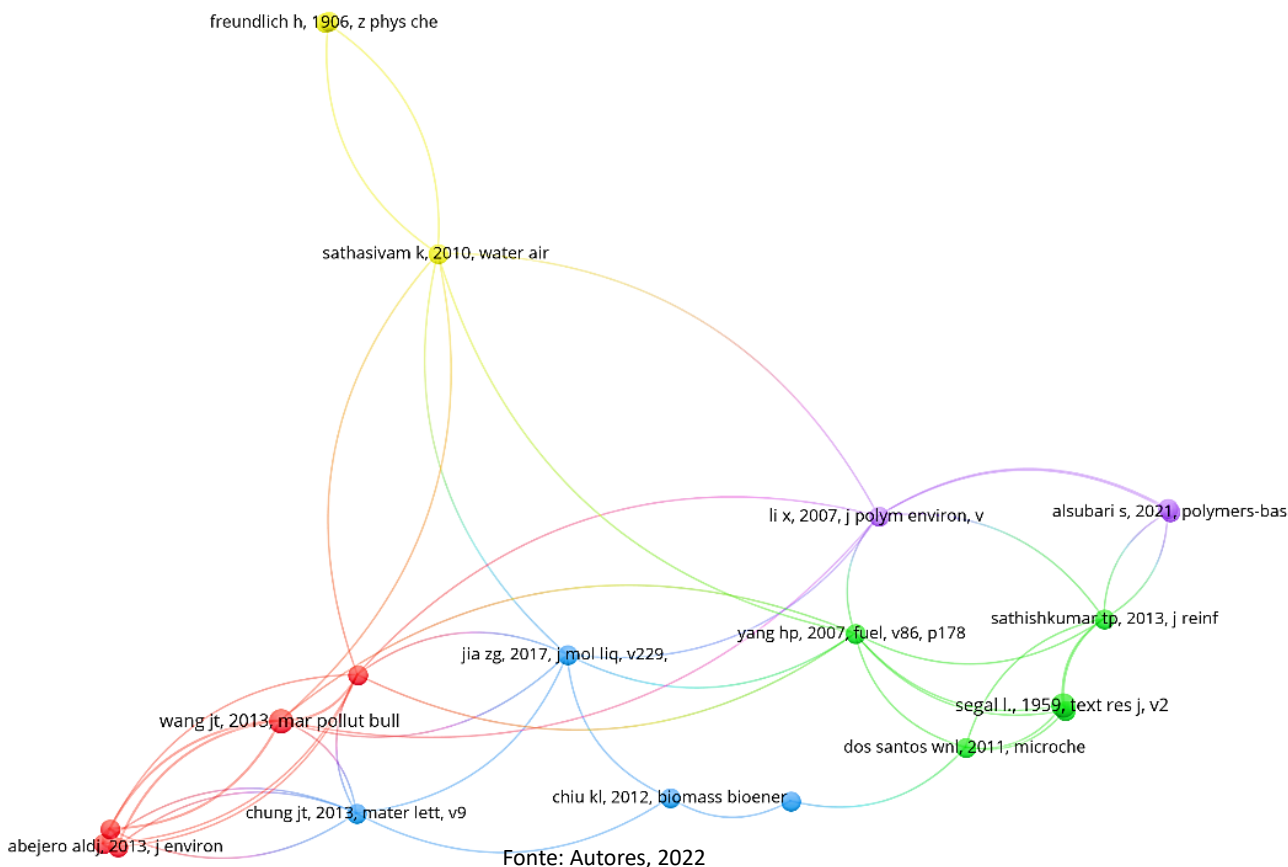
As bases SD e Capes apresentaram um acervo com alto número de resultados, o que dificultaria a realização da leitura dos resumos de todos os trabalhos encontrados. Então, com o descritor ("natural fiber" AND "adsorbent") foi utilizado a forma ("natural fiber" AND "natural adsorbent") para refinar ainda mais a busca. Mas ao utilizar esse descritor nas outras duas bases, não foi aderente, optando-se apenas a utilizá-lo em Capes e Science Direct.

Esses resultados passaram pelos critérios de exclusão, análise de resultados duplicados e verificação de aderência ao tema. Houve exclusão de artigos em que o foco não encaixava com o tema deste trabalho. Ao final, foi possível encontrar um acervo de 70 artigos selecionados.

Outra análise realizada foi a de co-citação de autores, utilizando o software VOSviewer® em relação a base de dados Web of Science. Onde ocorre há verificação das referências bibliográficas entre os trabalhos indexados e, então, há a ligação entre os citados (PINTO, 2022).

A figura 3 mostra a relação de co-citação entre os trabalhos encontrados a partir do descritor ("natural fiber" AND "adsorbent"). Inicialmente, foram encontrados 1110 autores, mas com o filtro do mínimo de duas citações por autor, o resultado contou com 20.

Figura 3: Rede de cocitação de autores por descritor ("natural fiber" AND "adsorbent").



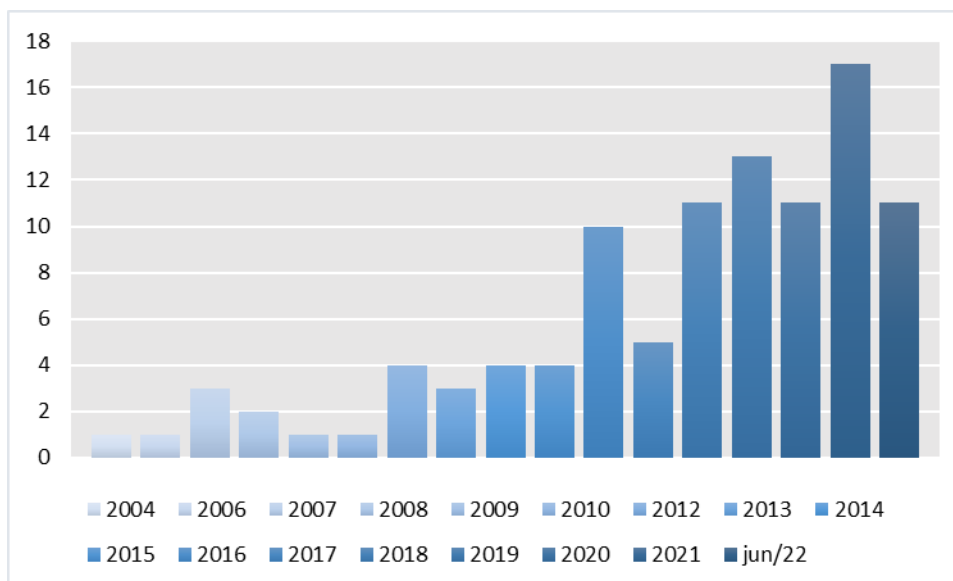
VOSviewer

Nesta representação há a formação de 5 grupos (clusters), cada grupo representado por uma cor diferente. Os clusters vermelho e verde apresentaram 5 itens, azul com 4 itens e amarelo e roxo com 3 itens. É possível observar o grande fluxo interligado entre os autores de diferentes cluster, por ser um tema interdisciplinar. Ao analisar a ligação entre os trabalhos mencionados, destaca-se os autores com maiores ligações, Wang J. T., Sathasivam K., Jia Z. G., Yang H. P. e Chung J. T.

Assim, a análise de co-citações, tornou possível a observação das ligações entre os artigos, pela relação demonstrada nas figuras, além de analisar os autores de maior relevância, como aqueles mencionados com destaque no texto.

Já, em relação a produção científica, de acordo com o levantamento, foi possível observar o crescimento das pesquisas foco no uso de fibras naturais como adsorventes ao longo dos anos (Figura 4).

Figura 4: Evolução da pesquisa sobre adsorção natural ao longo dos anos



Fonte: Autores, 2022

É possível inferir que a preocupação com a poluição ambiental, especialmente a industrial e contaminação dos corpos hídricos é o fomento da pesquisa científica utilizando fibras naturais na adsorção de elementos, que vêm crescendo nos últimos anos e demonstrando a eficiência na sua utilização (NERIS et al., 2019; OTHMANI et al., 2022).

Apesar de não uniforme, se pode observar um crescimento de estudos ao longo do período observado. Até 2020, o gráfico revelou uma oscilação entre as produções científicas, com um pico em 2021, quando comparado aos outros anos. Destaca-se o número de artigos já publicados somente até julho de 2022, valor muito próximo a 2020.

A adsorção é uma das técnicas mais eficientes no tratamento de efluentes, mas apresenta um alto custo em razão do material utilizado, o carvão ativado, que apesar de eficiente possui um alto custo na produção e reativação e seu descarte com contaminantes é um desafio (COSTA, 2020; OTHMANI et al., 2022).

Desse modo, é possível verificar a necessidade de novos adsorventes, como fibras naturais, que possuem uma disponibilidade no ambiente, são de baixo custo e tão eficientes quanto carvão ativado comercial, justificando o crescimento de novos estudos na redução de uma carga poluidora ou contaminante do corpo hídrico (CÂNDIDO; PIRES; OLIVEIRA, 2021; OTHMANI et al., 2022; RAHMAN et al., 2018).

Além disso, destacam-se também o uso de resíduos, principalmente agroindustriais, como material adsorvente, por serem subprodutos de outros processos, há um custo mais baixo, além de altas quantidades disponíveis já que o país tem uma grande participação no setor agroindustrial, não são tóxicos e o seu uso torna o processo de adsorção mais sustentável, ao trazer uma nova finalidade ao resíduo, evitando seu descarte precoce (CÂNDIDO; PIRES; OLIVEIRA, 2021; OTHMANI et al., 2022; RAHMAN et al., 2018; RUSSO et al., 2021).

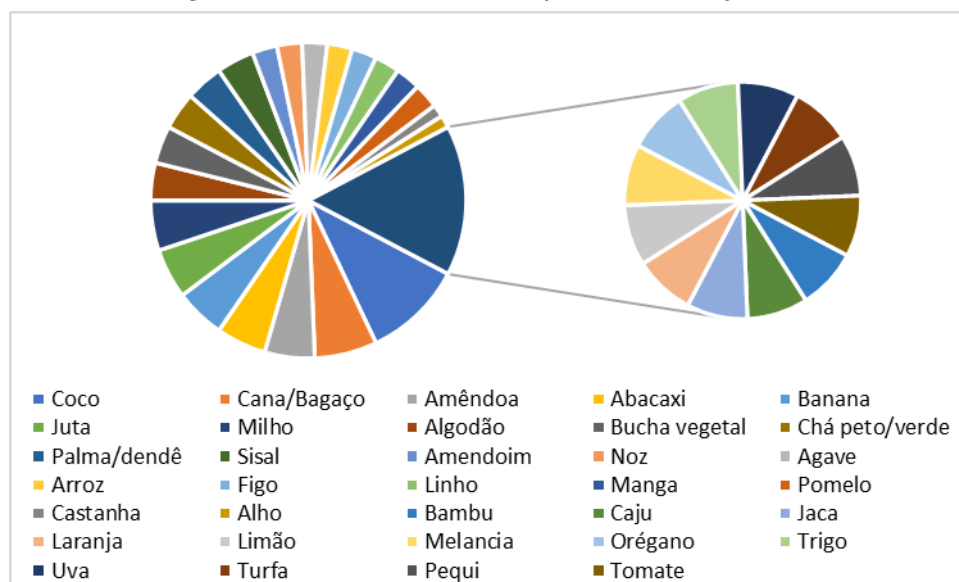
Batool e Valiyaveettil (2021) e Sathasivam et al. (2021) desenvolveram um adsorvente ecologicamente correto, não tóxico para o tratamento de água a partir da fibra de bananeira, sendo um com a remoção de nanopartículas de polímero e o outro trabalho com a remoção de

óleo em ambiente aquoso, respectivamente. Já Silva et al. (2021) desenvolveram um carvão ativado eficiente a partir da coroa do abacaxi como adsorvente do corante azul de metileno. Asim et al. (2021) também utilizaram um subproduto como adsorvente do corante azul de metileno, a fibra do coco.

Outros trabalhos avaliaram remoção de metal em ambiente aquoso por fibras naturais, como o uso da casca de pequi, fibra de algodão e fibra do coco na remoção de íons de cobre (II), fibras de bambu, pseudocaule de banana e bucha vegetal na remoção de Cr(VI), fibras de juta e de coco na remoção de Hg²⁺ e Pb²⁺, fibra de coco na remoção de arsênio, evidenciando a importância da adsorção de metais, com um alto poder de contaminação da água e sua biota (ANIRUDHAN; UNNITHAN, 2007; HASSAN; ZOHDY, 2018; MENEZES et al., 2021; NWOSU-OBIEOGU; OKOLO, 2020; PARAMASIVAM, 2020; QUEK; DURU, 2007; XUE et al., 2021; ZANG, 2016)

Em relação aos tipos de fibras naturais utilizadas nos artigos de adsorção encontrados, o resultado é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Fibras naturais utilizadas no processo de adsorção



Fonte: AUTORES, 2022

A classificação das fibras naturais pode ser feita a partir da sua origem, sendo elas orgânicas animal, orgânicas vegetal e as inorgânicas minerais (BECKMAN et al., 2021). É possível a participação majoritária de fibras orgânicas vegetais, em que a composição destas é, principalmente, pela celulose, um polímero de cadeia longa de moléculas de glicose (FICO et al., 2022).

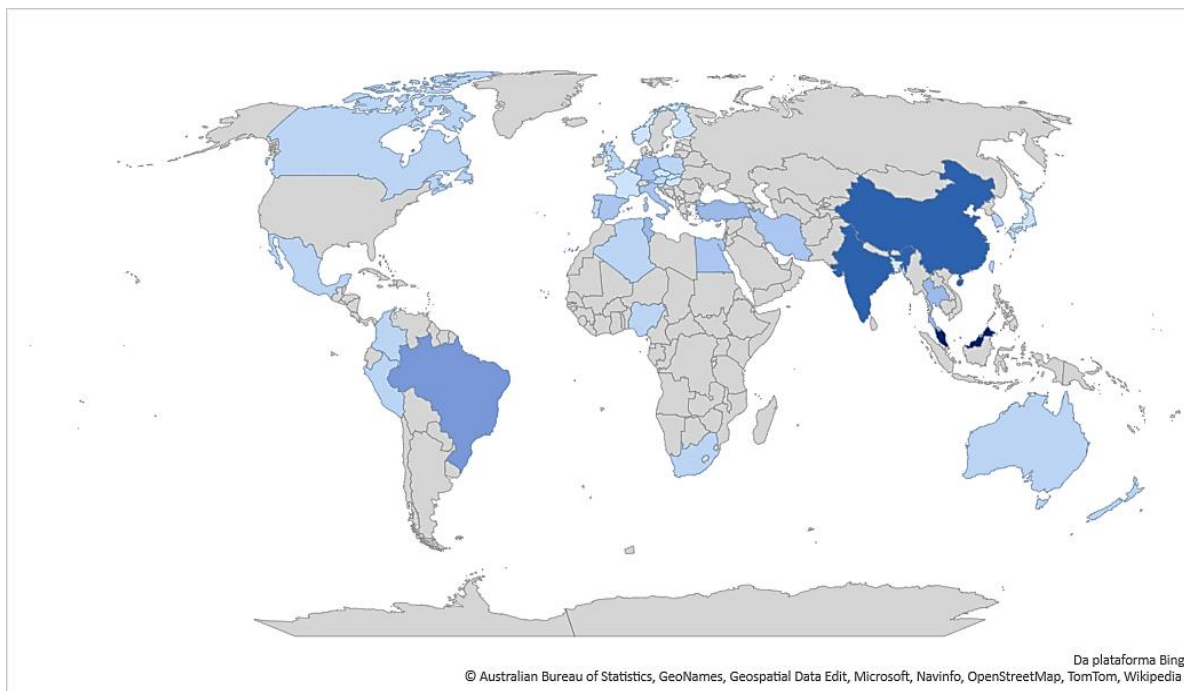
Ao total, foram encontradas 35 fibras diferentes. Essas, classificadas como naturais, de origem vegetal e compostas, conseqüentemente, por celulose (BECKMAN et al., 2021; GANGULY et al., 2022).

As fibras com uma maior frequência entre os estudos foram a fibra do coco, fibra do bagaço-da-cana, amêndoa, abacaxi, fibra de bananeira, juta e milho, representando mais de 40% do total das fibras. Dessa forma, podemos deduzir que as fibras mais estudadas e utilizadas nos artigos de adsorção são as mencionadas acima.

As fibras vegetais podem ter diferentes origens, como semente, caule, folha, casca (BECKMAN et al., 2021; GANGULY et al., 2022). A juta, é uma fibra de caule, o coco é uma fibra da casca, a amêndoa e o milho são fibras provenientes de semente, e o abacaxi e fibra de banana, são da folha (BECKMAN et al., 2021; GANGULY et al., 2022; ILYAS et al., 2021).

Outro ponto avaliado no estudo foi a contribuição dos países na comunidade científica com estudos de processos mais sustentáveis e destinação às fibras naturais para a bioadsorção (Figura 6).

Figura 6: Contribuição de artigos por país



Fonte: AUTORES, 2022

Ao todo, 29 países contribuíram com trabalhos abordando a adsorção a partir de fibras naturais, como demonstrado na Figura 6, em que a coloração azul escurece conforme o maior número de artigos no país.

Malásia, China e Índia foram os países que tiveram um maior número de artigos, respectivamente, como demonstrado na figura pela coloração mais escura. Os três países juntos, somaram quase 50% da contribuição total, demonstrando uma forte potência nessa área de pesquisa.

Nesses últimos anos, a China vem aumentando o apoio a áreas de ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável de áreas rurais, além disso, a Malásia e Índia são países tropicais, o que permite uma variedade de culturas de plantação e conseqüentemente leva a uma geração de fibras naturais, que podem ser utilizadas nos estudos, são algumas das razões para a participação ativa desses países (CONTINI; SEIXAS, 2018; MONTE; LOPES; CONTINI, 2017; SEIXAS; CONTINI; SOARES, 2018).

O Brasil entrou como o quarto país com maior contribuição, mas com uma diferença significativa entre os três primeiros, essa questão pode ser justificada pela busca ter sido feita na língua inglesa. No entanto, apesar da língua nacional ser o português, a ciência é amplamente

difundida através do inglês, demonstrando essa lacuna da pesquisa brasileira nessa área entre as bases buscadas.

É possível observar que mesmo com a Agenda 2030, um acordo mundial, muitos países ainda obtiveram uma contribuição muito baixa, se distanciando das metas de reuso de resíduos. Em relação ao Brasil, apesar da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o país apresentou uma contribuição relativamente mais baixa quando comparado aos países com maior frequência.

O uso de fibras naturais dentro do processo de adsorção se mostrou uma técnica de baixo custo e ambientalmente mais adequada, quando comparado ao uso de materiais sintéticos. Além disso, ao incluir fibras naturais no processo, a técnica segue as metas colocadas na Agenda 2030.

5. CONCLUSÃO

A geração expressiva de resíduos é um importante impacto ambiental advindo do consumo e, conseqüentemente, produção exagerada presente nos tempos atuais. A preocupação com essa problemática é evidente ao analisar legislações ambientais e acordos internacionais que buscam uma redução e gestão mais sustentável.

Neste cenário, é possível observar um crescimento de estudos ao longo dos anos observados no estudo, principalmente em relação aos resíduos agroindustriais. Ao verificar crescimento de estudos sobre a bioadsorção, tem-se um crescimento não uniforme, porém em escala evolutiva se observou um aumento nos trabalhos com este tema, com destaque para 2021.

Em relação às fibras naturais utilizadas, foram utilizadas fibras vegetais, sendo as mais mencionadas as fibras do coco, do bagaço-da-cana, amêndoa, abacaxi, fibra de bananeira, juta e milho, podendo inferir que, neste estudo, essas são as fibras mais utilizadas e demonstram alto potencial de uso em adsorção.

Já ao observar a relação dos países, Malásia, China e Índia se apresentaram como os países com maior contribuição de estudos na área. O Brasil apresentou uma menor produção científica, quando comparado aos três países, mas ocupou o quarto lugar.

É possível identificar que, apesar de acordos internacionais e legislações ambientais, muitos países ainda se encontram com pesquisas escassas nesse segmento. Dessa forma, ainda são necessários novos estudos, com o reuso de fibras vegetais e resíduos para o tratamento de efluentes a partir da adsorção, em busca de processos ambientalmente corretos e economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIRUDHAN, T. S.; UNNITHAN, Maya R. Arsenic (V) removal from aqueous solutions using an anion exchanger derived from coconut coir pith and its recovery. **Chemosphere**, v. 66, n. 1, p. 60-66, 2007.

ASIM, Nilofar et al. Developing of chemically treated waste biomass adsorbent for dye removal. **Journal of Natural Fibers**, v. 18, n. 7, p. 968-977, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020

BATTOOL, A.; VALIYAVEETIL, S. Surface functionalized cellulose fibers—A renewable adsorbent for removal of plastic nanoparticles from water. **Journal of Hazardous Materials**, v. 413, p. 125301, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, ago 2012. 103 p.

CANDIDO, I. C. M.; PIRES, I. C. B.; OLIVEIRA, H. P. Natural and Synthetic Fiber-Based Adsorbents for Water Remediation. **CLEAN—Soil, Air, Water**, v. 49, n. 6, p. 2000189, 2021.

CONTINI, E.; SEIXAS, M. **Agronegócio na Malásia**. EMBRAPA. Diálogos Estratégicos. 2018

COSTA FILHO, D. V. et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias—COINTER—PDVAgro**. 2017.

COSTA, F. M. A. S. **Utilização de resíduos de grãos de cervejaria na absorção do corante reativo azul 5G em soluções aquosas: sistemas batelada e leito fixo**. 2020. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 685-698, 2015.

GONÇALVES, I. P.; NOVELLO, T. P.; JUNIOR, E. F. Z. P. Educação ambiental no âmbito da gestão de resíduos: Estudo em uma escola. **Expressa Extensão**, v. 27, n. 1, p. 148-160, 2022.

HASSAN, M. S.; ZOHDY, M. H. Adsorption kinetics of toxic heavy metal ions from aqueous solutions onto grafted jute fibers with acrylic acid by gamma irradiation. **Journal of Natural Fibers**, v. 15, n. 4, p. 506-516, 2018.

LIMA, N, A. **Análise do monitoramento da contaminação ambiental do solo do aterro de resíduos sólidos urbanos encerrado de Seropédica**. Dissertação (Mestrado) –Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. RJ, 2015.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 24-51, 2018.

MARTINS, J. D. A. D.; RIBEIRO, M. F. S. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais e na saúde pública. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 12, n. 1, p. 123-152, 2021.

MENEZES, J. M. C.; SILVA BENTO, A. M.; PAULA FILHO, F. J.; COSTA, J. G. M.; COUTINHO, H. D. M.; TEIXEIRA, R. N. P. Kinetic and thermodynamic study of copper (II) IONS biosorption by Caryocar Coriaceum Wittm bark. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 19, p. 100364, 2021.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 863-875, 2017.

MONTE, D. C.; LOPES, D. B.; CONTINI, E. China: Nova potência também no agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 107-123, 2017.

NERIS, J. B. et al. Evaluation of adsorption processes of metal ions in multi-element aqueous systems by lignocellulosic adsorbents applying different isotherms: A critical review. **Chemical Engineering Journal**, v. 357, p. 404-420, 2019.

NWOSU-OBIEOGU, K.; OKOLO, B. I. Biosorption of chromium (VI) from textile wastewater using luffa cylindrica activated carbon. **Environmental Quality Management**, v. 29, n. 4, p. 23-31, 2020.

Organização das Nações Unidas. ONU. **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf.

OTHMANI, A. et al. Agricultural waste materials for adsorptive removal of phenols, chromium (VI) and cadmium (II) from wastewater: A review. **Environmental Research**, v. 204, p. 111916, 2022.

PARAMASIVAM, S. K.; RAJA PANNEERSELVAM, D.; PANNEERSELVAM, D.; SHIVA, K. N.; SUBBARAYA, U. Influence of operating environments on adsorptive removal of lead (Pb (II)) using banana pseudostem fiber: isotherms and kinetic study. **Journal of Natural Fibers**, p. 1-11, 2020.

QUEK, S. Y.; AL-DURI, Bushra. Application of film-pore diffusion model for the adsorption of metal ions on coir in a fixed-bed column. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 46, n. 5, p. 477-485, 2007.

RAHMAN, N. S. A. et al. Utilization of natural cellulose fibers in wastewater treatment. **Cellulose**, v. 25, n. 9, p. 4887-4903, 2018.

RIBEIRO, A. R. Práticas educativas ambientais em Alto do Rodrigues (RN): uma análise do programa de educação ambiental da Petrobras. **Série justiça e desenvolvimento/IFP-FCC**, v. 5513, p. 27, 2021.

RUSSO, T. et al. Sustainable removal of contaminants by biopolymers: a novel approach for wastewater treatment. Current state and future perspectives. **Processes**, v. 9, n. 4, p. 719, 2021.

SATHASIVAM, K. V. et al. Chemical modification of banana trunk fibers for the production of green composites. **Polymers**, v. 13, n. 12, p. 1943, 2021.

SEIXAS, M.; CONTINI, E.; SOARES, C. B. Índia: o despertar de um gigante do agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 95-113, 2019.

SILVA, A. I.; PARANHA, G.; MAIA, L. S.; MULINARI, D. R. Development of Activated Carbon from Pineapple Crown Wastes and Its Potential Use for Removal of Methylene Blue. **Journal of Natural Fibers**, p. 1-16, 2021.

SOUSA, C. A. F.; CAMPOS, J. C. B.; DE OLIVEIRA, B. M. Panorama do gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Nordeste após a implementação do PNRS. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 9, n. 15, 2016.

XUE, X.; YUAN, W.; ZHENG, Z.; ZHANG, J.; AO, C.; ZHAO, J.; LU, C. Iron-Loaded Carbon Aerogels Derived from Bamboo Cellulose Fibers as Efficient Adsorbents for Cr (VI) Removal. **Polymers**, v. 13, n. 24, p. 4338, 2021.

YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; KARISHMA, S. Review on biopolymers and composites–Evolving material as adsorbents in removal of environmental pollutants. **Environmental Research**, v. 212, p. 113114, 2022.

YEO, K. F. H.; LI, C.; ZHANG, H.; CHEN, J.; WANG, W.; DONG, Y. Arsenic Removal from Contaminated Water Using Natural Adsorbents: A Review. **Coatings**, v. 11, n. 11, p. 1407, 2021.

ZANG, C.; REN, Y.; WANG, F.; LIN, H.; CHEN, Y. Adsorption of Cu (II) from aqueous solutions by ammoniated cotton fiber. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, v. 11, n. 4, 2016.