

## POTENCIAL DE APLICAÇÃO DA CASCA DE AMENDOIM NO TRATAMENTO DE ÁGUA: REVISÃO SISTEMÁTICA

### POTENTIAL APPLICATION OF PEANUT SHELLS IN WATER TREATMENT: SYSTEMATIC REVIEW

---

Mikael Barreto de Jesus, Denise Conceição de Gois Santos Michelin

*Universidade Federal de Sergipe (UFS)*

*mikaelbarreto-58@hotmail.com, denise\_gois@yahoo.com.br*

*Submissão: 08 de maio de 2025*

*Aceitação: 13 de novembro de 2025*

---

#### Resumo

Diante da necessidade de medidas cada vez mais sustentáveis, o tratamento de água por meio da reutilização de cascas de amendoim foi investigado. Esta revisão sistemática compreendeu as publicações enquadradas nas *strings* “water treatment” e “peanut shells”, sem restrição de tempo, utilizando como fonte três principais bases, *Scopus*, *Web of Science* e *ScienceDirect*, sendo 76 o quantitativo final de estudos selecionados. A varredura por artigos indicou crescimento expressivo a partir de 2019, com destaque de publicações para China e Índia, por serem produtores da leguminosa. Quanto ao tipo de água de estudo, as matrizes águas residuais e sintética prevaleceram nas pesquisas, principalmente por ter composição mais abrangente. Para identificar a eficiência do uso da casca de amendoim pirolisado a 500 °C nas águas de estudo, constatou-se como técnica de tratamento mais recorrente a adsorção, pautando-se em fatores como simplicidade, custo e eficiência. Em relação à caracterização, os materiais foram explorados, na maioria dos casos, por meio das metodologias MEV, FTIR, DRX e BET. Sobre os parâmetros mais testados, os metais potencialmente tóxicos apresentaram maior amostragem, principalmente cromo e chumbo. Outrossim, os indicadores corantes também apareceram consideravelmente nos ensaios averiguados. Portanto, as cascas de amendoim se caracterizaram como resíduo com potencial e eficiente aplicação para o tratamento de água, visto que é oportuno pelas óticas do custo, sustentabilidade e promoção da qualidade do recurso.

**Palavras-chave:** qualidade de água; *Arachis hypogaea*; tratamento alternativo; biomaterial.

#### Abstract

Given the need for increasingly sustainable measures, water treatment through the reuse of peanut shells was investigated. This systematic review comprised publications classified under the strings “water treatment” and “peanut shells,” without time restrictions, using three main databases as sources: *Scopus*, *Web of Science*, and *ScienceDirect*, with a final total of 76 studies selected. The scan of articles indicated significant growth from 2019 onwards, with publications from China and India standing out, as they are producers of the legume. Regarding the type of water studied, wastewater and synthetic matrices prevailed in the research, mainly because they have a more comprehensive composition. To identify the efficiency of using peanut shells pyrolyzed at 500 °C in the study waters, adsorption was found to be the most common treatment technique, based on factors such as simplicity, cost, and efficiency. Regarding characterization, the materials were explored, in most cases, using SEM, FTIR, XRD, and BET methodologies. Among the most tested parameters, potentially toxic metals were sampled more frequently, mainly chromium and lead. Furthermore, dye indicators also appeared considerably in the tests investigated. Therefore, peanut shells were characterized as waste with potential and efficient application for water treatment, as it is appropriate from the perspectives of cost, sustainability, and promotion of resource quality.

**Keywords:** water quality; *Arachis hypogaea*; alternative treatment; biomaterial.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencialmente necessária à saúde humana. Nessa perspectiva, diante da estimada importância, caracteriza-se como emergencial a acessibilidade universal da água, advinda dos recursos hídricos, visto que, teoricamente figurada como direito ao cidadão, ainda é vastamente problematizada no mundo, o que ocorre também no cenário do Brasil.

Como meta para universalização de acesso a água, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, e o ODS 6 – Água potável e saneamento e 12 – Consumo e produção sustentáveis, promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), agem como apelo global visando o cumprimento da Agenda 2030, cujo propósito é alcançar e resolver os principais desafios da sociedade, como a plena garantia de acesso à saúde de qualidade e bem-estar para todos, interconectada à potabilidade, saneamento ambiental, consumo e produção sustentáveis (ONU, 2024).

Decerto, para o alcance da universalização, há a possibilidade funcional do tratamento alternativo acessível, confeccionado aos moldes de cada localidade, convergindo eficiência e adaptação econômico-sustentável. Neste viés, destaca-se, nos últimos anos, o reaproveitamento de produtos naturais para tratar água, seja como coagulantes/floculantes ou como biocarvão (Lima; Rollemberg, 2020).

A reutilização de biomassa, concentrada na adoção da reciclagem sustentável, reforça e valida o princípio fundamental e urgente da economia circular (Herrero; Ibáñez, 2018). O aproveitamento de materiais descartados e a subsequente aplicação em sistemas de tratamento de água vêm sendo progressivamente estudados: casca de arroz (Hubadillah *et al.*, 2018), quiabo (Santos; Rosa; Michelan, 2022), moringa oleífera (Santos; Cruz; Gontijo, 2019), casca de banana (Franqueto, 2020), casca de laranja (Silveira *et al.*, 2021) e outros.

Além dos materiais supramencionados, a casca de amendoim também é apontada como biomaterial para aplicação no tratamento de água, seja para remoção de parâmetros convencionais, como turbidez e cor (Tomé *et al.*, 2023), seja de metais potencialmente tóxicos (Ye *et al.*, 2024).

Produzido mundialmente, o principal produtor de amendoim é a China, com produção anual de cerca de 18,4 milhões de toneladas, seguido pela Índia em produção, com aproximadamente 10,2

milhões de toneladas por ano. O Brasil se classifica como o 11º país do *ranking* produtivo com cerca de 794 mil toneladas (Atlas Big, 2023).

Normalmente, faz-se uso do grão do amendoim e se descarta a casca que o protegia. A produção da casca residual, subproduto da fase de processamento, representa por volta de 20% do peso integral da colheita (Fermanelli *et al.*, 2019). Apesar de ser um resíduo, as cascas de amendoim apresentam vantagens: diversas fontes (fibras, carboidratos), significativo volume produtivo, baixo custo e ambientalmente amigável, isto é, constitui-se como material orgânico de proposta sustentável por causar menores danos ao meio ambiente (Li *et al.*, 2018). De modo geral, a casca de amendoim tem sido vastamente adotada como biomassa para o processo de pirólise e posterior formação de biocarvão para aplicação no tratamento de água (Silva, 2021).

O biocarvão obtido da casca residual de amendoim tem atraído muito interesse devido à sua excelsa capacidade de adsorção. Diversos estudos apontam a utilização de cascas de amendoim como material adsorvente para a remoção de corantes, metais potencialmente tóxicos e outros poluentes (Li *et al.*, 2018; Sattar *et al.*, 2019).

Portanto, com base na relevância supracitada da casca de amendoim, o estudo teve como objetivo mapear temporalmente, por meio da distribuição territorial, origem das águas de estudo, técnicas e eficiência de remoção dos contaminantes, bem como parâmetros e indicadores estudados, a aplicação do resíduo casca de amendoim no tratamento de água.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta revisão teve como procedimento metodológico a busca por artigos publicados nas bases de dados internacionais *Scopus*, *Web of Science* e *ScienceDirect*, com acesso aberto ao texto integral no momento de exploração e nos idiomas espanhol, inglês e português.

A pesquisa bibliométrica se apresenta como estudo descritivo e exploratório com abordagem do tipo quantitativa. Desse modo, a metodologia escolhida segue os passos descritivos, garantindo rigor e transparência na coleta, além de análise e interpretação dos dados (Gil, 2022).

As etapas de desenvolvimento da pesquisa foram: elaboração de protocolo de pesquisa, levantamento e identificação dos artigos nas bases determinadas, seleção dos periódicos conforme os critérios de inclusão e exclusão, e, por último, a

coleta dos dados dos trabalhos enquadrados.

Para obter a resposta quanto ao mapeamento da aplicação das cascas de amendoim, o protocolo de pesquisa se baseou nas indagações e definições para busca, seleção e extração dos artigos, norteado pelas questões de pesquisa:

1) Qual a progressão temporal da produção científica?

Apesar de se saber que a casca de amendoim atua como resíduo, por não fazer parte da alimentação humana, há quanto tempo este resíduo vem sendo estudado no tratamento de água?

2) Qual a distribuição territorial dos trabalhos publicados?

Nem todos os países são produtores de amendoim. Com base nessa afirmação, aqueles países produtores são os mesmos que exploram pesquisas e estudos baseados no resíduo para tratamento de água?

3) Quais os locais de origem das águas (subterrânea, superficial, residual) estudadas?

Buscou-se quais tipos de água foram citadas na literatura para tratamento de água com casca de amendoim.

4) Quais as técnicas utilizadas para o tratamento e respectivas eficiências?

Dentre as diversas técnicas de tratamento

existentes na literatura, quais as que já utilizaram casca de amendoim? Quais as eficiências de remoção foram obtidas, com base nos parâmetros analíticos?

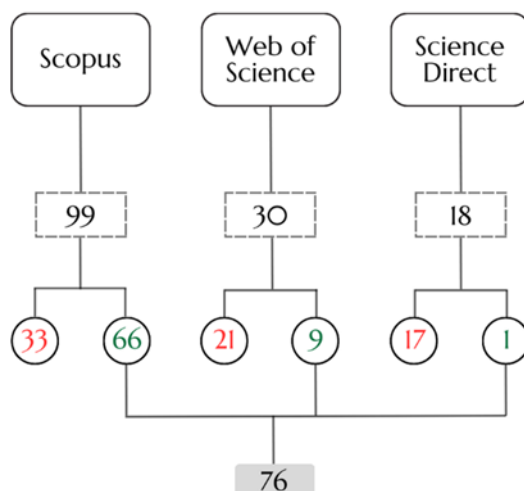
5) Quais indicadores foram utilizados com maior evidência de estudo?

Foram utilizados indicadores para observar o desempenho das técnicas de tratamento com casca de amendoim?

A coleta de dados compreendeu artigos com registro inicial atemporal e encerramento das buscas em 4 de fevereiro de 2025. As expressões de busca foram, para todas as bases, *peanut shells* e *water treatment*, considerando-se entre ambas o operador booleano “AND” e, além disso, que os termos definidos estivessem presentes no título, resumo ou palavras-chave.

Conforme expressa a Figura 1, o quantitativo inicialmente encontrado no somatório das três bases pré-definidas foi de 147 artigos. Destes, apenas 76 artigos foram enquadrados nos requisitos estipulados, visto que os demais foram excluídos por se associarem a algum dos critérios: artigo de conferência, errata, livro, duplicata, carência de relação à temática, inacessibilidade e por não responderem às perguntas do protocolo de pesquisa.

**Figura 1** - Panorama quantitativo de publicações por base de dados



Fonte: autores (2025).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apontaram o panorama da aplicação da biomassa cascas de amendoim em sistemas de tratamento de água a partir de análises temporal e geográfica e do reconhecimento de parâmetros e técnicas

operacionais mais retratados na literatura.

#### 3.1 Análise temporal

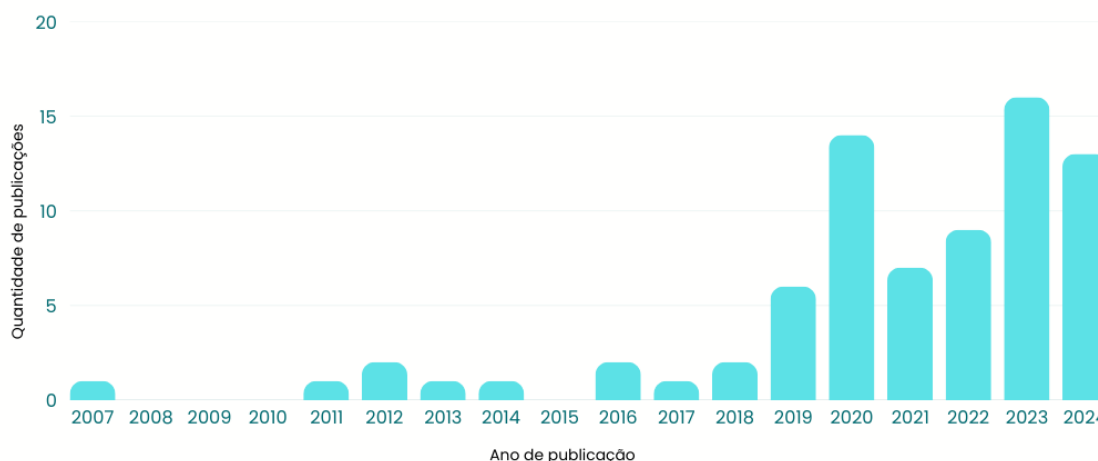
Obteve-se o registro de publicação em artigos a partir de 2007, porém apenas a partir de 2019 observou-se significativo crescimento de

pesquisas (Figura 2), com destaque para o ano de 2023 com maior número de publicações e registro de 16 artigos.

Considerando-se a faixa temporal de publicações registradas, o comportamento da produção mundial de amendoim ocorreu de modo semelhante. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023), o registro da produtividade mundial, em

milhões de toneladas, baseou-se: em 2015, 45,2; em 2018, 51,8; em 2020, 54,4; em 2022, 55,1. Logo, é notável o crescimento da produção global de amendoim, o que pode ter instigado os pesquisadores ao desenvolvimento de pesquisas mediante maior geração do resíduo das cascas, enquadrando-se como medida alternativa e sustentável pautada no reaproveitamento.

**Figura 2 - Evolução temporal de publicações**



Fonte: autores (2025).

Um dos motivos que impulsionam a utilização de produtos orgânicos é, por certo, o baixo custo, o qual, em contraste com os adsorventes convencionais, tem inspirado pesquisadores a explorar os resíduos agrícolas como sorventes competentes para remover poluentes, a exemplo dos metais potencialmente tóxicos (Mondal *et al.*, 2017). Além disso, os biomateriais têm sido cada vez mais usados devido a fatores como renovabilidade, sustentabilidade, superfície abundante em grupos funcionais e biodegradabilidade (Dai *et al.*, 2018).

### 3.2 Análise territorial

Dentre os seis continentes que englobam o mundo, o registro de artigos científicos se enquadrou, de modo expressivo, na Ásia (72,4%), enquanto a América do Sul (11,8%) e a África (10,5%) obtiveram amostragem semelhante. Os continentes que apresentaram baixa produção de trabalhos nesta área foram Europa (3,9%) e América do Norte (1,3%). Este registro corrobora a FAO (2023), a qual afirma que os principais cultivadores de amendoim estão localizados nos continentes asiático e africano.

Em regiões da África e da Ásia, onde a realidade nutricional é deficitária, caracterizando-

se por significativas taxas de mortalidade infantil, e o demasiado preço da proteína animal limita seu consumo, o amendoim se constitui como componente diário do cardápio alimentar (Freire; Firmino; Santos, 1998) por ser rico em proteína e gordura saudável (Gelaye; Luo, 2024).

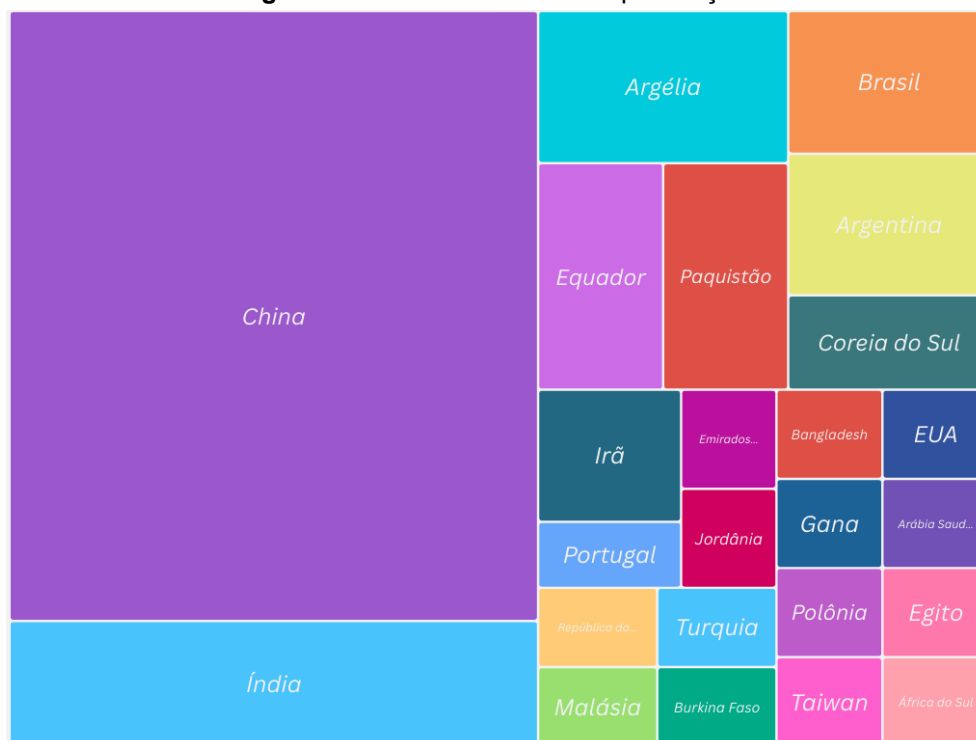
Quanto à distribuição espacial das publicações (Figura 3), a China apresentou larga vantagem, obtendo cerca de 45% dos trabalhos selecionados, enquanto a Índia, como segunda colocada no *ranking*, deteve aproximadamente 9%. Países como Argélia (5,3%), Argentina (3,9%), Brasil (3,9%), Equador (3,9%) e Paquistão (3,9%) se mostraram interessados na discussão da temática por ter representação de publicação.

A China se destaca no número de publicações por diversas razões. Uma delas é pelo fato de ser o maior produtor mundial de amendoim, tendo produção maior que 18 milhões de toneladas (Atlas Big, 2023). Ademais, em termos de áreas, esta nação tem o tratamento de água e esgoto como a tecnologia com crescimento mais rápido (Wang *et al.*, 2019). Outro fator de interessante debate para o avanço chinês na pesquisa envolvendo casca de amendoim e tratamento de água é o 14º Plano Quinquenal (2021-2025). Aprovado em 2021, este documento recomenda o

fortalecimento de garantias legais e políticas para o desenvolvimento verde, como implementar a utilização abrangente de recursos, desenvolver

fortemente o financiamento verde e a inovação e aprimorar o uso de água e energia (China, 2021).

**Figura 3 - Análise territorial das publicações**



Fonte: autores (2025).

A Índia tem investido na biomassa como fonte de energia, a fim de reduzir a dependência do carvão. Segundo estudo realizado pelo *Ministry of New and Renewable Energy* (Índia, 2021), estimou-se que a biomassa total disponível no país é de aproximadamente 750 milhões de toneladas métricas por ano. Destas biomassas estudadas incluem-se bagaço, palha e talo de algodão, casca de arroz, de coco, de soja, resíduos de serragem, amendoim e outros. Caracterizada como nação prevalentemente agrícola, os programas indianos de energia de biomassa estão quase sempre relacionados ao rendimento das colheitas (Mahapatro; Mahanta, 2020).

Em países mediterrânicos, há a presença de caldeiras atualmente utilizadas com combustíveis fósseis. Sendo adaptadas para utilização com outros tipos de biomassa, a exemplo da casca de amendoim, seriam alcançadas altas reduções nas emissões de CO<sub>2</sub> e, desse modo, haveria maior sustentabilidade ambiental (Rinaldi; Schweiker; Iannone, 2018). Alguns países mediterrânicos integram a lista (Figura 3), como Argélia, Egito e

Turquia, que se apresentam como nações potenciais para a aplicabilidade supracitada.

### 3.3 Tipos de água em estudo

Dentre os tipos de matriz estudados para o tratamento de água, observaram-se água superficial (doce e marinha) e subterrânea, deionizada, destilada e residual. Algumas delas receberam posterior manipulação aos moldes do que se desejava remover, tornando-se, portanto, água sintética. A Figura 4 ilustra a distribuição das águas de estudo, destacando que a água residual é a que mais prevalece nos trabalhos de tratamento associado à utilização das cascas de amendoim.

Para a água ser considerada destilada, com seu aquecimento até o estado de fervura, os vapores são transportados para ambiente mais frio com capacidade de condensação. Este processo consegue remover, consideravelmente, a concentração de sólidos, íons, matéria orgânica, entre outros (Kremer; Borges; Alves, 2022). Já a água deionizada (desmineralizada), ainda que seja semelhante ao produto da destilação, é preparada

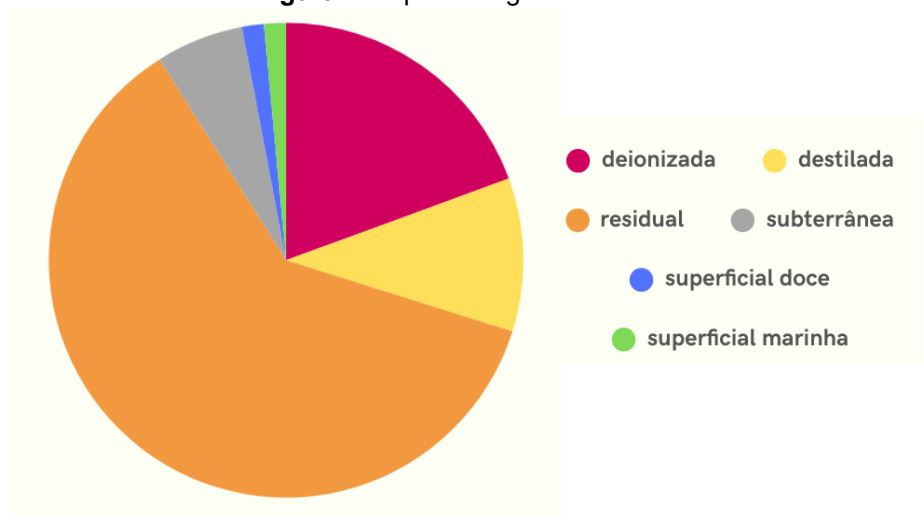


a partir de remoção mais rigorosa dos elementos presentes na água de consumo, como íons e minerais (Hutcheson, 2006).

Ambos os tipos estão conceituados como “Água tipo III”, descrita como aceitável para a

maior parte dos trabalhos que envolvem química líquida, conforme a norma *Water for analytical laboratory use - Specification and test methods*, da *International Organization for Standardization* nº 3696 (ISO, 1995).

**Figura 4 - Tipos de água de estudo**



Fonte: autores (2025).

Tanto a água deionizada como a destilada, por apresentarem significativo grau de pureza, configuram-se como potenciais águas de estudo de determinados parâmetros que, por muitas vezes, não são característicos nem comuns em recursos hídricos. Esse tipo de análise é possível por meio da sintetização da água altamente pura com adição de produtos geralmente químicos.

A água sintética ou artificial é definida como solução preparada em laboratório, com o objetivo de padronizar e simular as condições encontradas na prática e, além disso, prever potenciais riscos (Nozari, 2002).

Nesta revisão, com base na Figura 4, cerca de 26% das amostras são deionizadas e destiladas para receber material sintético e assim estarem preparadas para remoção do produto desejado. Para a utilização da água tipo sintética (cerca de 44%) obteve-se número significativo de publicações, por se ter a certeza de um determinado contaminante e respectiva concentração, para assim observar a remoção que se busca testificar.

A maior parcela das águas estudadas se caracterizou como residual (aproximadamente 53%) (Figura 4), visto que é água com considerável teor de poluição e que, por isso, necessita de tratamento. As águas residuais possuem poluentes, a exemplo de compostos

orgânicos, íons catiônicos e aniônicos e óleo, os quais causam danos tóxicos ao meio ambiente (Saleh, 2020), além de componentes orgânicos naturais (Wang; Peng, 2010). Eliminar os poluentes de águas residuais é muito importante e urgente não só para proteger o meio ambiente, mas também para promoção da saúde humana (Ganguly *et al.*, 2020).

An *et al.* (2023) estudaram o tratamento de águas residuais de galvanoplastia, que têm em sua composição diversos metais potencialmente tóxicos – cobre (Cu(II)), cromo (Cr(VI)) e níquel (Ni(II)) – e nitrogênio amoniacal com elevada toxicidade e grande risco ao ecossistema (Ghorpade; Ahammed, 2018). Uddin, Rukanuzzaman e Islam (2022) analisaram a remoção de corantes em água residuais têxteis. As indústrias de tingimento têxtil utilizam expressivo número de corantes, sendo grande parte descartada no ambiente na forma de águas residuais. Os corantes causam grave impacto ambiental, visto que são quimicamente estáveis, não-biodegradáveis e altamente cancerígenos (Zaharia; Suteu, 2012).

Ainda com base na Figura 4, observam-se outros tipos de água, como a subterrânea (5% dos estudos), sendo definida como as águas que transcorrem natural ou artificialmente no subsolo (Brasil, 2008), e a superficial doce e marinha,

tendo apenas 1 estudo para cada tipo.

Assim, foi possível detectar, a partir da análise desses periódicos, a carência de trabalhos que tratam água a ser destinada ao consumo humano direto, com destino para dessedentação. Ou seja, poucos estudos têm como quociente final de tratamento a água potável.

### 3.4 Técnicas de tratamento

Diversos pesquisadores afirmaram que a adsorção, atualmente, é a opção de tratamento mais eficiente (Hgeig; Novaković; Mihajlović, 2019). Essa assertiva ratifica a predominância de estudos (cerca de 80%) que adotaram o processo adsorativo para o tratamento de água utilizando cascas de amendoim.

Estudos revelam que, em comparação com as técnicas existentes para remover poluentes, como oxidação química (cloração) e filtração por membrana, osmose reversa, biofiltração, a adsorção se caracteriza e é significativamente utilizada em virtude do baixo custo, elevada eficiência, operação descomplicada e área de implantação reduzida (Evans *et al.*, 2021; Yuan *et al.*, 2022; Araya-Obando *et al.*, 2022).

Geralmente, o processo de adsorção está relacionado à pirólise da biomassa. Para Silva (2021), a casca de amendoim foi utilizada como biomassa exposta ao processo pirolítico para posterior formação de biocarvão.

A partir da leitura dos trabalhos selecionados, a temperatura de pirólise mais recorrente foi de 500 °C. Este valor pode ser justificado devido ao fato de temperaturas muito amenas não apresentarem bom rendimento do biocarvão, por não desenvolverem grupos funcionais necessários à adsorção (Lehmann; Joseph, 2009). Temperaturas significativas podem levar à formação de diminuta área de superfície do bioadsorvente e pouco rendimento (Oliveira; Barbosa; Mendonça, 2023).

Diante dos componentes mais expressivos na casca de amendoim, a celulose é o composto com maior estabilidade, pois sua desconstrução acontece geralmente em temperaturas entre 220 e 315 °C. A hemicelulose se desconstrói em temperaturas entre 315 e 400 °C. A lignina, em contrapartida, possui ampla faixa de temperatura, estando entre 150 e 900 °C (Jiang *et al.*, 2019).

O adsorvente padrão do processo é o carvão ativado. No entanto, o número de pesquisas tem aumentado quanto ao potencial e à aplicação do biocarvão como meio filtrante em razão do baixo

custo comparado ao carvão convencional (Oliveira; Barbosa; Mendonça, 2023). Como forma de identificar a eficiência do adsorvente, é comum se fazer a caracterização do mesmo, a fim de identificar composição química, estrutura e microestrutura e tipo de superfície. A análise da superfície dos materiais ocorreu por meio do método MEV (Medina *et al.*, 2021; Salem *et al.*, 2023). A identificação e quantificação dos materiais constituintes foi possível por meio do FTIR (Peroni *et al.*, 2023; Kasani; Gilani; Choobar, 2020). A estrutura analítica e cristalina do material estudado se desenvolveu através do DRX (Tomul *et al.*, 2021; Lahmar *et al.*, 2020). Já a área de superfície específica é identificada pelo BET (Graça; Soares, 2024; Gueye *et al.*, 2014).

Além da adsorção, outras técnicas também foram estudadas pelos pesquisadores. Ma *et al.* (2024) e Feng, Li e Su (2023) avaliaram, respectivamente, a remoção de cromo hexavalente e dos antibióticos ofloxacino e tetraciclina por meio do processo de fotocatalise associado ao pó de casca de amendoim. A redução fotocatalítica se mostrou pertinente em razão de ter abordagem simples, configuração limpa e conveniente (Ma *et al.*, 2024), visto que foi utilizada a radiação solar para desenvolvimento do processo. A eficiência dos fotocatalisadores está apoiada na elevada absorção de luz e celeridade das taxas de conversão (Wang *et al.*, 2024).

Tejedor *et al.* (2020) adotaram, como tecnologia de tratamento, biofiltro composto pelo meio filtrante de lascas de madeira misturadas com cascas de amendoim, a fim de remover a matéria orgânica de águas residuais. Os resíduos supracitados, individualmente, apresentam propriedades adsorventes; quando passaram a trabalhar juntos, estimularam o desenvolvimento de microrganismos favorecendo a mitigação de contaminantes por meio dos processos internos que ocorrem em paralelo: físico (sedimentação e precipitação), químico (adsorção e troca iônica) e biológico (degradação, transformação e absorção).

### 3.5 Parâmetros de remoção

Diversos parâmetros e indicadores foram objetos de remoção dos estudos. A Figura 5 esboça a recorrência e predominância de determinadas variáveis, sendo mais estudadas aquelas representadas pelos termos centralizados na figura, enquanto as palavras do entorno representam os parâmetros com pouca

amostragem de estudo.

Como observa-se na Figura 5, há intensa relação entre o tratamento com cascas de amendoim e a remoção de metais potencialmente tóxicos das águas, com maior recorrência, cromo, chumbo, cobre e cádmio.

A contaminação hídrica por metais potencialmente tóxicos de origem industrial, agrícola e doméstica, se comporta como

preocupação global emergencial em relação ao meio ambiente (Sulistyowati; Yolanda; Andareswari, 2023), cuja toxicidade potencial implica em estratégias eficientes no tratamento de águas, principalmente, residuais (Samimi *et al.*, 2022). Se não gerenciados corretamente, estes poluentes tóxicos podem impactar gravemente as populações humanas e animais (Fu; Wang, 2011).

**Figura 5** - Nuvem de palavras relacionada aos parâmetros de remoção estudados



Fonte: autores (2025).

O cromo citado nos estudos apareceu como trivalente (Cr(III)) e hexavalente (Cr(VI)). Os íons de Cr(III) podem se converter no Cr(VI) (Dai *et al.*, 2010).

O cromo trivalente é importante para a indústria moderna em razão do amplo uso e aplicação em revestimentos de cromato, curtimento de couro e confecção de ligas metálicas. Contudo, altas liberações de Cr(III) ocorrem no meio ambiente por processos de fabricação e degradação, o que contamina água, solo e alimentos (Chuang; Nandi; Chen, 2025).

O cromo hexavalente (Cr(VI)) é considerado como poluente de água com alta toxicidade, além de cancerígeno e mutagênico, comportando-se como grave ameaça à saúde humana e ao meio ambiente. Por isso, este metal potencialmente tóxico foi declarado como poluente prioritário pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) (Liu *et al.*, 2020).

O Quadro 1 exibe informações acerca dos estudos pautados na remoção de cromo presente

nos meios hídricos a partir do reaproveitamento de cascas de amendoim.

Para efetivar a remoção de poluentes, a exemplo do cromo, a adsorção se apresenta como a metodologia mais adequada devido à sua elevada eficiência e custo-efetividade (Liu *et al.*, 2016).

O biocarvão vem sendo fortemente investigado como adsorvente de Cr(VI) graças às suas propriedades únicas como grupos funcionais ricos, estrutura gráfica conjugada especial e vastas possibilidades de modificação (Li *et al.*, 2018).

Atualmente, a produção de biocarvão a partir de produtos ambientais está em ascensão. Os produtos agrícolas possuem compostos como lignina, pectina, celulose, hemicelulose, os quais detêm grupos funcionais eficazes e com estimada afinidade aos íons Cr(VI) (Ali *et al.*, 2016). Alguns dos compostos supramencionados aparecem em abundância na composição da biomassa casca de amendoim, como lignina (25,1%), celulose (35,1%)



e hemicelulose (10,5%) (Wang; Nam; Nam, 2020).  
Desse modo, é justificável a capacidade adsortiva

do compósito de casca de amendoim para  
remoção de metais como o cromo.

**Quadro 1 - Panorama da remoção de cromo**

| Autor(es)                      | Objetivo geral                                                                                                                                                                                                                                                            | Matriz de água                         | Técnica                                 | Eficiência de remoção          |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| Ye <i>et al.</i> (2024)        | Apresentar o desempenho, os efeitos e os mecanismos de compósitos de ferro zero-valente suportados por biocarvão de casca de amendoim na co-remoção de Cd(II) e Cr(VI) da solução aquosa                                                                                  | Subterrânea sintética                  | Adsorção                                | 98,5%                          |
| Choudhary e Poonia (2024)      | Analisar a eficácia da remoção de Cr(VI) usando hidrogel de quitosana associado ao biocarvão de cascas de amendoim pela técnica pirolítica                                                                                                                                | Bidestilada com produtos químicos      | Adsorção                                | Desempenho satisfatório        |
| Ma <i>et al.</i> (2024)        | Apresentar novo e simples fotocatalisador que desempenhe solução técnica para reduzir Cr(VI) em ampla faixa de níveis de pH e concentrações                                                                                                                               | Residual doméstica e de galvanoplastia | Pontos de carbono derivados de biomassa | 90,1% e 89,0%, respectivamente |
| Mohadesi <i>et al.</i> (2024)  | Estudar a absorção simultânea de Pb(II) e Cr(VI) em águas residuais industriais por meio de adsorventes de casca de noz, casca de amêndoa, casca de amendoim e casca de coco                                                                                              | Residual siderúrgica                   | Adsorção                                | 96,2%                          |
| Luo <i>et al.</i> (2023)       | Explicar detalhadamente o meio de remoção de Cr(VI) por materiais baseados em cascas de amendoim funcionalizado com óxido de nanocério                                                                                                                                    | Ultrapura sintética                    | Adsorção                                | 86,8%                          |
| Bouchemal <i>et al.</i> (2023) | Avaliar a possibilidade de utilizar cascas de amendoim como adsorvente para remoção de cromo hexavalente em águas residuais                                                                                                                                               | Residual sintética                     | Adsorção                                | 99,0%                          |
| An <i>et al.</i> (2023)        | Construir biocarvão de casca de amendoim para imobilizar a cepa L1 de <i>Pseudomonas hibiscicola</i> a atuar na remoção de diversos metais com potencial tóxico                                                                                                           | Residual de galvanoplastia mista       | Adsorção e nitrificação                 | 34,4%                          |
| An <i>et al.</i> (2022)        | Avaliar a descontaminação dos poluentes corante azo orgânico representando Acid Orange 7, cromo hexavalente (Cr(VI)) e nitrogênio amoniacal inorgânico (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) por biocarvão de casca de amendoim pirolisado a 700 °C com auxílio de persulfato | Residual                               | Adsorção                                | 85,0%                          |
| Li <i>et al.</i> (2022)        | Avaliar o uso de partículas bimetalicas de ferro/cobre carregadas com biocarvão de casca de amendoim sintetizadas por na remoção simultânea de PNP e Cr(VI)                                                                                                               | Subterrânea sintética                  | Adsorção                                | 100%                           |

|                                          |                                                                                                                                                                         |                               |                        |                         |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Rzig <i>et al.</i> (2021)                | Recuperar os resíduos de cascas de amendoim e reutilizá-los para remoção de Cr(VI) de águas residuais                                                                   | Residual sintética            | Biossorção em lote     | 29,5%                   |
| Bharath <i>et al.</i> (2019)             | Desenvolver abordagem econômica a partir de eletrodo de carbono derivado de casca de amendoim associado às nanopartículas de Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>             | Residual industrial sintética | Deionização capacitiva | 99,9%                   |
| Gueye <i>et al.</i> (2014)               | Explorar a preparação de novos carvões ativados a partir de resíduos de madeira de pinhão-manso e cascas de amendoim, a fim de remover Cr(VI)                           | Residual                      | Adsorção               | Desempenho satisfatório |
| Al-Othman, Ali e Naushad (2012)          | Sintetizar carvões ativados derivados de cascas de amendoim através de ativação química com KOH e a remoção de Cr(VI) de solução aquosa                                 | Residual                      | Adsorção               | Desempenho satisfatório |
| Witek-Krowiak, Szafran e Modelski (2011) | Ratificar a potencialidade de cascas de amendoim como biossorvente metálico de baixo custo para a remoção de metais potencialmente tóxicos de soluções aquosas diluídas | Residual                      | Adsorção               | Desempenho satisfatório |

Fonte: autores (2025).

Contudo, a carga superficial do biocarvão puro é geralmente negativa, o que impossibilita o contato com compostos carregados negativamente, como Cr(VI) (Li *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, a capacidade adsorptiva do biocarvão puro para Cr(VI) se faz limitada. Com o intuito de aperfeiçoar o potencial de remoção de Cr(VI) em biocarvão puro, muitos métodos modificadores e adaptativos são experimentados, como dopagem de nitrogênio (N), enxofre (S) ou metais de transição adequados (Xu *et al.*, 2022; Zhu *et al.*, 2020).

Estudos com compósitos magnéticos de biocarvão/óxido de ferro (Fe) não só evidenciaram satisfatória capacidade de adsorção de Cr(VI), mas também conseguiram ser facilmente separados magneticamente da água (Qiu *et al.*, 2020; Zou *et al.*, 2021). Isso pode explicar, então, a elevada eficiência de remoção do cromo ao associá-lo com a combinação resíduo casca de amendoim e ferro (Bharath *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2022).

Luo *et al.* (2023) desenvolveram pesquisa utilizando cromo combinado com o elemento químico cério e alcançaram remoção de Cr(VI) próxima a 87%. O óxido de cério (CeO<sub>2</sub>), por sua vez, apresenta carga superficial neutra sob pH do ambiente natural e possui numerosas vacâncias

de oxigênio, o que se mostra favorável para o aumento de carga positiva em sua superfície. Logo, o cério se constitui adsorvente adequado para espécies de cromato com carga negativa (Guo; Waser, 2006).

Além do metal cromo, protagonista dos estudos desta revisão, destacou-se também a verificação da remoção do metal chumbo (Pb) de corpos hídricos (Figura 5). O Quadro 2 elenca informações relevantes a respeito dos estudos avaliadores de Pb.

O chumbo, considerado como um dos metais mais tóxicos para a saúde humana (Kisku *et al.*, 2016), implica em vários impactos na saúde, a exemplo de fadiga insistente, perda de apetite, retardo mental, insônia, elevação da pressão arterial, infertilidade, patologias neuromusculares e dor abdominal, além de ser especialmente mais tóxico para crianças (Bhattacharyya; Sharma, 2004).

O metal chumbo, assim como o cromo, predominante em efluentes industriais, causa riscos ambientais graves ainda que em baixas concentrações (Mohadesi *et al.*, 2024).

Yu *et al.* (2020) avaliaram a remoção de chumbo a partir das cascas de amendoim puras e modificadas com a adição de grupos carboxilas. Foi identificado, portanto, aumento considerável

na capacidade adsorptiva após introdução dos grupos carboxila carregados negativamente.

Wan *et al.* (2018) trabalharam com óxido de manganês hidratado nanométrico imobilizado em biocarvão de casca de amendoim, alcançando remoção efetiva de Pb(II) em larga faixa de pH (3–

7). O sequestro efetivo dos metais potencialmente tóxicos ocorre por metodologias como: complexação de superfície ou troca iônica de cátions metálicos possibilitadas pelos grupos com oxigênio em biocarvão (Dong *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2011; Samimi; Shahriari-Moghadam, 2021).

**Quadro 2 - Panorama da remoção de chumbo**

| Autor(es)                     | Objetivo geral                                                                                                                                                                             | Matriz de água            | Técnica                           | Eficiência de remoção   |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Mohadesi <i>et al.</i> (2024) | Avaliar a absorção simultânea de Pb(II) e Cr(VI) de águas residuais industriais através de cascas de noz, amêndoa, amendoim e coco                                                         | Residual siderúrgica      | Adsorção                          | 90,8%                   |
| Wang <i>et al.</i> (2023)     | Analisar o desempenho de composto de quitosana e biocarvão de casca de amendoim no tratamento de águas residuais coexistentes com N e Pb                                                   | Residual                  | Adsorção com pântanos construídos | Desempenho satisfatório |
| Liu <i>et al.</i> (2022)      | Estudar e preparar biocarvões de casca de amendoim e de casca de noz para eliminar chumbo de águas residuais                                                                               | Residual                  | Adsorção                          | Desempenho satisfatório |
| Yang <i>et al.</i> (2021)     | Estudar a formação de adsorvente de hidrogel de rede porosa composta por ácido acrílico com radicais livres polimerizados em solução aquosa lignocelulósica extraída de cascas de amendoim | Residual sintética        | Adsorção com hidrogel             | Desempenho satisfatório |
| Puglla <i>et al.</i> (2020)   | Utilizar os subprodutos agrícolas casca de amendoim, polpa de “chonta” e sabugo de milho como biocarvão para remoção de chumbo e cádmio da água                                            | Sintética                 | Adsorção                          | 96%                     |
| Yu <i>et al.</i> (2020)       | Estudar os efeitos da modificação da superfície pelo grupo carboxila nos desempenhos de adsorção de Pb 2+ e na estabilidade da casca de amendoim                                           | Residual sintética        | Adsorção                          | Desempenho satisfatório |
| Gautam <i>et al.</i> (2020)   | Investigar a eficiência da remoção e adsorção de chumbo em <i>moringa oleífera</i> , <i>prosopis juliflora</i> e casca de amendoim                                                         | Residual têxtil sintética | Adsorção                          | 78%                     |
| Wan <i>et al.</i> (2018)      | Desenvolver novo adsorvente nanocompósito à base de biocarvão para remoção de metais com potencial tóxico                                                                                  | Residual sintética        | Adsorção                          | Desempenho satisfatório |

Fonte: autores (2025).

Mohadesi *et al.* (2024) estudaram a remoção de chumbo e cromo a partir de biocarvão produzido de cascas de amendoim. A porcentagem de remoção de chumbo, por sua vez, foi elevada de 31,8% para 90,8%, correlacionando-se esta satisfatória eliminação com a área de superfície do adsorvente natural.

Além dos metais potencialmente tóxicos e de

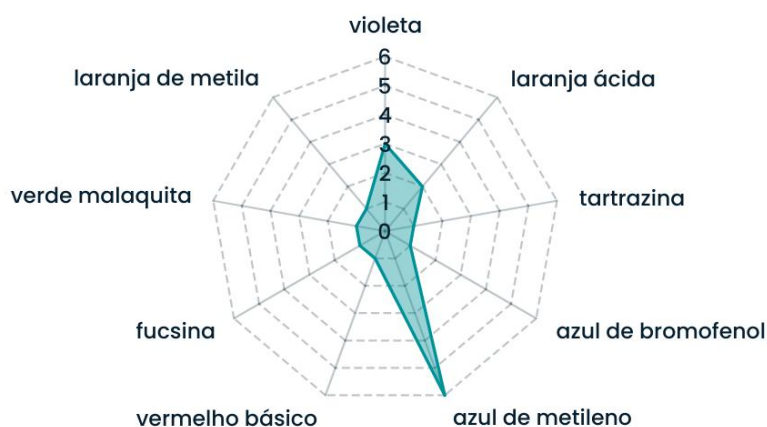
outros parâmetros complementares, foi notória a presença de remoção de indicadores, a exemplo dos corantes, os quais são contaminantes usualmente aplicados em vários ramos industriais, como alimentos, papel, plásticos, itens farmacêuticos, cosméticos, processamento têxtil, além das indústrias relacionadas ao petróleo (Zaman *et al.*, 2023).

O estudo dos indicadores presentes na água se mostra importante devido ao fato de que uma das principais vias de exposição humana a corantes ocorre por meio da contaminação hídrica (Zanoni; Yamanaka, 2016). Além disso, Zocolo *et al.* (2015) concluíram que é essencial acompanhar e avaliar a ecotoxicidade de corantes em águas doces, a fim de assumir critérios para cooperação da vida aquática.

A indústria têxtil é responsável por consumir

expressivas concentrações de corantes. Apenas este setor industrial consome mais de 10 mil toneladas de corantes anual e mundialmente, sendo que cerca de 100 toneladas são lançadas em cursos d'água (Mohammed; Shitu; Ibrahim, 2014). A Figura 6 descreve os principais tipos encontrados nos estudos de tratamento de água com casca de amendoim, com ênfase para azul de metileno, laranja ácida e violeta, com maior detalhamento dos indicadores no Quadro 3.

**Figura 6 - Panorama da recorrência indicadores corantes nos estudos**



Fonte: autores (2025).

Para Ganguly *et al.* (2020), que analisaram a remoção do corante violeta cristal, os componentes particulados de lignina são carregados negativamente, logo, ocorre forte atração em contato com os corantes positivamente arranjados, gerando, desse modo, maior grau de absorbância.

Asif *et al.* (2024) estudaram a aplicação de compósitos de biocarvão de ferrite associado a várias biomassas, inclusive cascas de amendoim, a fim de adsorver corantes básicos, como o azul catiônico. A motivação do estudo foi pautada na significativa interação entre a estrutura negativa do composto e os íons de corante dotados de cargas positivas. Os nanocompósitos produzidos com cascas de amendoim desempenharam eficiência relevante.

Qiu *et al.* (2020) testaram e alcançaram elevadas eficiências acerca da remoção dos corantes azul de metileno e laranja aniônica a partir de biocarvão de amendoim associado a cargas de ferro. Os resultados evidenciaram potencial do ferro ao aprimorar o procedimento oxidativo, visto que os compósitos de ferro-biocarvão, comparados ao bioadsorvente puro, levaram à degradação mais completa dos parâmetros.

Ainda que as cascas de amendoim tenham sido aplicadas principalmente para eliminação de metais e corantes, elas também apresentaram capacidade de adsorver contaminantes emergentes como medicamentos, por exemplo. Todavia esta eficiência quanto à remoção dos micropoluentes, como cafeína e triclosan, enfrenta a limitação de tratar menores volumes de água (Almeida-Naranjo *et al.*, 2024).

O estudo de Tomé *et al.* (2023) foi o mais próximo em relação aos parâmetros convencionais de tratamento de água para abastecimento público, porém a água analisada foi residual de laticínios. As variáveis pH, turbidez, temperatura, cor verdadeira e demanda química de oxigênio (DQO) foram avaliadas em função das cascas de amendoim como coagulante natural e apresentaram significativas eficiências.

Al-Hazeef *et al.* (2024), por sua vez, avaliaram a remoção de nitrato da água mediante a adsorção do biocarvão combinado com óxido de zinco (ZnO). Este composto se comportou como eficiente adsorvente sustentável e econômico, tendo destaque a atuação de ZnO, já que suas propriedades de superfície evoluídas e seus sítios ativos ampliaram a ligação de nitrato.



**Quadro 3 - Panorama da remoção de corantes**

| Autor(es)                          | Matriz de água      | Técnica                       | Tipo de corante                              | Eficiência de remoção      |
|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| Sethi <i>et al.</i> (2024)         | Residual sintética  | Adsorção                      | Violeta                                      | Desempenho satisfatório    |
| Asif <i>et al.</i> (2024)          | Destilada sintética | Adsorção                      | Azul catiônico                               | 41,9%                      |
| Sohni <i>et al.</i> (2023)         | Residual            | Adsorção                      | Violeta Cristal e Azul de Bromofenol         | 97% e 87%, respectivamente |
| Rahim <i>et al.</i> (2023)         | Residual            | Adsorção                      | Laranja de metila                            | 62%                        |
| An <i>et al.</i> (2022)            | Residual            | Adsorção                      | Laranja ácida                                | 100%                       |
| Du <i>et al.</i> (2022)            | Residual sintética  | Adsorção e coadsorção         | Azul de metileno e vermelho básico           | Desempenho satisfatório    |
| Uddin, Rukanuzzaman e Islam (2022) | Residual têxtil     | Adsorção                      | Azul de metileno                             | Desempenho satisfatório    |
| Ganguly <i>et al.</i> (2020)       | Residual            | Adsorção                      | Violeta cristal                              | 69% a 98%                  |
| Gulati <i>et al.</i> (2020)        | Sintética           | Adsorção                      | Fucsina                                      | 98%                        |
| Fernandez e Murguía (2020)         | Sintética           | Biossorção                    | Tartrazina                                   | 99%                        |
| Qiu <i>et al.</i> (2020)           | Residual            | Filtração através de membrana | Azul de metileno e laranja de ácido aniônico | 92% e 85%, respectivamente |
| Dou e Jiang (2019)                 | Residual            | Adsorção                      | Azul de metileno                             | Desempenho satisfatório    |
| Islam <i>et al.</i> (2019)         | Residual            | Adsorção                      | Azul de metileno                             | 100%                       |
| Wang <i>et al.</i> (2016)          | Residual            | Adsorção                      | Azul de metileno                             | Desempenho satisfatório    |
| Li e Zhang (2013)                  | Residual            | Adsorção                      | Verde malaquita                              | Desempenho satisfatório    |

Fonte: autores (2025).

#### 4 CONCLUSÃO

Em face da urgência por medidas cada vez mais sustentáveis, como apontam os *Objetivos de Desenvolvimento*, o tratamento de água utilizando as cascas de amendoim foi analisado nesta revisão.

Como resposta ao mapeamento, observou-se crescimento do número de publicações no decorrer dos anos, com destaque para 2023, com maior registro de publicação de artigos, produção e reaproveitamento da biomassa da leguminosa para a China e a Índia.

Os estudos pesquisados tiveram como predominância as águas residuais, por terem na constituição poluentes e contaminantes. Observou-se como lacuna na literatura, estudos em água doce voltada ao consumo humano.

Quanto à técnica de tratamento mais recorrente, a adsorção prevaleceu, visto que fatores como simplicidade, custo e eficiência são característicos. A temperatura de pirólise foi estudada, sendo a marca de 500 °C a de maior

recorrência. Acerca da caracterização, os bioadsorventes foram explorados, sobretudo, através dos métodos MEV, FTIR, DRX e BET. Os parâmetros mais analisados foram os metais potencialmente tóxicos, com considerável amostragem, principalmente: cromo (trivalente e hexavalente), chumbo, cádmio e cobre.

Os grupos funcionais e a atração de carregamento de ambos os materiais – adsorvente e contaminante – possibilitaram altas e relevantes taxas de eficiência. Além disso, outras variáveis, como os corantes (indicadores de poluição), também foram estudadas nas publicações, tendo realce o azul de metileno.

Diante do exposto, é relevante a adoção de políticas públicas para incentivar a regulamentação e fomento à inovação envolvendo economia circular (reaproveitamento de materiais) e a segurança hídrica mediante soluções sustentáveis, de baixo custo e com reduzido impacto ambiental, sobretudo em áreas com dificuldades de acesso a tecnologias convencionais.

Como recomendação, estas ações podem ser: incentivos fiscais, por meio de leis promotoras da reciclagem no Brasil; financiamento governamental, em que pesquisas e projetos desenvolvam tecnologias de tratamento com materiais reaproveitados e de baixo custo; sistemas comunitários, como a implementação de sistemas de tratamento acessível em comunidades rurais.

Logo, as cascas de amendoim demonstraram elevado potencial e eficiente aplicabilidade para o tratamento de água, contribuindo ecologicamente para o meio ambiente a partir da sustentabilidade e da qualidade hídrica ofertada, além do custo-benefício comparado ao carvão ativado convencional, sendo então recomendável para enquadrar as políticas públicas.

### REFERÊNCIAS

- AL-HAZEEF, M. S. F. *et al.* Unveiling the efficiency of peanut shell-derived porous composite for water denitrification: Characterization, kinetic, isotherm and thermodynamic studies. **Journal of Molecular Liquids**, v. 410, 125668, ago. 2024. DOI: 10.1016/j.molliq.2024.125668. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/382751280\\_Unveiling\\_the\\_efficiency\\_of\\_peanut\\_shell-derived\\_porous\\_composite\\_for\\_water\\_denitrification\\_Characterization\\_kinetic\\_isotherm\\_and\\_thermodynamic\\_studies](https://www.researchgate.net/publication/382751280_Unveiling_the_efficiency_of_peanut_shell-derived_porous_composite_for_water_denitrification_Characterization_kinetic_isotherm_and_thermodynamic_studies). Acesso em: 12 mar. 2025.
- ALI, R. M. *et al.* Potential of using green adsorbent of heavy metal removal from aqueous solutions: Adsorption kinetics, isotherm, thermodynamic, mechanism and economic analysis. **Ecological Engineering**, v. 91, p. 317–332, jun. 2016. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.03.015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/298338285\\_Potential\\_of\\_using\\_green\\_adsorbent\\_of\\_heavy\\_metal\\_removal\\_from\\_aqueous\\_solutions\\_Adsorption\\_kinetics\\_isotherm\\_thermodynamic\\_mechanism\\_and\\_economic\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/298338285_Potential_of_using_green_adsorbent_of_heavy_metal_removal_from_aqueous_solutions_Adsorption_kinetics_isotherm_thermodynamic_mechanism_and_economic_analysis). Acesso em: 11 mar. 2025.
- ALMEIDA-NARANJO, C. E. *et al.* Characterization and Performance of Peanut Shells in Caffeine and Triclosan Removal in Batch and Fixed-Bed Column Tests. **Molecules**, v. 29, n. 12, 2923, jun. 2024. DOI: 10.3390/molecules29122923?urlappend=%3Futm\_source%3Dresearchgate.net%26medium%3Darticle. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/381570767\\_Characterization\\_and\\_Performance\\_of\\_Peanut\\_Shells\\_in\\_Caffeine\\_and\\_Triclosan\\_Removal\\_in\\_Batch\\_and\\_Fixed-Bed\\_Column\\_Tests](https://www.researchgate.net/publication/381570767_Characterization_and_Performance_of_Peanut_Shells_in_Caffeine_and_Triclosan_Removal_in_Batch_and_Fixed-Bed_Column_Tests). Acesso em: 19 mar. 2025.
- AL-OTHMAN, Z. A.; ALI, R.; NAUSHAD, M. Hexavalent chromium removal from aqueous medium by activated carbono prepared from peanut shell: Adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 184, p. 238–247, mar. 2012. DOI: 10.1016/j.cej.2012.01.048. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712000514>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- AN, Q. *et al.* Application of biochar activated persulfate in the treatment of typical azo pigment wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 324, 116323, dec. 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116323. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/363832693\\_Application\\_of\\_biochar\\_activated\\_persulfate\\_in\\_the\\_treatment\\_of\\_typical\\_azo\\_pigment\\_wastewater](https://www.researchgate.net/publication/363832693_Application_of_biochar_activated_persulfate_in_the_treatment_of_typical_azo_pigment_wastewater). Acesso em: 11 mar. 2025.
- AN, Q. *et al.* Peanut shell biochar immobilized *Pseudomonas hibiscicola* strain L1 to remove electroplating mixed-wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 1, 109411, feb. 2023. DOI: 10.1016/j.jece.2023.109411. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/367971501\\_Peanut\\_shell\\_biochar\\_immobilized\\_Pseudomonas\\_hibiscicola\\_strain\\_L1\\_to\\_remove\\_electroplating\\_mixed-wastewater](https://www.researchgate.net/publication/367971501_Peanut_shell_biochar_immobilized_Pseudomonas_hibiscicola_strain_L1_to_remove_electroplating_mixed-wastewater). Acesso em: 15 mar. 2025.
- ARAYA-OBANDO, J. A.; PACINI, V.; FÉRNANDEZ, R.; ROMERO-ESQUIVEL, L. G. Long-term monitoring of Mn and Fe removal in biofilters from a converted plant. **Water Supply**, v. 22, n. 6, p. 6059–6069, may. 2022. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2022.209>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360656393\\_Long-term\\_monitoring\\_of\\_Mn\\_and\\_Fe\\_removal\\_in\\_biofilters\\_from\\_a Converted\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/360656393_Long-term_monitoring_of_Mn_and_Fe_removal_in_biofilters_from_a Converted_plant). Acesso em: 2 mar. 2025.
- ASIF, H. *et al.* Fabrication of green magnetized ferrite biochar nanocomposites from orange peels/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, peanut shells/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, tree

twigs/Ni Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, and wood/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: characterization and application as adsorbents for adsorption/desorption/stability of basic Blue-XGRRL dye with possible mechanisms. **Water Infrastructure, Ecosystems and Society**, v. 73, n. 2, p. 217-238, 2024. DOI: 10.2166/aqua.2024.266. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360656393\\_Long-term\\_monitoring\\_of\\_Mn\\_and\\_Fe\\_removal\\_in\\_biofilters\\_from\\_a\\_converted\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/360656393_Long-term_monitoring_of_Mn_and_Fe_removal_in_biofilters_from_a_converted_plant). Acesso em: 10 mar. 2025.

ATLASBIG. 2023. Principais produtores de amendoim. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-amendoim>. Acesso em: 12 dez. 2024.

BHARATH, G. *et al.* Enhanced electrochemical performances of peanut shell derived activated carbon and its Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanocomposites for capacitive deionization of Cr(VI) ions. **Science of the Total Environment**, v. 691, p. 713–726, nov. 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.069. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719331821>. Acesso em: 14 mar. 2025.

BHATTACHARYYA, K. G.; SHARMA, A. Adsorption of Pb(II) from aqueous solution by *Azadirachta indica* (Neem) leaf powder. **Journal of Hazardous Materials**, v. 113, n. 1-3, p. 97-109, oct. 2004. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.05.034. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/8350204\\_Adsorption\\_of\\_PbII\\_from\\_aqueous\\_solution\\_by\\_Azadirachta\\_indica\\_Neem\\_leaf\\_powder](https://www.researchgate.net/publication/8350204_Adsorption_of_PbII_from_aqueous_solution_by_Azadirachta_indica_Neem_leaf_powder). Acesso em: 12 mar. 2025.

BOUCHEMAL, N. *et al.* Biosorption of toxic hexavalent chromium(VI) in aqueous solution by peanut shell biomass: equilibrium and kinetic studies. **Desalination and Water Treatment**, v. 286, p. 150–159, feb. 2023. DOI: 10.5004/dwt.2023.29311. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/370278745\\_Biosorption\\_of\\_toxic\\_hexavalent\\_chromium\\_VI\\_in\\_aqueous\\_solution\\_by\\_peanut\\_shell\\_biomass\\_equilibrium\\_and\\_kinetic\\_studies](https://www.researchgate.net/publication/370278745_Biosorption_of_toxic_hexavalent_chromium_VI_in_aqueous_solution_by_peanut_shell_biomass_equilibrium_and_kinetic_studies). Acesso: 8 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 396**, de 3 de abril de 2008. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=545](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=545). Acesso em: 25 fev. 2025.

CHINA. Outline of the People's Republic of China 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development and Long-Range Objectives for 2035. Xinhua News Agency, 2021. Disponível em: <https://en.ndrc.gov.cn/policies/202203/P020220315511326748336.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2025.

CHOULHARY, A.; POONIA, S. S. Chromium desalination using novel chitosan functionalized iron oxide- biochar composites: Analysis, synthesis, characterization and adsorption performance. **Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal**, v. 7, n. 1, p. 30-48, 2024. DOI: 10.24200/amecj.v6.i04.281. Disponível em: [https://www.amecj.com/article\\_200008\\_c56c3ad3189d46a3d5a27a4165753ce4.pdf](https://www.amecj.com/article_200008_c56c3ad3189d46a3d5a27a4165753ce4.pdf). Acesso em: 9 mar. 2025.

CHUANG, Y.; NANDI, R.; CHEN, C. Liquid crystal sensor for Cr(III)-citrate detection via interfacial coagulation. **Analytica Chimica Acta**, v. 1338, 343582, feb. 2025. DOI: 10.1016/j.aca.2024.343582. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267024013837?via%3Dihub>. Acesso em: 6 mar. 2025.

DAI, R. *et al.* Photo-oxidation of Cr(III) citrate complexes forms harmful Cr(VI). **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 18, p. 6959-6964, sep. 2010. DOI: 10.1021/es100902y. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/45693903\\_Photo-oxidation\\_of\\_CrIII-citrate\\_complexes\\_forms\\_harmful\\_CrVI](https://www.researchgate.net/publication/45693903_Photo-oxidation_of_CrIII-citrate_complexes_forms_harmful_CrVI). Acesso em: 28 fev. 2025.

DAI, Y. *et al.* Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review. **Chemosphere**, v. 211, p. 235-253, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.179. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518312542>. Acesso em: 5 fev. 2025.

DONG, X. *et al.* Mechanistic investigation of mercury sorption by Brazilian pepper biochars of different pyrolytic temperatures based on X-ray photoelectron spectroscopy and flow calorimetry. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 21, p. 12156-12164, sep. 2013. DOI: 10.1021/es4017816. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/256664025\\_Mechanistic\\_Investigation\\_of\\_Mercury\\_Sorption\\_by\\_Brazilian\\_Pepper\\_Biochars\\_of\\_Different\\_Pyrolytic\\_Temperatures\\_Based\\_on\\_X-ray\\_Photoelectron\\_Spectroscopy\\_and\\_Flow\\_Calorimetry](https://www.researchgate.net/publication/256664025_Mechanistic_Investigation_of_Mercury_Sorption_by_Brazilian_Pepper_Biochars_of_Different_Pyrolytic_Temperatures_Based_on_X-ray_Photoelectron_Spectroscopy_and_Flow_Calorimetry). Acesso em: 12 mar. 2025.

DOU, G.; JIANG, Z. Preparation of Sodium Humate-Modified Biochar Absorbents for Water Treatment. **ACS Omega**, v. 4, n. 5, p. 16536-16542, sep. 2019. DOI: 10.1021/acsomega.9b02227. Acesso em: 12 mar. 2025.

DU, P. *et al.* A highly efficient biomass-based adsorbent fabricated by graft copolymerization: Kinetics, isotherms, mechanism and coadsorption investigations for cationic dye and heavy metal. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 616, p. 12-22, jun. 2022. DOI: 10.1016/j.jcis.2022.02.048. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021979722002740?via%3Dihub>. Acesso em: 10 mar. 2025.

EVANS, A. N. *et al.* E. Seasonal impacts on biofiltration acclimation dynamics and performance. **AWWA Water Science**, v. 3, n. 3, e1225, may 2021. DOI: 10.1002/aws2.1225. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/352317362\\_Seasonal\\_impacts\\_on\\_biofiltration\\_acclimation\\_dynamics\\_and\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/352317362_Seasonal_impacts_on_biofiltration_acclimation_dynamics_and_performance). Acesso em: 1 mar. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Acesso em: 19 fev. 2025.

FENG, X.; LI, X.; SU, B. Photocatalytic degradation performance of antibiotics by peanut shell biochar anchored NiCr-LDH nanocomposites fabricated by one-pot hydrothermal protocol. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 666, 131337, mar. 2023. DOI:

10.1016/j.colsurfa.2023.131337. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/369482167\\_Photocatalytic\\_degradation\\_performance\\_of\\_antibiotics\\_by\\_peanut\\_shell\\_biochar\\_anchored\\_NiCr-LDH\\_nanocomposites\\_fabricated\\_by\\_one-pot\\_hydrothermal\\_protocol](https://www.researchgate.net/publication/369482167_Photocatalytic_degradation_performance_of_antibiotics_by_peanut_shell_biochar_anchored_NiCr-LDH_nanocomposites_fabricated_by_one-pot_hydrothermal_protocol). Acesso em: 16 mar. 2025.

FERMANELLI, C. S. *et al.* Pyrolysis and copyrolysis of three lignocellulosic biomass residues from the agro-food industry: A comparative study. **Waste Management**, v. 102, n. 1, p. 362-370, nov. 2019. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.10.057. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337305474\\_Pyrolysis\\_and\\_copyrolysis\\_of\\_three\\_lignocellulosic\\_biomass\\_residues\\_from\\_the\\_agro-food\\_industry\\_A\\_comparative\\_study](https://www.researchgate.net/publication/337305474_Pyrolysis_and_copyrolysis_of_three_lignocellulosic_biomass_residues_from_the_agro-food_industry_A_comparative_study). Acesso em: 12 dez. 2024.

FERNANDEZ, M. A.; MURGUÍA, M. C. Biosorption of an anionic dye by peanut shell modified with gemini surfactants: A study on the stability of the modification and the removal efficiency. **Journal of Molecular Liquids**, v. 317, 114262, nov. 2020. DOI: 10.1016/j.molliq.2020.114262. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/345453672\\_Biosorption\\_of\\_an\\_anionic\\_dye\\_by\\_peanut\\_shell\\_modified\\_with\\_gemini\\_surfactants\\_A\\_study\\_on\\_the\\_stability\\_of\\_the\\_modification\\_and\\_the\\_removal\\_efficiency](https://www.researchgate.net/publication/345453672_Biosorption_of_an_anionic_dye_by_peanut_shell_modified_with_gemini_surfactants_A_study_on_the_stability_of_the_modification_and_the_removal_efficiency). Acesso em: 12 mar. 2025.

FRANQUETO, R. O uso de farinha de cascas de banana e de cascas de pinhão para a remoção da cor e turbidez de água de abastecimento por meio de adsorção. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 173-177, mar. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/14403>. Acesso em: 27 mar. 2025.

FREIRE, R. M. M.; FIRMINO, P. T.; SANTOS, R. C. Importância e utilização do amendoim na dieta alimentar. **Óleos e Grãos**, v. 8, n. 44, p. 40-42, 1998.

FU, F.; WANG, Q. Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: a Review. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 3, p. 407-418, mar. 2011. DOI: 10.1016/j.jenvman.2010.11.011. Acesso em: 28 fev. 2025.



GANGULY, P. *et al.* Valorization of food waste: Extraction of cellulose, lignin and their application in energy use and water treatment. **Fuel**, v. 280, n. 7, 118581, nov. 2020. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.118581. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/342998512\\_Valorization\\_of\\_food\\_waste\\_Extraction\\_of\\_cellulose\\_lignin\\_and\\_their\\_application\\_in\\_energy\\_use\\_and\\_water\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/342998512_Valorization_of_food_waste_Extraction_of_cellulose_lignin_and_their_application_in_energy_use_and_water_treatment). Acesso em: 22 jan. 2025.

GAUTAM, A. K. *et al.* Lead removal efficiency of various natural adsorbents (*Moringa oleifera*, *Prosopis juliflora*, peanut shell) from textile wastewater. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 288, feb. 2020. DOI: 10.1007/s42452-020-2065-0. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338908113\\_Lead\\_removal\\_efficiency\\_of\\_various\\_natural\\_adsorbents\\_Moringa\\_oleifera\\_Prosopis\\_juliflora\\_peanut\\_shell\\_from\\_textile\\_wastewater](https://www.researchgate.net/publication/338908113_Lead_removal_efficiency_of_various_natural_adsorbents_Moringa_oleifera_Prosopis_juliflora_peanut_shell_from_textile_wastewater). Acesso em: 11 mar. 2025.

GELAYE, Y.; LUO, H. Optimizing Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Production: Genetic Insights, Climate Adaptation, and Efficient Management Practices: Systematic Review. **Plants**, v. 13, n. 21, 2988, oct. 2024. DOI: 10.3390/plants13212988. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/385269818\\_Optimizing\\_Peanut\\_Arachis\\_hypogaea\\_L\\_Production\\_Genetic\\_Insights\\_Climate\\_Adaptation\\_and\\_Efficient\\_Management\\_Practices\\_Systematic\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/385269818_Optimizing_Peanut_Arachis_hypogaea_L_Production_Genetic_Insights_Climate_Adaptation_and_Efficient_Management_Practices_Systematic_Review). Acesso em: 25 fev. 2025.

GHORPADE, A.; AHAMMED, M. M. Water treatment sludge for removal of heavy metals from electroplating wastewater. **Environmental Engineering Research**, v. 23, n. 1, p. 92-98, sep. 2018. DOI: 10.4491/eer.2017.065. Disponível em: <https://www.eeer.org/journal/view.php?number=873>. Acesso em: 20 fev. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. Barueri: Atlas, 2022.

GRAÇA, C. A. L.; SOARES, O. S. G. P. From Waste to Resource: Evaluating Biomass Residues as Ozone-Catalyst Precursors for the Removal of Recalcitrant Water Pollutants. **Environments**, v. 11, n. 8, 172, 2024. DOI: 10.3390/environments11080172. Acesso em: 10 mar. 2025.

GUEYE, M. *et al.* High efficiency activated carbons from African biomass residues for the removal of chromium(VI) from wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 1, p. 273–281, 2014. DOI: 10.1016/j.jece.2013.12.014. Acesso em: 14 mar. 2025.

GULATI, A. *et al.* Peanut shell biotemplate to fabricate porous magnetic Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> coral reef and its catalytic properties for p-nitrophenol reduction and oxidative dye degradation. **Colloids and Surfaces A**, v. 604, 125328, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2020.125328. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343199567\\_Peanut\\_shell\\_biotemplate\\_to\\_fabricate\\_porous\\_magnetic\\_Co3O4\\_coral\\_reef\\_and\\_its\\_catalytic\\_properties\\_for\\_p-nitrophenol\\_reduction\\_and\\_oxidative\\_dye\\_degradation](https://www.researchgate.net/publication/343199567_Peanut_shell_biotemplate_to_fabricate_porous_magnetic_Co3O4_coral_reef_and_its_catalytic_properties_for_p-nitrophenol_reduction_and_oxidative_dye_degradation). Acesso em: 12 mar. 2025.

GUO, X.; WASER, R. Electrical properties of the grain boundaries of oxygen ion conductors: Acceptor-doped zirconia and ceria. **Progress in Materials Science**, v. 51, n. 2, p. 151-210, feb. 2006. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2005.07.001. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/248474997\\_Electrical\\_Properties\\_of\\_the\\_Grain\\_Boundaries\\_of\\_Oxygen\\_Ion\\_Conductors\\_Acceptor-Doped\\_Zirconia\\_and\\_Ceria](https://www.researchgate.net/publication/248474997_Electrical_Properties_of_the_Grain_Boundaries_of_Oxygen_Ion_Conductors_Acceptor-Doped_Zirconia_and_Ceria). Acesso em: 9 mar. 2025.

HERRERO, M.; IBAÑEZ, E. Green extraction processes, biorefineries and sustainability: Recovery of high added-value products from natural sources. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 134, p. 252-259, 2018. DOI: 10.1016/j.supflu.2017.12.002. Acesso em: 10 dez. 2024.

HGEIG, A.; NOVAKOVIC, M.; MIHAJLOVIC, I. Sorption of carbendazim and linuron from aqueous solutions with activated carbon produced from spent coffee grounds: Equilibrium, kinetic and thermodynamic approach. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 54, n. 4, p. 226-236, jan. 2019. DOI: 10.1080/03601234.2018.1550307. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330328071\\_Sorption\\_of\\_carbendazim\\_and\\_linuron\\_from\\_aqueous\\_solutions\\_with\\_activated\\_carbon\\_produced\\_from\\_spent\\_coffee\\_grounds\\_Equilibrium\\_kin](https://www.researchgate.net/publication/330328071_Sorption_of_carbendazim_and_linuron_from_aqueous_solutions_with_activated_carbon_produced_from_spent_coffee_grounds_Equilibrium_kin)



etic\_and\_thermodynamic\_approach. Acesso em: 24 fev. 2025.

HUBADILLAH, S. K. *et al.* Fabrication of low cost, green silica based ceramic hollow fibre membrane prepared from waste rice husk for water filtration application. **Ceramics International**, v. 44, n. 9, p. 10498–10509, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.03.067. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323802175\\_Fabrication\\_of\\_low\\_cost\\_green\\_silica\\_based\\_ceramic\\_hollow\\_fibre\\_membrane\\_prepared\\_from\\_waste\\_rice\\_husk\\_for\\_water\\_filtration\\_application](https://www.researchgate.net/publication/323802175_Fabrication_of_low_cost_green_silica_based_ceramic_hollow_fibre_membrane_prepared_from_waste_rice_husk_for_water_filtration_application). Acesso em: 12 dez. 2024.

HUTCHESON, J. Ultrapure water: systems for microelectronics. **Filtration & Separation**, v. 43, n. 5, p. 22-25, jun. 2006. DOI: 10.1016/S0015-1882(06)70888-6. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/239170775\\_Ultrapure\\_water\\_systems\\_for\\_microelectronic\\_s](https://www.researchgate.net/publication/239170775_Ultrapure_water_systems_for_microelectronic_s). Acesso em: 22 fev. 2025.

ISLAM, M. T. *et al.* Removal of methylene blue and tetracycline from water using peanut shell derived adsorbent prepared by sulfuric acid reflux. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 1, p. 102816, 2019. DOI: 10.1016/j.jece.2018.102816. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343718307395>. Acesso em: 11 mar. 2025.

INDIA. Ministry of New and Renewable Energy. Overview of Bio Energy, Waste to Energy and Small Hydro. Government of India, 2021. Disponível em: <https://mnre.gov.in/en/bio-energy-overview/>. Acesso em: 19 fev. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Water for analytical laboratory use – Specification and test methods – n° 3696. 1995. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/9169/22e54338cd074042b5efff277fcfc4f/SIST-ISO-3696-1995.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2025.

JIANG, L. *et al.* Levoglucosan and its hydrolysates via fast pyrolysis of lignocellulose for microbial biofuels: A state-of-the-art review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 105, p. 215-229, may. 2019. DOI: 10.1016/j.rser.2019.01.055. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/3327877>

96\_Levoglucosan\_and\_its\_hydrolysates\_via\_fast\_pyrolysis\_of\_lignocellulose\_for\_microbial\_biofuels\_A\_state-of-the-art\_review. Acesso em: 3 mar. 2025.

KASANI, A. A.; GILANI, H. G.; CHOOBAR, B. G. The peanut shell treated with 1-Chloro-2,3-epoxypropane and its application as an adsorbent in the removal of nitrate from water. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 11, 100404, may 2020. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100404. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/341115749\\_The\\_peanut\\_shell\\_treated\\_with\\_1-Chloro-23-epoxypropane\\_and\\_its\\_application\\_as\\_an\\_adsorbent\\_in\\_the\\_removal\\_of\\_nitrate\\_from\\_water](https://www.researchgate.net/publication/341115749_The_peanut_shell_treated_with_1-Chloro-23-epoxypropane_and_its_application_as_an_adsorbent_in_the_removal_of_nitrate_from_water). Acesso em: 13 mar. 2025.

KISKU, G. C. *et al.* Environmental Health Risk Estimation of Heavy Metals Accumulated in Soil and Cultivated Plants Irrigated with Industrial Effluents. **Advances in Recycling & Waste Management**, v. 1, n. 1, 1000108, jun. 2016. DOI: 10.4172/arwm.1000108. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/303894902\\_Environmental\\_Health\\_Risk\\_Estimation\\_of\\_Heavy\\_Metals\\_Accumulated\\_in\\_Soil\\_and\\_Cultivated\\_Plants\\_Irrigated\\_with\\_Industrial\\_Effluents](https://www.researchgate.net/publication/303894902_Environmental_Health_Risk_Estimation_of_Heavy_Metals_Accumulated_in_Soil_and_Cultivated_Plants_Irrigated_with_Industrial_Effluents). Acesso em: 1 mar. 2025.

KREMER, D. P.; BORGES, J. O. A.; ALVES, A. C. T. Materiais alternativos no ensino de química: o uso do destilador artesanal para ensinar mudanças de fases da água. **Gnosis Carajás**, v. 2, n. 1, e22005, 2022. DOI: 10.55723/gc.v2i1.24. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e4db/b25948431b12d9f147a94958da8c1348de65.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

LAHMAR, A. *et al.* Removal of basic fuchsin from aqueous solutions by low-cost peanut shells adsorbent in a fixed bed column. **Desalination and Water Treatment**, v. 191, n. 363-4, p. 400-416, jul. 2020. DOI: 10.5004/dwt.2020.25726. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343314702\\_Removal\\_of\\_basic\\_fuchsin\\_from\\_aqueous\\_solutions\\_by\\_low-cost\\_peanut\\_shells\\_adsorbent\\_in\\_a\\_fixed\\_bed\\_column](https://www.researchgate.net/publication/343314702_Removal_of_basic_fuchsin_from_aqueous_solutions_by_low-cost_peanut_shells_adsorbent_in_a_fixed_bed_column). Acesso em: 18 mar. 2025.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environment management**. London: Earthscan,

2009. Disponível em: <https://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/First%20proof%2013-01-09.pdf>. Acesso em:

LI, J.; ZHANG, W. Adsorptive removal of malachite green from aqueous solution using modified peanut shell. **Desalination and Water Treatment**, v. 51, n. 28–30, p. 5831–5839, aug. 2013. DOI: 10.1080/19443994.2012.76116. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/271927187\\_Adsorptive\\_removal\\_of\\_malachite\\_green\\_from\\_aqueous\\_solution\\_using\\_modified\\_peanut\\_shell](https://www.researchgate.net/publication/271927187_Adsorptive_removal_of_malachite_green_from_aqueous_solution_using_modified_peanut_shell). Acesso em: 10 mar. 2025.

LI, R. *et al.* Adsorptive removal of antibiotics from water using peanut shells from agricultural waste. **RSC Advances**, v. 8, p. 13546–13555, apr. 2018. DOI: 10.1039/C7RA11796E. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324444057\\_Adsorptive\\_removal\\_of\\_antibiotics\\_from\\_water\\_using\\_peanut\\_shells\\_from\\_agricultural\\_waste](https://www.researchgate.net/publication/324444057_Adsorptive_removal_of_antibiotics_from_water_using_peanut_shells_from_agricultural_waste). Acesso em: 12 dez. 2024.

LI, F. *et al.* Removal of aqueous Cr(VI) by Zn- and Al-modified hydrochar. **Chemosphere**, v. 260, 127610, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127610. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/342855182\\_Removal\\_of\\_aqueous\\_CrVI\\_by\\_Zn-\\_and\\_Al-modified\\_hydrochar](https://www.researchgate.net/publication/342855182_Removal_of_aqueous_CrVI_by_Zn-_and_Al-modified_hydrochar). Acesso em: 22 mar. 2025.

LI, T. *et al.* Simultaneous removal of p-nitrophenol and Cr(VI) using biochar supported green synthetic nano zero valent iron-copper: Mechanistic insights and toxicity evaluation. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 167, p. 629–640, sep. 2022. DOI: 10.1016/j.psep.2022.09.049. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/363801990\\_Simultaneous\\_removal\\_of\\_p-nitrophenol\\_and\\_CrVI\\_using\\_biochar\\_supported\\_green\\_synthetic\\_nano\\_zero\\_valent\\_iron-copperMechanistic\\_insights\\_and\\_toxicity\\_evaluation](https://www.researchgate.net/publication/363801990_Simultaneous_removal_of_p-nitrophenol_and_CrVI_using_biochar_supported_green_synthetic_nano_zero_valent_iron-copperMechanistic_insights_and_toxicity_evaluation). Acesso em: 12 mar. 2025.

LIMA, J. P. M.; ROLLEMBERG, S. L. S. Técnicas Simplificadas de Tratamento de Água. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, p. 447–460, abr. 2020. Disponível em: <http://static.sites.sbgq.org.br/rvq.sbgq.org.br/pdf/v12n2a15.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2025.

LIU, C. *et al.* New approach in modeling Cr(VI) sorption onto biomass from metal binary mixtures

solutions. **Science of The Total Environment**, v. 541, p. 101–108, jan. 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.020. Acesso em: 14 mar. 2025.

LIU, L. *et al.* Removal and reduction of Cr(VI) in simulated wastewater using magnetic biochar prepared by co-pyrolysis of nano-zero-valent iron and sewage sludge. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, 120562, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120562. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339256759\\_Removal\\_and\\_reduction\\_of\\_CrVI\\_in\\_simulated\\_wastewater\\_using\\_magnetic\\_biochar\\_prepared\\_by\\_co-pyrolysis\\_of\\_nano-zero-valent\\_iron\\_and\\_sewage\\_sludge](https://www.researchgate.net/publication/339256759_Removal_and_reduction_of_CrVI_in_simulated_wastewater_using_magnetic_biochar_prepared_by_co-pyrolysis_of_nano-zero-valent_iron_and_sewage_sludge). Acesso em: 11 mar. 2025.

LIU, R. *et al.* New eco-friendly FeS-modified biochar derived from peanut shells and walnut shells: a green synthesis approach for removal of lead. **Desalination and Water Treatment**, v. 277, p. 251–265, nov. 2022. DOI: 10.5004/dwt.2022.29033. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/368760948\\_New\\_eco-friendly\\_FeS-modified\\_biochar\\_derived\\_from\\_peanut\\_shells\\_and\\_walnut\\_shells\\_a\\_green\\_synthesis\\_approach\\_for\\_removal\\_of\\_lead](https://www.researchgate.net/publication/368760948_New_eco-friendly_FeS-modified_biochar_derived_from_peanut_shells_and_walnut_shells_a_green_synthesis_approach_for_removal_of_lead). Acesso em: 15 mar. 2025.

LUO, K. *et al.* Efficient hexavalent chromium removal by nano-cerium oxide functionalized biochar: Insight into the role of reduction. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 3, 110004, apr. 2023. DOI: 10.1016/j.jece.2023.110004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/370242218\\_Efficient\\_hexavalent\\_chromium\\_removal\\_by\\_nano-cerium\\_oxide\\_functionalized\\_biochar\\_Insight\\_into\\_the\\_role\\_of\\_reduction](https://www.researchgate.net/publication/370242218_Efficient_hexavalent_chromium_removal_by_nano-cerium_oxide_functionalized_biochar_Insight_into_the_role_of_reduction). Acesso em: 09 mar. 2025.

MA, R. *et al.* Highly efficient reduction of Cr(VI) from industries sewage using novel biomass-driven carbon dots modified TiO<sub>2</sub> under sunlight. **Chemical Engineering Journal**, v. 500, n. 2, 157480, nov. 2024. DOI: 10.1016/j.cej.2024.157480. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/385598931\\_Highly\\_efficient\\_reduction\\_of\\_CrVI\\_from\\_industries\\_sewage\\_using\\_novel\\_biomass-driven\\_carbon\\_dots\\_modified\\_TiO2\\_under\\_sunlight](https://www.researchgate.net/publication/385598931_Highly_efficient_reduction_of_CrVI_from_industries_sewage_using_novel_biomass-driven_carbon_dots_modified_TiO2_under_sunlight). Acesso em: 12 mar. 2025.

MAHAPATRO, A.; MAHANTA, P. Gasification studies of low-grade Indian coal and biomass in a lab-scale pressurized circulating fluidized bed. **Renewable Energy**, v. 150, p. 1151-1159, 2020. DOI: [doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.038](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.038). Acesso em: 20 fev. 2025.

MEDINA, F. M. O. *et al.* Insights of competitive adsorption on activated carbon of binary caffeine and diclofenac solutions. **Journal of Environmental Management**, v. 278, part 2, 111523, jan. 2021. DOI: [10.1016/j.jenvman.2020.111523](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111523). Acesso em: 11 mar. 2025.

MOHADESI, M. *et al.* Simultaneous removal of Pb(II) and Cr(VI) from a steel company wastewater using various green adsorbents: Material characterization and numerical optimization. **Water Practice and Technology**, v. 19, n. 11, p. 4473-4485, oct. 2024. DOI: [10.2166/wpt.2024.266](https://doi.org/10.2166/wpt.2024.266). Disponível em: <https://iwaponline.com/wpt/article/19/11/4473/105464>. Acesso em: 13 mar. 2025.

MOHAMMED, M. A.; SHITU, A.; IBRAHIM, A. Removal of Methylene Blue Using Low Cost Adsorbent: A Review. **Research Journal of Chemical Sciences**, v. 4, n. 1, p. 91-102, jan. 2014. Disponível em: <https://www.isca.me/rjcs/Archives/v4/i1/15.ISCA-RJCS-2013-178.php>. Acesso em: 2 mar. 2025.

MONDAL, N. K. *et al.* Optimization of Cr(VI) biosorption onto *Aspergillus niger* using 3-level Box-Behnken design: equilibrium, kinetic, thermodynamic and regeneration studies. **Journal, Genetic Engineering & Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 151-160, jun. 2017. DOI: [10.1016/j.jgeb.2017.01.006](https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.01.006). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X17300069>. Acesso em: 24 fev. 2025.

NOZARI, L. H. S. **Influência da Temperatura e da Presença de H<sub>2</sub>S no Comportamento Mecânico e Eletroquímico do Aço API5CT grau P1 10 em Água do Mar Sintética**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002, 109p.

OLIVEIRA, A. R.; BARBOSA, T. A.; MENDONÇA, L. C. Adsorption of pollutants in wastewater using biochar: a systematic review. **Research, Society**

**and Development**, v. 12, n. 4, p. e23712441228, apr. 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/41228>. DOI: [10.33448/rsd-v12i4.41228](https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.41228). Acesso em: 19 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2024. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. As Nações Unidas no Brasil [Internet]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 9 dez. 2024.

PERONI, M. B. *et al.* Use of carbon from the agricultural industry for the synthesis of catalysts destined to oxyanions removal from water. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 104640-104651, sep. 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/373944395\\_Use\\_of\\_carbon\\_from\\_the\\_agricultural\\_industry\\_for\\_the\\_synthesis\\_of\\_catalysts\\_destined\\_to\\_oxyanions\\_removal\\_from\\_water](https://www.researchgate.net/publication/373944395_Use_of_carbon_from_the_agricultural_industry_for_the_synthesis_of_catalysts_destined_to_oxyanions_removal_from_water). DOI: [10.1007/s11356-023-29644-w](https://doi.org/10.1007/s11356-023-29644-w). Acesso em: 13 mar. 2025.

PUGLLA, E. P. *et al.* Biochar from Agricultural by-Products for the Removal of Lead and Cadmium from Drinking Water. **Water**, v. 12, n. 10, 2933, oct. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/346321438\\_Biochar\\_from\\_Agricultural\\_by-Products\\_for\\_the\\_Removal\\_of\\_Lead\\_and\\_Cadmium\\_from\\_Drinking\\_Water](https://www.researchgate.net/publication/346321438_Biochar_from_Agricultural_by-Products_for_the_Removal_of_Lead_and_Cadmium_from_Drinking_Water). DOI: [10.3390/w12102933](https://doi.org/10.3390/w12102933). Acesso em: 8 mar. 2025.

QIU, Y. *et al.* Contribution of different iron species in the iron-biochar composites to sorption and degradation of two dyes with varying properties. **Chemical Engineering Journal**, v. 389, 124471, feb. 2020. DOI: [10.1016/j.cej.2020.124471](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124471). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339292912\\_Contribution\\_of\\_different\\_iron\\_species\\_in\\_the\\_iron-biochar\\_composites\\_to\\_sorption\\_and\\_degradation\\_of\\_two\\_dyes\\_with\\_varying\\_properties](https://www.researchgate.net/publication/339292912_Contribution_of_different_iron_species_in_the_iron-biochar_composites_to_sorption_and_degradation_of_two_dyes_with_varying_properties). Acesso em: 13 mar. 2025.

RAHIM, S. *et al.* Synthesis of alumina-carbon framework for efficient sorption of methyl orange from wastewater with factorial design and mechanisms. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 22, 100950, apr. 2023. DOI: [10.1016/j.gsd.2023.100950](https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100950). Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/370107752\\_Synthesis\\_of\\_alumina-carbon\\_framework\\_for\\_efficient\\_sorption\\_of\\_methyl\\_orange\\_from\\_wastewater\\_with\\_factorial\\_design\\_and\\_mechanisms](https://www.researchgate.net/publication/370107752_Synthesis_of_alumina-carbon_framework_for_efficient_sorption_of_methyl_orange_from_wastewater_with_factorial_design_and_mechanisms). Acesso em: 10 mar. 2025.

RINALDI, A.; SCHWEIKER, M.; IANNONE, F. On uses of energy in buildings: Extracting influencing factors of occupant behaviour by means of a questionnaire survey. **Energy and Buildings**, v. 168, p. 298-308, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.03.045. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323821568\\_On\\_Uses\\_of\\_Energy\\_in\\_Buildings\\_Extracting\\_influencing\\_Factors\\_of\\_Occupant\\_Behaviour\\_by\\_Means\\_of\\_a\\_Questionnaire\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/323821568_On_Uses_of_Energy_in_Buildings_Extracting_influencing_Factors_of_Occupant_Behaviour_by_Means_of_a_Questionnaire_Survey). Acesso em: 4 mar. 2025.

RZIG, B. *et al.* Modelling and optimization of hexavalent chromium removal from aqueous solution by adsorption on low-cost agricultural waste biomass using response surface methodological approach. **Water Science & Technology**, v. 84, n. 3, p. 552-575, jun. 2021. DOI: 10.2166/wst.2021.233. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/352564419\\_Modelling\\_and\\_optimization\\_of\\_hexavalent\\_chromium\\_removal\\_from\\_aqueous\\_solution\\_by\\_adsorption\\_on\\_low-cost\\_agricultural\\_waste\\_biomass\\_using\\_response\\_surface\\_methodological\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/352564419_Modelling_and_optimization_of_hexavalent_chromium_removal_from_aqueous_solution_by_adsorption_on_low-cost_agricultural_waste_biomass_using_response_surface_methodological_approach). Acesso em: 13 mar. 2025.

SALEH, T. A. Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities. **Environmental Technology & Innovation**, v. 20, 101067, nov. 2020. DOI: 10.1016/j.eti.2020.101067. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186420313675>. Acesso em: 24 fev. 2025.

SALEM, D. B. *et al.* Easy separable, floatable, and recyclable magnetic-biochar/alginate bead as super-adsorbent for adsorbing copper ions in water media. **Bioresource Technology**, v. 383, 129225, sep. 2023. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.129225. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/371037747\\_Easy\\_separable\\_floatable\\_and\\_recyclable\\_magnetic-biocharalginate\\_bead\\_as\\_super-adsorbent\\_for\\_adsorbing\\_copper\\_ions\\_in\\_water\\_media](https://www.researchgate.net/publication/371037747_Easy_separable_floatable_and_recyclable_magnetic-biocharalginate_bead_as_super-adsorbent_for_adsorbing_copper_ions_in_water_media). Acesso em: 8 mar. 2025.

SAMIMI, M. *et al.* A brief review of recent results in arsenic adsorption process from aquatic environments by metal-Organic frameworks: Classification based on kinetics, isotherms and thermodynamics behaviors. **Nanomaterials**, v. 13, n. 1, 60, dec. 2022. DOI: 10.3390/nano13010060. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/366545204\\_A\\_Brief\\_Review\\_of\\_Recent\\_Results\\_in\\_Arsenic\\_Adsorption\\_Process\\_from\\_Aquatic\\_Environments\\_by\\_Metal-Organic\\_Frameworks\\_Classification\\_Based\\_on\\_Kinetics\\_Isotherms\\_and\\_Thermodynamics\\_Behaviors](https://www.researchgate.net/publication/366545204_A_Brief_Review_of_Recent_Results_in_Arsenic_Adsorption_Process_from_Aquatic_Environments_by_Metal-Organic_Frameworks_Classification_Based_on_Kinetics_Isotherms_and_Thermodynamics_Behaviors). Acesso em: 12 mar. 2025.

SAMIMI, M.; SHAHRIARI-MOGHADAM, M. Isolation and identification of *Delftia lacustris* Strain-MS3 as a novel and efficient adsorbent for lead biosorption: Kinetics and thermodynamic studies, optimization of operating variables. **Biochemical Engineering Journal**, v. 173, 108091, jun. 2021. DOI: 10.1016/j.bej.2021.108091. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/352238481\\_Isolation\\_and\\_Identification\\_of\\_Delftia\\_lacustris\\_Strain-MS3\\_as\\_a\\_Novel\\_and\\_Efficient\\_Adsorbent\\_for\\_Lead\\_Biosorption\\_Kinetics\\_and\\_Thermodynamic\\_Studies\\_Optimization\\_of\\_Operating\\_Variables](https://www.researchgate.net/publication/352238481_Isolation_and_Identification_of_Delftia_lacustris_Strain-MS3_as_a_Novel_and_Efficient_Adsorbent_for_Lead_Biosorption_Kinetics_and_Thermodynamic_Studies_Optimization_of_Operating_Variables). Acesso em: 14 mar. 2025.

SANTOS, A. R. A.; CRUZ, L.; GONTIJO, H. M. Semente de Moringa Oleífera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. e3386945, mar. 2019. DOI:10.33448/rsd-v8i6.945. Acesso em: 10 dez. 2024.

SANTOS, A. L. A.; ROSA, T. S.; MICHELAN, D. C. G. S. Eficiência do tratamento de água por meio dos coagulantes inorgânico sulfato de alumínio e orgânico *Abelmoschus esculentus* ou quiabo separadamente e associados. **Gaia Scientia**, v. 16, n. 3, p. 84-108, nov. 2022. DOI: 10.22478/ufpb.1981-1268.2022v16n3.63769. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/385715982\\_Eficiencia\\_do\\_tratamento\\_de\\_agua\\_por\\_meio\\_dos\\_coagulantes\\_inorganico\\_sulfato\\_de\\_aluminio\\_e\\_orgânico\\_Abelmoschus\\_esculentus\\_ou\\_quiabo\\_separadamente\\_e\\_associados](https://www.researchgate.net/publication/385715982_Eficiencia_do_tratamento_de_agua_por_meio_dos_coagulantes_inorganico_sulfato_de_aluminio_e_orgânico_Abelmoschus_esculentus_ou_quiabo_separadamente_e_associados). Acesso em: 13 dez. 2024.



SATTAR, M. S. *et al.* Comparative efficiency of peanut shell and peanut shell biochar for removal of arsenic from water. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 18624-18635, jun. 2019. DOI: 10.1007/s11356-019-05185-z. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332407336\\_Comparative\\_efficiency\\_of\\_peanut\\_shell\\_and\\_peanut\\_shell\\_biochar\\_for\\_removal\\_of\\_arsenic\\_from\\_water](https://www.researchgate.net/publication/332407336_Comparative_efficiency_of_peanut_shell_and_peanut_shell_biochar_for_removal_of_arsenic_from_water). Acesso em: 11 dez. 2024.

SETHI, G. K. *et al.* Designed synthesis of phyto-magnetic and techno-economic peanut-shell embedded ferrite as a classic scavenger for recalcitrant crystal violet from wastewater. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 14, p. 22881-22892, jun. 2023. DOI: 10.1007/s13399-023-04461-w. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/371638468\\_Designed\\_synthesis\\_of\\_phyto-magnetic\\_and techno-economic\\_peanut-shell\\_embedded\\_ferrite\\_as\\_a\\_classic\\_scavenger\\_for\\_recalcitrant\\_crystal\\_violet\\_from\\_wastewater](https://www.researchgate.net/publication/371638468_Designed_synthesis_of_phyto-magnetic_and techno-economic_peanut-shell_embedded_ferrite_as_a_classic_scavenger_for_recalcitrant_crystal_violet_from_wastewater). Acesso em: 13 mar. 2025.

SILVA, N. R. F. **Produção de levoglucosana a partir de resíduo agroindustrial: casca de amendoim**. 2021. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, 2021, 160f.

SILVEIRA, P. L. N. *et al.* Utilização do carvão ativado da casca da laranja no tratamento sustentável e de baixo custo da água de um poço tubular localizado no semiárido paraibano. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 1, mai. 2021. DOI: 10.14295/ras.v35i1.30037. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30037>. Acesso em: 12 dez. 2024.

SOHNI, S. *et al.* Immobilization performance of graphene oxide-based engineered biochar derived from peanut shell towards cationic and anionic dyes. **Industrial Crops & Products**, v. 206, n. 1, 117656, dec. 2023. DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117656. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/375003984\\_Immobilization\\_performance\\_of\\_graphene\\_oxide-based\\_engineered\\_biochar\\_derived\\_from\\_peanut\\_shell\\_towards\\_cationic\\_and\\_anionic\\_dyes](https://www.researchgate.net/publication/375003984_Immobilization_performance_of_graphene_oxide-based_engineered_biochar_derived_from_peanut_shell_towards_cationic_and_anionic_dyes). Acesso em: 10 mar. 2025.

SULISTYOWATI, L.; YOLANDA, Y.; ANDARESWARI, N. Harbor water pollution by heavy metal concentrations in sediments. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 9, n. 4, p. 885-898, 2023. DOI: 10.22034/gjesm.2023.04.15. Disponível em: [https://www.gjesm.net/article\\_703070.html](https://www.gjesm.net/article_703070.html). Acesso em: 12 mar. 2025.

TEJEDOR, J. *et al.* Performance of wood chips/peanut shells biofilters used to remove organic matter from domestic wastewater. **Science of the Total Environment**, v. 738, 139589, may. 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139589. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341563629\\_Performance\\_of\\_wood\\_chipspeanut\\_shells\\_bi ofilters\\_used\\_to\\_remove\\_organic\\_matter\\_from\\_d omestic\\_wastewater](https://www.researchgate.net/publication/341563629_Performance_of_wood_chipspeanut_shells_bi ofilters_used_to_remove_organic_matter_from_d omestic_wastewater). Acesso em: 18 mar. 2025.

TOMÉ, A. G. *et al.* Biorefinery of peanut shell agroindustrial lignocellulosic waste for synthesis of a natural coagulant applied in the treatment of dairy wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 6, 111535, dec. 2023. DOI: 10.1016/j.jece.2023.111535. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343723022741>. Acesso em: 20 jan. 2025.

TOMUL, F. *et al.* Adsorption process of naproxen onto peanut shell-derived biosorbent: important role of n- $\pi$  interaction and van der Waals force. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 96, n. 4, p. 869-880, apr. 2021. DOI: 10.1002/jctb.6613. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6613>. Acesso em: 14 mar. 2025.

UDDIN, T.; RUKANUZZAMAN; ISLAM, A. Enhanced adsorption performance of activated carbon prepared from peanut shell for the adsorption of dyes from aqueous solution. **Desalination and Water Treatment**, v. 280, p. 60-75, dec. 2022. DOI: 10.5004/dwt.2022.28961. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/368823131\\_Enhanced\\_adsorption\\_performance\\_of\\_activated\\_carbon\\_prepared\\_from\\_peanut\\_shell\\_for\\_the\\_adsorption\\_of\\_dyes\\_from\\_aqueous\\_solution](https://www.researchgate.net/publication/368823131_Enhanced_adsorption_performance_of_activated_carbon_prepared_from_peanut_shell_for_the_adsorption_of_dyes_from_aqueous_solution). Acesso em: 10 mar. 2025.

WAN, S. *et al.* Enhanced lead and cadmium removal using biochar-supported hydrated manganese oxide (HMO) nanoparticles: Behavior



and mechanism. **Science of the Total Environment**, v. 616-617, p. 1298-1306, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.188. Acesso em: 11 mar. 2025.

WANG, P. *et al.* Adsorption of methylene blue by a low-cost biosorbent: citric acid modified peanut shell. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 22, p. 10261-10269, may. 2016. DOI: 10.1080/19443994.2015.1033651. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624028650>. Acesso em: 10 mar. 2025.

WANG, Q. *et al.* Green technology innovation development in China in 1990-2015. **Science of the Total Environment**, v. 696, 134008, aug. 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019. 134008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/335261489\\_Green\\_technology\\_innovation\\_development\\_in\\_China\\_in\\_1990-2015](https://www.researchgate.net/publication/335261489_Green_technology_innovation_development_in_China_in_1990-2015). Acesso em: 22 fev. 2025.

WANG, H. *et al.* Novel Chitosan-FeS@biochar-added constructed wetland microcosms for NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and Pb removal: Performance and mechanism. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 10, 110400, jun. 2023. DOI: 10.1016/j.jece.2023.110400. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/371710470\\_Novel\\_Chitosan-FeSbiochar-added\\_constructed\\_wetland\\_microcosms\\_for\\_NH4NO3-and\\_Pb\\_removal\\_Performance\\_and\\_mechanism](https://www.researchgate.net/publication/371710470_Novel_Chitosan-FeSbiochar-added_constructed_wetland_microcosms_for_NH4NO3-and_Pb_removal_Performance_and_mechanism). Acesso em: 11 mar. 2025.

WANG, Z. *et al.* Naphthalene-based donor-acceptor covalent organic frameworks as an electron distribution regulator for boosting photocatalysis. **Chemical Communications**, v. 60, n. 36, p. 4793-4796, apr. 2024. DOI: 10.1039/D4CC00910J. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/379756527\\_Naphthalene-based\\_donor-acceptor\\_covalent\\_organic\\_frameworks\\_as\\_an\\_electron\\_distribution\\_regulator\\_for\\_boosting\\_photocatalysis](https://www.researchgate.net/publication/379756527_Naphthalene-based_donor-acceptor_covalent_organic_frameworks_as_an_electron_distribution_regulator_for_boosting_photocatalysis). Acesso em: 24 fev. 2025.

WANG, S.; NAM, H.; NAM, H. Preparation of activated carbon from peanut shell with KOH activation and its application for H<sub>2</sub>S adsorption in confined space. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 2, 103683, apr. 2020. DOI: 10.1016/j.jece.2020.103683. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/338505377\\_Preparation\\_of\\_activated\\_carbon\\_from\\_peanut\\_shell\\_with\\_KOH\\_activation\\_andits\\_application\\_for\\_H2S\\_adsorption\\_in\\_confined\\_space](https://www.researchgate.net/publication/338505377_Preparation_of_activated_carbon_from_peanut_shell_with_KOH_activation_andits_application_for_H2S_adsorption_in_confined_space). Acesso em: 22 mar. 2025.

WANG, S.; PENG, Y. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 156, n. 1, p. 11-24, jan. 2010. DOI: 10.1016/j.cej.2009.10.029. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/222068049\\_Natural\\_zeolites\\_as\\_effective\\_adsorbents\\_in\\_water\\_and\\_wastewater\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/222068049_Natural_zeolites_as_effective_adsorbents_in_water_and_wastewater_treatment). Acesso em: 25 fev. 2025.

WITEK-KROWIAK, A.; SZAFRAN, R. G.; MODELSKI, S. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. **Desalination**, v. 265, n. 1-3, p. 126-134, jan. 2011. DOI: 10.1016/j.desal.2010.07.042. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/244145350\\_Biosorption\\_of\\_Heavy\\_Metals\\_From\\_Aqueous\\_Solutions\\_onto\\_Peanut\\_Shell\\_as\\_a\\_Low-Cost\\_Biosorbent](https://www.researchgate.net/publication/244145350_Biosorption_of_Heavy_Metals_From_Aqueous_Solutions_onto_Peanut_Shell_as_a_Low-Cost_Biosorbent). Acesso em: 16 mar. 2025.

XU, J. *et al.* Enhanced Cr(VI) removal induced by electron donor in magnetic iron-nickel sulfides biochar composites. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, n. 5, 108412, 2022. DOI: 10.1016/j.jece.2022.108412. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/244145350\\_Biosorption\\_of\\_Heavy\\_Metals\\_From\\_Aqueous\\_Solutions\\_onto\\_Peanut\\_Shell\\_as\\_a\\_Low-Cost\\_Biosorbent](https://www.researchgate.net/publication/244145350_Biosorption_of_Heavy_Metals_From_Aqueous_Solutions_onto_Peanut_Shell_as_a_Low-Cost_Biosorbent). Acesso em: 20 mar. 2025

YANG, Z. *et al.* The behavior and mechanism of the adsorption of Pb(II) and Cd(II) by a porous double network porous hydrogel derived from peanut shells. **Materials Today Communications**, v. 27, n. 12, 102449, may 2021. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2021.102449. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351612301\\_The\\_behavior\\_and\\_mechanism\\_of\\_the\\_adsorption\\_of\\_PbII\\_and\\_CdII\\_by\\_a\\_porous\\_double\\_network\\_porous\\_hydrogel\\_derived\\_from\\_peanut\\_shells](https://www.researchgate.net/publication/351612301_The_behavior_and_mechanism_of_the_adsorption_of_PbII_and_CdII_by_a_porous_double_network_porous_hydrogel_derived_from_peanut_shells). Acesso em: 12 mar. 2025.

YE, Z. *et al.* Removal of Cd(II) and Cr(VI) from Aqueous Solution by Peanut Shell Biochar-zero-valent Iron Composites: Performance, Effects and Mechanisms. **Water Air Soil Pollut**, v. 235, n. 8, jun. 2024. DOI:

10.1007/s11270-024-07294-z. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/381774167\\_Removal\\_of\\_CdII\\_and\\_CrVI\\_from\\_Aqueous\\_Solution\\_by\\_Peanut\\_Shell\\_Biochar-zero-valent\\_Iron\\_Composites\\_Performance\\_Effects\\_and\\_Mechanisms](https://www.researchgate.net/publication/381774167_Removal_of_CdII_and_CrVI_from_Aqueous_Solution_by_Peanut_Shell_Biochar-zero-valent_Iron_Composites_Performance_Effects_and_Mechanisms). Acesso em: 11 mar. 2025.

YU, H. *et al.* Effects of surface modification on heavy metal adsorption performance and stability of peanut shell and its extracts of cellulose, lignin, and hemicellulose. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 16-18, p. 26502–26510, jul. 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-09055-x. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341137520\\_Effects\\_of\\_surface\\_modification\\_on\\_heavy\\_metal\\_adsorption\\_performance\\_and\\_stability\\_of\\_peanut\\_shell\\_and\\_its\\_extracts\\_of\\_cellulose\\_lignin\\_and\\_hemicellulose](https://www.researchgate.net/publication/341137520_Effects_of_surface_modification_on_heavy_metal_adsorption_performance_and_stability_of_peanut_shell_and_its_extracts_of_cellulose_lignin_and_hemicellulose). Acesso em: 11 mar. 2025.

YUAN, J. *et al.* Biochar as a novel carbon-negative electron source and mediator: electron exchange capacity (EEC) and environmentally persistent free radicals (EPFRs): a review. **Chemical Engineering Journal**, v. 429, 132313, jan. 2022. DOI: 10.1016/j.cej.2021.132313. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZAHARIA, C.; SUTEU, D. Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview. In: T. PUZYN, T.; MOSTRAG, A. **Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention – Environmental and Analytical Update**. InTechOpen, 2012. DOI: 10.5772/32373.

ZAMAN, S. *et al.* Synthesis of mediator free hollow BiFeO<sub>3</sub> spheres/porous g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Z-scheme photocatalysts for CO<sub>2</sub> conversion and Alizarin Red S degradation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 162, n. 20, 107534, apr. 2023. DOI: 10.1016/j.mssp.2023.107534. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/370127745\\_Synthesis\\_of\\_mediator\\_free\\_hollow\\_BiFeO\\_3\\_spheresporous\\_g-C\\_3\\_N\\_4\\_Z-scheme\\_photocatalysts\\_for\\_CO\\_2\\_conversion\\_and\\_Alizarin\\_Red\\_S\\_degradation](https://www.researchgate.net/publication/370127745_Synthesis_of_mediator_free_hollow_BiFeO_3_spheresporous_g-C_3_N_4_Z-scheme_photocatalysts_for_CO_2_conversion_and_Alizarin_Red_S_degradation). Acesso em: 20 mar. 2025.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H (Orgs.). **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

ZHAO, G. *et al.* Few-layered graphene oxide nanosheets as superior sorbents for heavy metal ion pollution management. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 24, p. 10454–10462, nov. 2011. DOI: 10.1021/es203439v. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/51787727\\_Few-Layered\\_Graphene\\_Oxide\\_Nanosheets\\_As\\_Superior\\_Sorbents\\_for\\_Heavy\\_Metal\\_Ion\\_Pollution\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/51787727_Few-Layered_Graphene_Oxide_Nanosheets_As_Superior_Sorbents_for_Heavy_Metal_Ion_Pollution_Management). Acesso em: 13 mar. 2025.

ZHU, S. *et al.* Enhanced Transformation of Cr(VI) by Heterocyclic-N within Nitrogen-Doped Biochar: Impact of Surface Modulatory Persistent Free Radicals (PFRs). **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 13, p. 8123–8132, jul. 2020. DOI: 10.1021/acs.est.0c02713. Acesso em: 21 mar. 2025.

ZOCOLO, G. J. *et al.* Using SPE-LC-ESI-MS/MS Analysis to Assess Disperse Dyes in Environmental Water Samples. **Journal of Chromatographic Science**, v. 53, n. 8, p. 1257–1264, jan. 2015. DOI: 10.1093/chromsci/bmu221. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/271647864\\_Using\\_SPE-LC-ESI-MSMS\\_analysis\\_to\\_assess\\_disperse\\_dyes\\_in\\_environmental\\_water\\_samples](https://www.researchgate.net/publication/271647864_Using_SPE-LC-ESI-MSMS_analysis_to_assess_disperse_dyes_in_environmental_water_samples). Acesso em: 20 mar. 2025.

ZOU, H. *et al.* Ball milling biochar iron oxide composites for the removal of chromium (Cr(VI)) from water: Performance and mechanisms. **Journal of Hazardous Materials**, v. 413, 125252, jan. 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.125252. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/348858598\\_Ball\\_milling\\_biochar\\_iron\\_oxide\\_composites\\_for\\_the\\_removal\\_of\\_chromium\\_CrVI\\_from\\_water\\_Performance\\_and\\_mechanisms](https://www.researchgate.net/publication/348858598_Ball_milling_biochar_iron_oxide_composites_for_the_removal_of_chromium_CrVI_from_water_Performance_and_mechanisms). Acesso em: 19 mar. 2025.