

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



Atena
Editora
Ano 2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0671-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.716221909>

1. Sustentabilidade. 2. Inovação tecnológica. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 302.2

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Sustentabilidade: Abordagem científica e de inovação tecnológica 2” é constituído por quatro capítulos de livros que procuraram investigar, sob diferentes abordagens, a relação do homem com meio ambiente e as inúmeras possibilidades de agregar valor a matéria-prima tanto de origem vegetal, quanto animal.

O primeiro capítulo pretendeu-se avaliar o efeito de extratos provenientes de folhas de sibipiruna e braquiaria, na germinação e crescimento da alface. Os autores constaram que o extrato obtido a partir das espécies de plantas investigadas apresenta aleloquímicos capazes de proporcionar a redução no processo germinativo da alface.

O capítulo 2 investigou o desenvolvimento de metodologias mais sustentáveis que proporcionam a redução do uso de plásticos para o desenvolvimento de filmes a serem utilizados em embalagens que acondicionam alimentos. Os pesquisadores utilizaram um isolado protéico a partir do peixe Tilápia que foi submetido a inúmeras análises e resultou na produção de um filme capaz de ser utilizado em embalagens.

O terceiro capítulo se propôs a desenvolver uma metodologia de produção mais limpa (P+L) associadas às diferentes ferramentas *lean* em um processo de produção de farinha de milho. A partir da implementação da metodologia proposta pelos autores, houve uma conversão de 19% do resíduo e um aumento de 29% no faturamento mensal e com um retorno do investimento em até 1 ano e um mês.

Por fim, o último capítulo avaliou e comparou a capacidade adsorptiva de sementes da *Moringa oleifera* com argila na remoção dos íons metálicos de cobre (Cu^{2+}), cromo (Cr^{2+}), chumbo (Pb^{2+}) e cádmio (Cd^{2+}) em matrizes aquosas apresentando uma eficiência de remoção acima de 50%.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EFEITOS DE EXTRATOS DE CAPIM BRAQUIÁRIA E SIBIPIRUNA NO CRESCIMENTO INICIAL DE HORTALIÇAS	
Paulo Alfredo Feitoza Böhm	
Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm	
Rafael Mestrinheire Hungaro	
Andressa Mirela Canaver de Souza	
Cinthia Martins Corbetta	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219091	
CAPÍTULO 2	9
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ISOLADO PROTEICO DE TILÁPIA COM ADIÇÃO DE NANOARGILA	
Sandriane Pizato	
Rafaela Silva Cesca	
Maria Cecilia Pacco-Huamani	
Noelia Xiomara Pacheco-Torreblanca	
Rosalinda Arévalo Pinedo	
Marcelo Fossa da Paz	
Grethel Teresa Choque-Delgado	
William Renzo Cortez-Vega	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219092	
CAPÍTULO 3	18
APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS LEAN EM UM MOINHÓ PARA FABRICAÇÃO DE FARINHA DE MILHO	
Stefan Antonio Bueno	
Marcelo Fabiano Costella	
Josiane Maria Muneron de Mello	
Sideney Becker Onofre	
Francieli Dalcanton	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219093	
CAPÍTULO 4	35
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DOS ADSORVENTES NATURAIS (<i>MORINGA OLEIFERA</i> E ARGILA) NA REMOÇÃO DOS ÍONS METÁLICOS Cd ²⁺ , Cu ²⁺ , Cr ²⁺ E Pb ²⁺ EM MATRIZES AQUOSAS	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219094	
SOBRE O ORGANIZADOR	48
ÍNDICE REMISSIVO	49

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DOS ADSORVENTES NATURAIS (*MORINGA OLEIFERA* E ARGILA) NA REMOÇÃO DOS ÍONS METÁLICOS Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} E Pb^{2+} EM MATRIZES AQUOSAS

Data de aceite: 01/09/2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Química, Uberlândia – Minas Gerais - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>

<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

RESUMO: O crescimento da atividade industrial associado ao aumento da população leva a uma maior quantidade de efluentes lançados nos corpos d'água. O processo de adsorção é considerado um bom método para remoção de poluentes das águas, por ser econômico tanto em termos materiais quanto em termos energéticos. Assim, tem sido intensificada a pesquisa por materiais adsorventes alternativos de baixo custo e que podem ser reutilizáveis, tendo seu valor agregado ao processo de adsorção. O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade do uso da *Moringa oleifera* e da argila, como adsorventes naturais visando remover os metais: cobre (Cu^{2+}), cromo (Cr^{2+}), chumbo (Pb^{2+}) e cádmio (Cd^{2+}) pelo processo de adsorção. Os metais foram escolhidos devido a sua alta toxicidade e por estarem com frequência presentes em efluentes industriais. Foram realizados experimentos de adsorção em batelada utilizando o volume de 25,0 mL de cada metal em solução aquosa na concentração de 5 mg.L⁻¹, em diferentes massas (10, 30 e 50

mg) e tempos que variavam aleatoriamente. Os resultados mostram um caráter bastante promissor, pois a porcentagem de remoção de todos os metais acima citados foram maiores do que 50% utilizando tanto a massa de 10 mg quando a massa de 50 mg em seus respectivos tempos de 10, 15 e 20 minutos. Um estudo com combinações em dupla destes quatro metais como, por exemplo, Cu+Cd, Cu+Pb, Cu+Cr e assim respectivamente foi realizados com as melhores condições que foram obtidas nos ensaios feitos individualmente (melhor massa e tempo) porém se mostrou menos eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: *Moringa oleifera*, argila, adsorção.

EVALUATION OF THE ADSORPTION CAPACITY OF NATURAL ADSORBENTS (*MORINGA OLEIFERA* AND CLAY) IN THE REMOVAL OF Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} AND Pb^{2+} METALLIC IONS IN AQUEOUS MATRICES

ABSTRACT: The growth of the industrial activity associated to the increase of the population leads to a bigger quantity of effluent ones launched in the water bodies. The process of adsorption is considered a good method for removal of pollutants of the waters, since is economical so much in material terms all that in energetic terms. So, the inquiry has been intensified by materials adsorbent alternative of low cost and what can be you were re-using, having his value collected to the process of adsorption. The present work had how I aim to study the viability of the use of the *Moringa oleifera* and of the clay, like naturals adsorbents aiming to move the metal: copper (Cu^{2+}), chrome (Cr^{2+}), lead (Pb^{2+}) and cadmium

(Cd²⁺) removal. The metal was chosen due to his high toxicity and because of being frequently connected to effluent of industrial activities. Experiments were carried out of adsorption in whole bunch using the volum of 25,0 mL of each metal in aqueous solution in the concentration of 5 mg. L⁻¹, in different masses (10, 30 and 50 mg) and times that were varying aleatory. The results show a quite promising character, since the percentage of removal from all the metal above quoted they were bigger than 50 % when the mass of 50 mg is using so much the mass of 10 mg when in his respective times of 10, 15 and 20 minutes. With combinations in pair from this four metal, for example, Cu+Cd, Cu+Pb, Cu+Cr and so respectively it was carried out by the best conditions that there were obtained in the done tests isoladaments (better mass and time) however it appeared less efficient.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*, Clay and adsorption

1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para manutenção da vida e, portanto deve estar presente no meio ambiente em quantidade e qualidade apropriadas. Formada pelos átomos de hidrogênio e oxigênio em sua proporção 2:1, a água tem por uso principal os abastecimentos doméstico e industrial, a irrigação, preservação da fauna e da flora, recreação e lazer, criação de espécies aquáticas, geração de energia, navegação, diluição e transporte de despejos. Ela é um dos produtos mais preciosos, embora esteja sendo tomada como privilégio, por não ser acessível a toda população. Em termos ambientais, pode-se dizer que estas últimas duas décadas foram marcadas, no Brasil, por uma crescente conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados por uma verdadeira miríade de atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer naquelas industriais. Assim, existe uma grande preocupação com a água, não só por causa da sua escassez, em algumas regiões, mas devido aos processos constantes de poluição (MEURER; SILVA, 2019; MOREIRA et al., 2019).

Diante de uma política ambiental cada vez mais severa, tem havido um foco no uso de tecnologias apropriadas e de baixo custo para o tratamento de efluentes em países em desenvolvimento. Um dos maiores custos associados com o tratamento de efluentes é a importância de substâncias químicas para o tratamento de água e outros materiais. Uma solução para este problema é a produção local das substâncias químicas de tratamento, ou materiais não convencionais localmente disponíveis. Muitos adsorventes não convencionais de baixo custo têm sido experimentados por muitos pesquisadores, tais como casca de banana, bagaço de cana-de- açúcar, serragem de madeira, casca de semente de *Moringa oleifera*, fibra de coco e casca de laranja A adsorção tem se destacado como um processo de separação principal por ser um processo com alta seletividade em nível molecular. O processo de adsorção pode ser dividido em duas principais categorias a adsorção física e adsorção química. A adsorção física é causada por forças de interação molecular que envolve dipolos permanentes e dipolos induzidos. Já a adsorção química que é a técnica abordada no presente trabalho, envolve a acumulação de substâncias em uma superfície

ou interface de grande área específica, bem como a afinidade física entre o adsorbato e a superfície do material adsorvente (PENNA; MARTINS; SILVEIRA, 2022; SANTANA; SANTOS; RESENDE, 2020), ou seja, é um fenômeno de interface onde as moléculas de uma fase fluida, gasosa ou líquida, tendem a aderir a uma superfície sólida.

Alguns metais pesados são substâncias altamente tóxicas e não são compatíveis com a maioria dos tratamentos biológicos de efluentes existentes. Dessa forma, efluentes contendo esses metais não devem ser descartados na rede pública, para tratamento em conjunto com o esgoto doméstico.

No presente trabalho, foi dada maior ênfase ao estudo da remoção dos íons Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} e Pb^{2+} em solução aquosa. Estes metais foram escolhidos por apresentarem grande toxicidade e por serem freqüentemente encontrados nos corpos receptores degradados por fontes antropogênicas.

O cádmio (Cd^{2+}) é um elemento não-essencial e altamente tóxico para plantas e animais. É mais móvel no ambiente aquático que a maioria dos outros metais pesados e pode ser removido da água por precipitação, adsorção da superfície mineral e complexado com a matéria orgânica. O cádmio na água aparece por descargas industriais e alguns desperdícios. Ele é extensamente usado em chapeamento de metais. Quimicamente, é muito similar ao zinco, e esses dois metais, freqüentemente, sofrem processos geoquímicos juntos. Seus efeitos nos seres humanos são bastante sérios por o mesmo não ser essencial para os animais. É extremamente tóxico e acumula-se nos rins e no fígado. Entre outras causas, ele provoca o aumento da pressão sanguínea, lesão no rim (SILVA NETO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

O chumbo (Pb^{2+}) é encontrado na natureza principalmente como galena (PbS). De modo geral, o chumbo presente na água é mais absorvido pelo organismo do que o chumbo presente em alimentos. Sua toxicidade é proporcional à quantidade presente nos tecidos macios, e não à quantidade que se encontra nos ossos ou sangue. O chumbo permanece no corpo humano durante vários anos, podendo assim, acumular-se no organismo (LIMA et al., 2020; MOTA et al., 2020).

O cobre (Cu^{2+}) é usado extensivamente em ligas, encanamento, fios, pinturas, cerâmicas, pigmentos, pesticidas e na indústria química. Ele é um elemento potencialmente tóxico devido ser um dos metais mais utilizados, principalmente nas indústrias elétricas, de galvanoplastia, de fertilizantes, em atividades de mineração, fundição e refino de metais, além de estar presente na composição de pigmentos fungicidas e pesticidas. A toxicidade deste metal está relacionada com a capacidade que o elemento possui de catalisar a formação de radicais livres. Em grandes concentrações, pode proporcionar efeitos tóxicos ao tecido vegetal e causar a deficiência de outros nutrientes essenciais através de interações antagonicas (AVIZ et al., 2020; FARIAS et al., 2020).

O cromo (Cr^{2+}) é um elemento traço essencial (mas também tóxico) para o ser humano. Pode ser encontrado naturalmente no solo, na poeira e gases dos vulcões. Ele é

utilizado amplamente em diversos setores da indústria, podendo-se destacar a formação de ligas de ferro- cromo, que apresentam resistência a altas temperaturas, corrosão e a corrente elétrica. Os efluentes contendo cromato possuem alto poder de contaminação, quando não são convenientemente tratados e simplesmente abandonados em corpos d'água, aterros sanitários ou mesmo lixeiras clandestinas. No presente estudo, trabalhar-se-á com dois adsorventes naturais que apresentam alta capacidade adsorptiva, sendo eles: a *Moringa oleifera* e um material argiloso, utilizado para a fabricação de tijolos, no qual abaixo relacionamos algumas características destes dois adsorventes (SANTOS; COELHO; COELHO, 2021; SOUZA et al., 2020).

Os múltiplos usos da *Moringa oleifera* têm promovido significativamente sua aplicação. Ela é planta pertencente à família das *Moringaceae*, nativa da Índia e amplamente cultivada nos trópicos de todo o mundo, e favorecida para o crescimento nas vizinhanças das casas devido à sua beleza estética, como cerca e para proteção (SANTOS; COELHO; COELHO, 2021). Uma maneira para melhorar a aceitação da moringa como agente coagulante em todo o mundo, é mostrar claramente suas vantagens como coagulante convencional e aplicar tecnologia moderna para fornecer tratamento às águas poluídas a baixo custo.

Assim, como a moringa apresenta grande aptidão em adsorver metais pesados presentes em águas, estes ao interagirem com as moléculas da moringa, são retidos por sítios ativos de adsorção. Essas substâncias são ricas em grupos funcionais com cargas negativas tais como hidroxilas alcoólicas e fenólicas e ácidos carboxílicos que são justamente os sítios de adsorção dos metais em solução.

As argilas têm sido usadas pela humanidade desde a antiguidade para a fabricação de objetos cerâmicos, como tijolos e telhas e, mais recentemente, em diversas aplicações tecnológicas. As argilas são usadas como adsorventes em processos de clareamento na indústria têxtil e de alimentos, em processos de remediação de solos e em aterros sanitários. O interesse em seu uso vem ganhando força devido à busca por materiais que não agredem o meio ambiente quando descartados, à abundância das reservas mundiais e ao seu baixo preço. A possibilidade de modificação química das argilas permite o desenvolvimento do seu uso para diversos tipos de aplicações tecnológicas, agregando valor a esse abundante recurso natural.

A combinação de duas substâncias químicas diferentes também foi estudada com a mistura de dois metais simultaneamente (Cu+Pb, Cr+Cd, etc) para verificar qual a influência de cada metal sobre o seu oposito. Este fenômeno é denominado de sinergia e pode ser observado nos efeitos do lançamento de diferentes poluentes num mesmo corpo d'água.

KLEINÜBING (2006), avaliou o efeito sinérgico entre os metais chumbo, cádmio e cobre e em seguida foi feito um Planejamento centróide Simplex. Através deste método, mostrou que a composição de chumbo é variável mais significativa, maior quantidade total de remoção ocorre em maiores concentrações de chumbo. A variável composição de cádmio e cobre também apresentam um efeito significativo e positivo, assim como a

mistura dos três metais, a mistura dois a dois de Cd+Cu e Cd+Pb exercem um efeito significativo e negativo na capacidade de remoção.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Reagentes e soluções

- *Moringa Oleífera* - sementes trituradas, secas ao ar (até peso constante) e passadas em peneira 32 mesh/0,5 mm (em árvores cultivadas no Bairro Taiamam na cidade de Uberlândia-MG, no período de fevereiro a maio de 2007);
- Argila - seca ao ar (até peso constante), triturada e passada em peneira 32 mesh (peneira com malhas de 0,5 mm). Origem: Cerâmica Paranaíba localizada no município de Patos de Minas/MG;
- Soluções padrão dos metais (Cd, Pb, Cr e Cu) padrão de 1000 mg.dm⁻³ Tec-Lab/Hexis. Científica Ltda preservadas em HNO₃. Soluções diluídas a concentrações desejadas a partir da solução estoque de 1000 mg.dm⁻³.

2.2 Instrumentos e vidrarias

- Balança analítica; modelo AS200S, marca: Ohaus Corporation
- Espectrofotômetro de Absorção Atômica Varian SpectrAA 220;
- Agitador (agitação por tombamento);
- Pipeta graduada 2,0; 5,0; 10,0; 25,0; 50,0 mL - marca: Pyrex;
- Balões volumétricos de 100,0; 250; 500,0 e 1000,0 mL, marca: Pyrex;
- Béquer de 50,0 e 100,0 mL;
- Bureta 0,025 dm³;
- Tubos de ensaios devidamente vedados;
- Funil;
- Papel de Filtro de uso comercial – marca: Melita 102;
- Fita crepe;
- Cronômetro.

2.3 Ensaios com a moringa e a argila

Os ensaios de adsorção foram realizados em triplicata individualmente e na forma de misturas de metais (duplas) conforme descrito abaixo e posteriormente feito os cálculos.

1 - Efetuou-se a medida analítica da concentração da solução (pH = 6,5) do metal em estudo por espectrofotometria de absorção atômica com auxílio de uma curva de

calibração; Pesou-se a quantidade de adsorvente desejada: Moringa ou argila (trituradas, secas, peneiradas a 32 mesh) e colocou em um béquer. Com o auxílio de um funil, transferiu-se o adsorvente para um tubo de ensaio com rosca. Em seguida, adicionou-se 25,0 mL de solução na concentração desejada de 5 mg.L⁻¹ do metal (Pb²⁺, Cu²⁺, Cr²⁺ ou Cd²⁺) no tubo de ensaio contendo o adsorvente natural e fechou o tubo de ensaio. Prendeu-se o tubo na garra do agitador mecânico e agitou por tombamento a 30 rpm pelo tempo desejado em temperatura ambiente. Retirou-se o tubo da garra, decantou o adsorvente, filtrou e coletou-se uma alíquota. Determinou-se a concentração do da alíquota coletada por espectrofotometria de absorção atômica com auxílio de uma curva de calibração. Efetuaram-se os cálculos da quantidade adsorvida considerando o volume da amostra ensaiada e a quantidade em massa do adsorvente. O Cálculo da % de remoção é feito considerando a diferença entre a quantidade do metal inicial deduzida da final dividida do valor inicial e multiplicada por 100. O gráfico % de remoção versus tempo de contato da à estimativa do tempo necessário para se obter a remoção daquele metal; Na tabela abaixo estão relacionados à massa e o tempo de contato dos ensaios que foram realizados individualmente.

Massa (mg)	Tempo (min)
10	10
50	10
10	20
30	20
30	15

Tabela 1: Valores de massa e tempo experimentais obtidos nos ensaios.

Fonte: O autor (2022).

Em função da leitura e cálculo dos ensaios individuais de cada metal foi feito um planejamento das misturas (duplas) com as melhores massas e tempo em que ocorria a adsorção.

Combinações	Massa (mg)	Tempo (min.)
Cu + Cr	10	20
	50	20
Cu + Pb	30	20
	50	10
Cu + Cd	10	20
	50	10
Pb + Cr	30	20
	50	10
Pb + Cd	30	20
	50	10
Cd + Cr	10	20
	50	10

Tabela 2: Valores de massa e tempo experimentais nos ensaios feitos com as combinações (duplas).

Fonte: O autor (2022).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as leituras feitas no espectrofotômetro, construiu-se uma curva de calibração para cada metal no intervalo de 1 a 5 mg.dm⁻³. A partir da equação de reta, pode-se calcular a concentração da solução após a agitação. A seguir relacionamos os cálculos que nos permitiram chegar à porcentagem de remoção do metal, e logo abaixo os gráficos com os respectivos resultados.

A concentração da solução utilizada para os ensaios é de 5 mg L⁻¹, ou seja, em cada 1000 mL temos 5 mg do metal. Assim podemos calcular a quantidade do metal presente em 25 mL, conforme expresso pela equação 1.

$$5,0 \text{ mg} \frac{\text{_____}}{1000 \text{ mL}}$$

$$X \frac{\text{_____}}{25 \text{ mL}}$$

$$X = (\text{massa inicial do metal presente em solução, denominada Q}) \quad (1)$$

Após a agitação e posteriormente a filtração, encontra-se o valor da absorbância que será atribuída à equação de reta ($y=ax + b$) e encontrado o valor de X que será o valor da massa em 1000 mL de solução (equação 2).

$$X (\text{conc. obtida na equação da reta}) \frac{\text{_____}}{1000 \text{ MI}}$$

$$K \frac{\text{_____}}{25 \text{ mL}}$$

$$K = (\text{massa final após processo de adsorção}) \quad (2)$$

3.1 Ensaios de adsorção para o íon (Cu²⁺)

O estudo da influência da massa e do tempo na adsorção de íons Cu²⁺ foi realizado com três diferentes massas: 10, 30 e 50 mg nas condições que foram citadas na parte

experimental. Os gráficos a seguir mostram os resultados que foram obtidos em ambos os adsorventes.

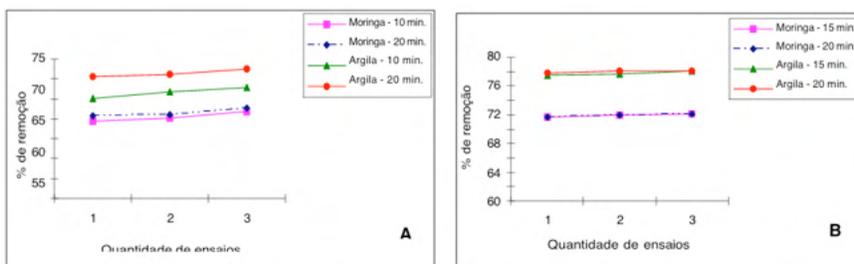


Figura 1: Porcentagem de remoção do cobre em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

A Figura 1a aponta uma melhor porcentagem de remoção para os ensaios que utilizaram à argila como adsorvente. O melhor tempo de agitação foi o de 20 minutos.

A moringa também apresentou uma boa porcentagem de remoção, porém menor que a argila. A diferença entre os tempos de 10 e 20 minutos não foi muito grande. Dessa forma torna-se mais viável fazer a agitação com um tempo menor, pois terá o mesmo efeito e menor custo. Já a Figura 1b que possui uma maior massa de adsorvente foi a que apresentou a melhor capacidade de remoção dentre todos os metais em análise. O cobre não apresenta muitos problemas em sua eficácia na adsorção e quando temos uma maior quantidade de adsorvente maior será a superfície de contato que o metal estará e conseqüentemente uma melhor adsorção. A diferença entre os tempos utilizados não demonstrou nenhuma melhora na remoção de ambos os adsorventes.

3.2 Ensaios de adsorção para o íon (Pb^{2+})

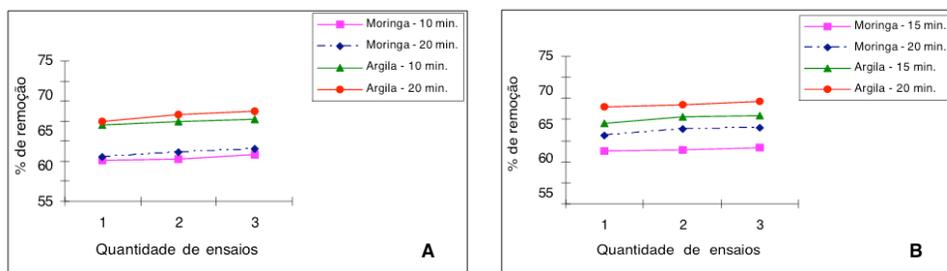


Figura 2: Porcentagem de remoção do chumbo em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg e em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

A adsorção com o íon Pb^{2+} apresentou menor capacidade de adsorção que o metal anterior. A argila, Figura 2a apresentou maior porcentagem de remoção com relação à moringa no tempo maior. A moringa removeu cerca de 50,8% (média dos 3 ensaios) no tempo de 10 min e 52,1% em 20 min. A variação foi de $\pm 1,3\%$ na remoção. Portanto não é satisfatório que varie o tempo. Nos ensaios realizados, como mostra a Figura 2b, a melhor porcentagem de remoção foi observada nos tempos maiores em ambos os adsorventes. A remoção não mostrou muita discrepância tanto para a moringa como para a argila. Assim o gráfico mostra que a diferença entre um adsorvente e outro foi quase a mesma.

3.3 Ensaios de adsorção para o íon (Cd^{2+})

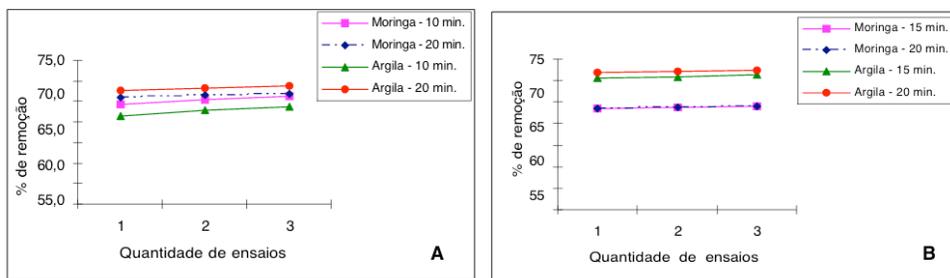


Figura 3: Porcentagem de remoção do cádmio em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

O gráfico da Figura 3a aponta que tanto a moringa quanto a argila no tempo de 20 minutos apresentaram uma boa remoção. Já a argila no tempo de 10 minutos foi a que apresentou a menor capacidade de remoção. Para o gráfico da Figura 3b, a remoção da moringa nos diferentes tempos foi praticamente a mesma. Assim é melhor realizar o ensaio no menor tempo. Já a argila apresentou uma melhor adsorção com o tempo maior, porém a diferença de remoção entre as duas não é muito significativa.

3.4 Ensaios de adsorção para o íon (Cr^{2+})

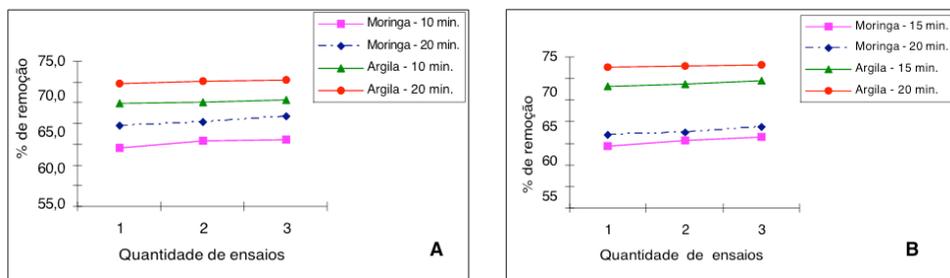


Figura 4: Porcentagem de remoção do cromo em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos

Fonte: O autor (2022).

O cromo foi um metal que apresentou muitos problemas durante o desenvolvimento do trabalho, porém quando o ensaio foi realizado cuidadosamente este apresentou um bom resultado. A argila foi a que apresentou maior capacidade de remoção.

3.5 Ensaios com todos os metais utilizando massa de 50 mg

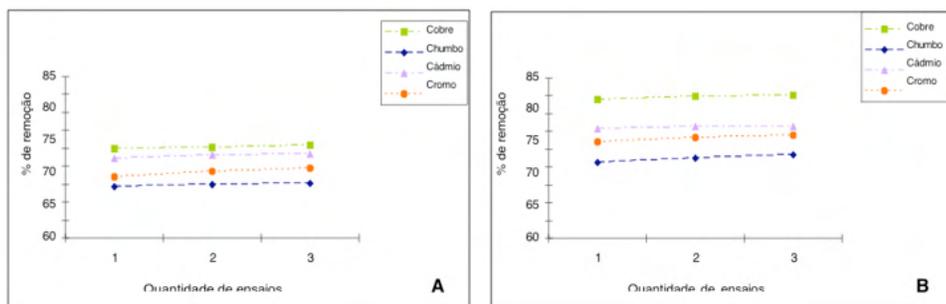


Figura 5: Porcentagem de remoção de todos os metais em função de três ensaios com a moringa e (b) argila utilizando massa de 50 mg e tempo de 10 minutos

Fonte: O autor (2022).

Como foi observado no início da discussão utilizou-se diferentes massas de adsorventes: 10, 30 e 50 mg. Devido a quantidade de adsorvente ser maior (Figuras 5(a) e 5(b)), esperava-se uma melhor resposta aos ensaios de adsorção, pois quanto maior a massa de adsorvente mais sítios ativos tem-se no processo o que pode auxiliar na remoção.

Na Figura 5a, onde utilizou-se a moringa como adsorvente, a porcentagem de remoção ficou entre 54,9% (média dos três ensaios do chumbo) e 65,3% (média dos três ensaios do cobre). Como se pode observar o metal que mais foi removido foi o cobre. O cádmio e o cromo ficaram no meio dos dois extremos (máximo e mínimo).

Já na Figura 5(b), a argila apresentou-se muito eficiente no processo, demonstrando uma maior capacidade de remoção para todos os metais. Novamente o cobre foi o metal que mais foi removido cerca de 79,6% (média dos três ensaios). A diferença entre o cádmio e o cobre foi bem maior que os demais, apontando uma diferença de aproximadamente $\pm 8,5\%$.

3.6 Ensaios realizados com as misturas (duplas)

Abaixo estão as tabelas relacionando a porcentagem de remoção das misturas.

COMBINAÇÕES	MASSA (mg)	TEMPO (min.)	Cu (%)	Cr (%)	Pb (%)	Cd (%)
Cu + Cr	10	20	48,5	35,7	---	---
	50	10	44,8	31,8	---	---
Cu + Pb	30	20	56,7	---	63,1	---
	50	10	58,6	---	66,3	---
Cu + Cd	10	20	46,5	---	---	55,2
	50	10	44,1	---	---	53,1
Pb + Cr	30	20	---	21,0	45,2	---
	50	10	---	22,4	55,7	---
Pb + Cd	30	20	---	---	53,1	59,1
	50	10	---	---	49,1	54,0
Cd + Cr	10	20	---	41,3	---	60,4
	50	10	---	43,8	---	57,2

Tabela 3: Quadro com as porcentagens de remoção das misturas (duplas) utilizando a moringa.

Fonte: O autor (2022).

Os ensaios feitos com as duplas para observar para observar o efeito sinérgico, não apresentou um bom efeito nas combinações com relação aos ensaios feitos individualmente. A dupla com melhor resultado de remoção foi o Cu + Pb utilizando a massa de 50 mg e tempo de 10 minutos. A mistura que teve menor desempenho foi a de Pb + Cr utilizando a massa de 30 mg e tempo de 20 minutos. O cromo neste ensaio quase não foi removido. Das seis combinações realizadas com a moringa o único metal que apresentou a menor capacidade de remoção foi o cromo. Desse modo, realizar combinações com este metal não é muito viável.

COMBINAÇÕES	MASSA (mg)	TEMPO (min.)	Cu (%)	Cr (%)	Pb (%)	Cd (%)
Cu + Cr	10	20	47,2	58,2	---	---
	50	10	44,1	56,4	---	---
Cu + Pb	30	20	55,4	---	62,5	---
	50	10	58,5	---	65,8	---
Cu + Cd	10	20	60,2	---	---	66,1
	50	10	61,4	---	---	68,7
Pb + Cr	30	20	---	62,1	17,3	---
	50	10	---	64,5	34,6	---
Pb + Cd	30	20	---	---	60,1	64,2
	50	10	---	---	63,4	67,1
Cd + Cr	10	20	---	56,8	---	60,9
	50	10	---	54,5	---	59,5

Tabela 4: Quadro com as porcentagens de remoção das misturas (duplas) utilizando a argila.

Fonte: O autor (2022).

Utilizando a argila como adsorvente o que apresentou melhor remoção foi a dupla de Cu + Cd e também a de Pb + Cd ambos utilizando a massa de 50 mg e o tempo de

10 minutos. O metal que apresentou melhor remoção foi o Cd nos ensaios que foram realizados com o mesmo.

4 | CONCLUSÕES

O uso de adsorventes naturais é uma alternativa viável no tratamento de efluentes, devido a fácil adsorção de íons metálicos e também por se tratar de um material de baixo custo. Os resultados abaixo demonstram as conclusões sobre cada metal. Para o cobre, a melhor massa foi de 30 mg no tempo de 20 minutos, tendo a argila como adsorvente esta apresentou uma remoção de quase 76,0%. A diferença de agitação em ambos os adsorventes não foi muito satisfatória. A melhor massa para a remoção do chumbo também foi a de 30 mg no tempo de 20 minutos utilizando a argila. Utilizando massa de 10 mg o cádmio apresentou boas porcentagens de remoção utilizando tanto a *Moringa* como a argila. Ambas ficaram acima de 60%. Porém a massa de 30 mg em ambos os tempos removeu mais do metal. O cromo foi removido com aproximadamente 74% também com a massa de 30 mg no tempo de 20 minutos. Quando utilizada a massa de 10 mg houve o patamar nas diferenças de remoção de ambos os adsorventes. Para os ensaios que utilizaram a maior massa: 50 mg no tempo de 10 minutos, o metal que mais foi removido foi o cobre. Utilizando a moringa obteve-se uma remoção 65,3% do metal acima citado, e com a argila a remoção foi de aproximadamente 79,6%. Nos ensaios feitos com duplas o resultado foi inferior aos individuais. Quando feito os cálculos para cada metal a porcentagem foi bem menor. Para os ensaios utilizando a moringa o metal que menos foi removido foi o cromo e os que apresentaram melhor remoção foram o Pb e o Cd. Já para a argila o metal que melhor foi removido foi o cádmio e o que teve menor capacidade de remoção foi o cobre.

REFERÊNCIAS

AVIZ, E. O. et al. Casca de arroz modificada com hidróxido de sódio para adsorção de cobre/ Rice husk modified with sodium hydroxide for copper adsorption. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.3, p.10461–10475, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-067>

FARIAS, C. K. D. L. et al. Adsorção de cobre presente em solução aquosa por adsorvente de casca de laranja seco e modificado com HCl/Copper adsorption present in aqueous solution by dry orange shell adsorbent and modified with HCl. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n. 12, p. 102344–102355. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-653>

LIMA, V. E. et al. Avaliação do uso de materiais residuais como adsorventes para remoção de Pb²⁺ em efluentes de laboratórios/ Assessment of the use of residual materials as adsorbents for removal of Pb²⁺ in effluent laboratories. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.12, p. 97249–97262, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-280>

MEURER, M. C.; SILVA, F. V. Uso de erva-mate como biossorvente de contaminantes no tratamento da água. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 10, n. 1 , p. 35-60, 2019. <https://doi.org/10.25112/rt&t.v10i1.1486>

MOREIRA, J. V. I. et al. Avaliação da Adsorção de Íons Níquel(II) e Cádmiu(II) em Quitosana, Quitosana Reticulada e Carboximetilquitosana Reticulada. **Revista Virtual de Química**, v.11, n.1, p. 237-254, 2019. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190017>

MOTA, J. D. et al. Investigação da eficiência de argila chocolate b natural e modificada na adsorção de íons chumbo avaliando os efeitos de pH e concentração. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 3, p. 823-840, 2020. <https://doi.org/10.34115/basrv4n3-006>

PENNA, I. C.; MARTINS, T. S.; SILVEIRA, J. V. W. Fibras Eletrofiadas Aplicadas na Remoção de Metais Pesados em Águas Residuárias da Mineração: uma Revisão Sistemática. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n.3, p. 415 – 426, 2022. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220088>

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R.; RESENDE, B. O. Utilização da casca de banana como biossorbente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation** , v.8, p. 143-157, 2020.

SANTOS, B. E. C.; COELHO, N. M. M.; COELHO, L. M. Avaliação do perfil cinético e do equilíbrio de adsorção de Cr(III) pelas sementes de Moringa oleifera aplicadas em sistemas aquosos. **Revista Processos Químicos**, v.15, n. 29, 2021. <https://doi.org/10.19142/rpq.v15i29.565>

SILVA NETO, H. A. et al. Adsorção em coluna de leito fixo aplicada para a pré-concentração de cádmio em amostras de água. **Scientia Plena**, v. 14, n.6, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.06420>

SILVA, M. S. G. et al. Adsorção de Cd (II) por lama vermelha natural e com diferentes ativações. **Geochimica Brasiliensis**, v.33, n. 1,p.76-88, 2019. <https://doi.org/10.21715/GB2358-2812.2019331076>

SOUZA, D. R. Et al. Evaluation of Chromo (VI) Adsorption Potential through the seed of Moringa oleifera. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e40610212591,2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12591>

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011) e em Ciências Biológicas pela Faculdade Única (2021). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de bioadsorvente para remoção dos íons As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente realiza seu segundo Estágio Pós- doutoral (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Licenciando em Física na Faculdade Única (Setembro de 2021 à Novembro de 2022), cursando pós-graduação *lato sensu* em Análise Instrumental Avançada na Faculdade Unilevyva. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) processos de alfabetização e letramento científico na área de Ciência da Natureza, em especial biologia e química.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorbato 37

Adsorção 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47

Adsorventes 35, 36, 38, 42, 44, 46

Agentes alelopáticos 3

Água 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 35, 36, 37, 38, 46, 47

Aleloquímicos 1, 2, 3, 5, 6, 7

Alface 1, 2, 4, 5, 6, 7

Ambiente aquático 37

Argila 9, 35, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Argila montmorilonita 9

B

Biomassa 1, 3, 4, 6

Biopolímeros 10

Braquiaria 1, 3

C

Cadeia produtiva 19

Cádmio (Cd^{2+}) 35, 37, 38, 43, 44, 46, 47

Chumbo (Pb^{2+}) 35, 37, 38, 42, 44, 46, 47

Cobertura vegetal 1, 2, 3

Cobre (Cu^{2+}) 35, 37, 38, 42, 44, 46

Corpos d'água 35, 38

Cromo (Cr^{2+}) 35, 37, 38, 43, 44, 45, 46

D

Degerminação 24, 25, 26, 27, 28

E

Ecotime 20, 22

Elemento traço 37

Espectrofotometria de absorção atômica 39, 40

Extratos foliares 1, 4, 5, 6

F

Farinha de milho 18, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 33

Filmes biodegradáveis 10

G

Germinação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

H

Higroscopicidade 10

Horticultura 1

I

Impactos ambientais 15

Isolado Proteico de Tilápia (IPT) 9, 11, 12, 13, 14, 15

K

Kaizen 21, 26, 32, 34

L

Lean e green 19, 22, 32, 33

Lean manufacturing 19, 20, 21, 25, 34

Lixiviação 3

M

Mapa de Fluxo de Valor (MFV) 21, 24, 28, 29, 32

Matéria-prima 19, 22, 23, 29, 32

Metais pesados 37, 38, 47

Milho 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33

Moringa oleifera 35, 36, 38, 39, 47

N

Nanoargila 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Nanoargila Montmorinólita (MMT) 11, 12

P

Palhadas 1, 2, 3

Payback 21, 27, 30, 32, 34

Peixe 10, 13, 14

Plântulas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Problemas ambientais 19

Produção enxuta 18

Produção Mais Limpa (P+L) 18, 19, 20, 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34

R

Reaproveitamento 20, 21, 26, 27

Recurso natural 36, 38

Resíduos 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 48

Reutilizar 25

S

Sementes 1, 2, 3, 4, 5, 39, 47

Sibipiruna 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Sustentabilidade 1, 19

T

Toxicidade 35, 37

Tratamento de efluentes 36, 46

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



 **Atena**
Editora
Ano 2022