



## DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE BIOSORTIVA DA CASCA DA BANANA NANICA (Cavendish) EM ÁGUA CONTAMINADA POR CÁDMIO.

Ana Luchesi da Costa  
Brenda Ribeiro de Sousa  
Julia Staaks Teixeira  
Leticia Novais Gomes  
Luiz Henrique Teixeira Candido  
Orientador: Prof. Me. Márcia Freitas da Silva

### RESUMO

A contaminação de corpos d'água por efluentes industriais aumenta a presença de íons metálicos, como o cádmio, problema intensificado pelas indústrias galvânicas. A biosorção é uma técnica para remover esses metais, e a casca de banana-nanica (Cavendish) se mostrou um biosorvente eficaz e econômico. Este estudo, realizado na Etec Irmã Agostina, utilizou cascas de banana descartadas para tratar efluentes contaminados com nitrato de cádmio, alcançando 99% de eficiência na remoção do metal. O processo está alinhado com a resolução CONAMA n.º 396/2008 e contribui para as metas de Desenvolvimento Sustentável (ODS): Indústria, inovação e infraestrutura ODS 09; Vida na água ODS 14 e Vida terrestre ODS 15, oferecendo uma solução de baixo custo para mitigar os impactos ambientais da poluição industrial.

**Palavras-chave:** Adsorção. Banana. Descontaminação. Cádmio.

### ABSTRACT

*Industrial effluent contamination of water bodies increases metallic ions, such as cadmium, exacerbated by galvanic industries. Biosorption is a technique for removing these metals, and Cavendish banana peels have proven effective and economical biosorbents. This Etec Irmã Agostina study utilized discarded banana peels to treat cadmium nitrate-contaminated effluents, achieving 99% metal removal efficiency. This process aligns with CONAMA Resolution 396/2008 and contributes to Sustainable Development Goals (SDGs): Industry, Innovation, and Infrastructure (SDG 9); Life Below Water (SDG 14); and Life on Land (SDG 15), offering a low-cost solution for mitigating industrial pollution's environmental impacts.*

**Keywords:** Adsorption. Banana. Decontamination. Cadmium.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) cerca de 97,5% da água existente no mundo é salgada, sendo inadequada para consumo e para a irrigação das plantações, enquanto apenas 2,5% da água no planeta é doce, sendo utilizada nas atividades antropogênicas. É evidente que os efluentes gerados, quando descartados sem serem tratados, contaminam os corpos d'água, prejudicando assim o meio ambiente e a saúde humana.

Um exemplo de contaminação do meio ambiente é o Rio Tietê que, ao longo dos anos, sofreu com a poluição causada pelo descarte irregular de resíduos produzidos pela indústria galvânica e de base. A maior parte desses resíduos descartados são materiais orgânicos, metálicos ou tóxicos, como o cádmio, que causam o desequilíbrio ambiental e prejudicam a saúde humana (VIANNA; JUNIOR; VIANNA, 2017).

### 1.1. ODS

Os objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) fazem parte das metas estipuladas pela Organização das Nações Unidas (ONU), que busca amenizar os danos causados pelos impactos das ações humanas sobre o meio ambiente até 2030 (Silva, 2018).

Sendo assim, o presente trabalho se encaixa nos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), como: a ODS 09, que está relacionada com a Indústria, Inovação e Infraestrutura, onde o presente trabalho buscou fazer parcerias com empresas privadas para a realização de nossa tese, além de mitigar os efeitos adversos da poluição com matérias orgânicas que seriam descartadas; a ODS 14, Vida na água, dado que o principal objetivo do trabalho é reduzir os impactos gerados pelas atividades humanas e industriais que descartam materiais tóxicos e metálicos em rios e lagos, ocasionando a contaminação e gerando efluentes; A ODS 15, Vida terrestre, dado que o trabalho busca diminuir os resíduos orgânicos gerados pelas atividades humanas reutilizando esses materiais como bioabsorventes de resíduos metálicos.

### 1.2. CÁDMIO

O cádmio é um metal muito utilizado em fotocélulas, baterias, pigmentos, componentes eletrônicos e nos processos de galvanização. Quando ingerido acumula-se no organismo provocando complicações na saúde, como a osteoporose, distúrbios crônicos nos túbulos renais e anemia. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o cádmio como carcinogênico para humanos, pois pode causar câncer no pulmão, além de problemas endócrinos.

A maior parte das exposições ao cádmio na água ocorre por meios naturais ou por causas antropogênicas, como descargas industriais, processos galvânicos e de estações de tratamento, além da lixiviação de solos contaminados. Com a falta de cuidado no descarte adequado de substâncias tóxicas como o cádmio, e com muitos pontos nas cidades com carência de saneamento básico, a contaminação dos moradores próximos a minerações ou empresas que utilizam cádmio em seus produtos torna-se inevitável. O limite de cádmio que pode ser encontrado na água é de 0,2mg/L (CETESB, 2022).

### 1.3. ADSORÇÃO

Atualmente, a adsorção é amplamente empregada e investigada como método para remover poluentes tanto na fase líquida quanto na fase gasosa, tornando-se uma das técnicas mais populares com essa finalidade. Seu intuito é fazer com que um componente específico de uma substância se acumule na interface ou superfície de outra permitindo a separação desse componente (MORAIS, 1996; NASCIMENTO et al 2014; SILVA, 2005).

Esse é um fenômeno de superfície que pode ocorrer entre diferentes tipos de interfaces, que podem ser compostas por um sistema líquido-líquido, gás-sólido, líquido-sólido ou gás-líquido. A substância que sofre adsorção é chamada de adsorvato ou adsorbato, enquanto a substância que realiza a adsorção é denominada adsorvente ou adsorbente (MORAIS, 1996; NASCIMENTO et al. 2014; SILVA, 2005).

A adsorção tem sido objeto de estudo desde o século XVIII, quando Scheele notou, em 1773, que substâncias porosas poderiam adsorver gases. Posteriormente, em 1785, o cientista Lowitz percebeu que o mesmo poderia acontecer com soluções ao entrarem em contato com substâncias porosas (MORAIS, 1996; NASCIMENTO et al. 2014; SILVA, 2005).

Quando o processo de adsorção é iniciado, as moléculas a serem adsorvidas tendem a se acumular na superfície do adsorvente até que a concentração permaneça constante na solução, indicando que sua capacidade máxima de adsorção foi atingida nessas condições específicas (NASCIMENTO, 2014; SILVA, 2005). Esse processo está esquematizado na imagem 1.

Imagem 1: Processo de adsorção.



Fonte: Ibbi. (2022)

A classificação do processo de adsorção é feita com base na natureza das forças envolvidas dividindo-a em adsorção física (fisissorção) e adsorção química (quimissorção). A fisissorção ocorre por meio de interações relativamente fracas entre o adsorvato e o adsorvente, como as forças de Van der Waals. Por outro lado, a quimissorção envolve reações que formam ligações químicas entre o adsorvato e o adsorvente, sendo essas ligações consideravelmente mais fortes do que as formadas durante o processo de fisissorção (NASCIMENTO, 2014; SILVA, 2005).

O carvão ativado é comumente utilizado como adsorvente, porém seu uso implica em custos elevados e a necessidade de processos de regeneração para reutilização. Diante disso, têm sido investigados materiais alternativos de baixo custo capazes de adsorver resíduos, resultando na categoria de biossorção que utiliza materiais de origem animal e vegetal para esse fim (SILVA, 2005; BONIOLO, 2008; MOREIRA, 2008).

#### 1.4. BIOSSORÇÃO

A biossorção é um processo de adsorção em que o adsorvente é de origem orgânica e pode ser chamado de biomassa ou de biossorvente (RODRIGUES et al. 2006; VAHABISANÍ; AN, 2021). A biomassa pode ser inativa, onde os poluentes se ligam por cargas iônicas, ou viva, na qual envolve micro-organismos e o processo de bioacumulação (RIBAS; SILVA, 2023). A biomassa deve ser produzida com base em suas características estruturais, como a área superficial específica, distribuição de poros e de grupos funcionais, já que a propriedade biossortiva (capacidade de realizar a biossorção) da biomassa é afetada por essas condições (VAHABISANÍ; AN, 2021).

As biomassas inativas são de extrema importância devido ao seu baixo custo e sua produção em larga escala pela sociedade, estando presentes em resíduos agroindustriais e domiciliares. Em virtude disso, pesquisas estão sendo realizadas com cascas de laranja, de coco verde, de amendoim e de banana para melhor aproveitar materiais que seriam descartados (BARROS, 2020; DA CRUZ, 2009; NASCIMENTO, 2020; SANTANA; DOS SANTOS; et al. 2020; SOUZA et al. 2020).

#### 1.5. BANANA

A banana é a fruta mais consumida no Brasil, que é o 4º maior produtor mundial dessa fruta que possui alto valor nutricional, sendo rica em minerais como potássio, sódio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre e ferro (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024; SEBRAE, 2023). Apesar de sua popularidade, a casca da banana é mais nutritiva do que a fruta, constituindo cerca de 47% a 50% de seu peso. Entretanto, seus consumidores normalmente a descartam (GONDIM et al. 2005; MORAES et al. 1998).

Todavia, a casca possui propriedades biossorventes devido a presença de compostos como ácido pécico e hemiceluloses, capazes de adsorver poluentes e metais pesados da água (DA CRUZ, 2009; NASCIMENTO, 2014; RODRIGUES et al. 2006).

#### 1.6. BANANA NANICA (CAVENDISH) COMO BIOMASSA

A variedade mais consumida é conhecida como banana nanica ou *Cavendish*, que representa quase metade da produção mundial (DNOCS, 2024). Logo, quando sua casca é utilizada como biomassa, o impacto ambiental pode ser minimizado, já que pode ser utilizado como método alternativo de tratamento de efluentes contaminados com metais pesados e evitar o acúmulo de outros materiais adsorventes que podem se tornar poluentes, barateando o processo (BONIOLO, 2008).

Transformada em farinha, há o aumento da superfície de contato e a eficiência do processo (NASCIMENTO, 2014). E, devido a presença dessas moléculas, hemiceluloses e ácido pécico, a banana nanica, apenas seca e triturada, pode conseguir biossorver metais pesados, sem necessidade de passar por tantos processos quanto o carvão ativado ou outros materiais adsorventes usualmente utilizados.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi determinar a capacidade biossortiva da casca da banana nanica (Cavendish) em água contaminada por cádmio.

## 2 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo do trabalho, a metodologia desenvolvida contou com as seguintes etapas:

1. Preparo da biomassa, no qual as cascas de banana foram secas e processadas.
2. Ensaio de biossorção, no qual três soluções de cádmio foram colocadas em contato com a biomassa.

3. Análise das amostras, onde estas foram analisadas em espectrômetro juntamente com soluções padrão que foram utilizadas para interpretar os dados obtidos para as amostras.
4. Tratamento de resíduos, onde o resíduo da biomassa passou por um tratamento térmico.

## 2.1. MATERIAIS

Os reagentes empregados na realização do ensaio de adsorção foram: casca de banana, nitrato de cádmio tetra hidratado e água destilada.

Para a realização do trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos: balança analítica modelo AG200 marca Gehaka® (São Paulo, Brasil); Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente ICP OES - iCAP PRO marca Thermo Fisher Scientific®; micropipeta de volume variável (100-1000 µl) marca Peguepet® (São Paulo, Brasil); estufa de secagem marca Novatecnica® (São Paulo, Brasil); liquidificador marca Mondial® (São Paulo, Brasil); forno mufla digital microprocessado marca Zezimaq® (Minas Gerais, Brasil).

Os materiais utilizados foram: pote com tampa, forma de alumínio, estufa, facas, peneira, insulfilme, béqueres de 50 mL e 150 mL, balões volumétricos de 5 mL, 50 mL e 100 mL, bagueta de vidro, cubetas de plástico, tubos de centrifugação, espátula de metal, pipetas de Pasteur, funil de vidro comum, papel filtro qualitativo, cadinho, suporte universal com garra e ponteiros.

## 2.2. MÉTODOS

### 2.2.1. PREPARO DA BIOMASSA

Para a análise, foram separadas 12 cascas de banana da variedade nanica (*Cavendish*), demonstradas na imagem 2, lavadas com água corrente, cortadas e dispostas em uma forma para serem submetidas à secagem em uma estufa com circulação de ar por aproximadamente 61 horas à 60 °C.

Imagem 2: Casca da banana nanica (*Cavendish*)



Fonte: Do próprio autor. (2024)

Logo após, as cascas secas foram trituradas em liquidificador e peneiradas.

### 2.2.2. ENSAIO DE BIORSORÇÃO

Foram preparadas três soluções de 100mL de  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  (amostras A1, A2 e A3) a partir da pesagem de 2 gramas de  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Em seguida, foi iniciado o ensaio de biossorção, adicionando 2 gramas de biomassa em cada amostra, que foram mantidas sob agitação constante por 20 minutos, apresentado na imagem 3.

Imagem 3: Soluções sob agitação.



Fonte: do próprio autor. (2024)

As amostras então passaram por uma filtração simples, imagem 4. O material sólido retido na filtração foi pesado e armazenado para posterior tratamento de resíduo.

Imagem 4: Biomassa filtrada.



Fonte: Do próprio autor. (2024)

### 2.2.3. ANÁLISE ESPECTROMÉTRICA

Para efetuar a análise espectrométrica, preparou-se 7 soluções padrões com concentrações distintas entre si, que foram nomeados de P1 a P7, sendo preparadas a partir de uma solução estoque de concentração igual à  $6,3446 \times 10^3 \text{ mmol.L}^{-1}$ . Sendo as suas respectivas concentrações em  $\text{mmol.L}^{-1}$ : 1268,92; 3299,192; 5329,462; 7359,736; 9390,08; 11420,28 e 13450,552.

Em seguida, as soluções foram dispostas em 7 cubetas de plástico e levadas para a análise em

Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES – ICAP PRO), da Thermo Fisher Scientific, em 230.5nm.

Já para a análise das amostras neste mesmo equipamento, retirou-se uma alíquota de 2,5mL do sobrenadante de cada amostra (A1, A2 e A3) e diluiu-se em diferentes tubos de 5mL, imagem 5. Logo após, tais soluções foram dispostas em cubetas de plástico e analisadas.

Imagem 5: Diluição das amostras.



Fonte: Do próprio autor. (2024)

## 2.2.4. TRATAMENTO DE RESÍDUO

Com a finalidade de reduzir o resíduo obtido da biomassa com cádmio, levou-se a mesma à mufla, em três diferentes cadinhos, em uma temperatura de 400°C por 1 hora. Após o processo, colocou-se as cinzas em dessecador para resfriarem. Depois foram armazenadas para tratamentos posteriores (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 PREPARO DA BIOMASSA

O produto obtido da secagem e trituração da banana foi uma farinha, denominada de biomassa.

Imagem 6: Biomassa obtida.



Fonte: Do próprio autor. (2024)

A biomassa produzida apresentou coloração preta com aspecto de farinha. A massa obtida ao final da produção foi de 71,77 gramas, devido ao processo de secagem que eliminou a umidade antes presente.

### 3.2 ENSAIO DE BIORSORÇÃO

Com base na massa de cádmio utilizada para preparar cada amostra, calculou-se a concentração teórica de cádmio, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Relação da concentração teórica entre as amostras

Amostra	Concentração teórica em mmol.L <sup>-1</sup>
A1	64,931
A2	65,139
A3	65,041

Fonte: Do próprio autor. (2024)

A imagem 6 apresenta os resultados visuais das amostras após filtração.

Imagem 7: Amostras filtradas.



Fonte: Do próprio autor. (2024)

Após os ensaios de biossorção, observou-se uma mudança relativa na coloração da solução. Essa mudança pode ser atribuída à presença de compostos solúveis na biomassa não eliminados por esta não ter passado pelo processo de ativação. A ativação química visa eliminar componentes solúveis e alterar as características da biomassa por meio de processos como deslignificação, esterificação de grupos carboxila e fosfato (GOMES, 2011). Portanto, a mudança de cor pode ser resultado da presença desses compostos não eliminados.

### 3.3 ANÁLISE ESPECTROMÉTRICA

O equipamento empregado, o espectrômetro de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES - ICAP PRO), utiliza uma lâmpada de plasma de argônio para excitar elétrons, emitindo radiação de intensidade mensurável (UFJF. NUPIS, 2019; HELERBROCK, [s.d]). A escolha da lâmpada de

argônio deve-se à sua eficácia em processos químicos, proporcionando temperaturas superiores à chama, atomização eficiente dos elementos analisados, alto potencial de ionização e pureza (99%) (NOVAIS, [s.d])

A análise das amostras realizada neste equipamento permitiu estabelecer uma correlação significativa entre as concentrações iniciais dos padrões, em  $\text{mmol.L}^{-1}$ , e as intensidades obtidas. Tais valores, assim como as alíquotas coletadas da solução estoque para prepará-las estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Relação de concentração entre os padrões, suas respectivas alíquotas e a intensidade gerada.**

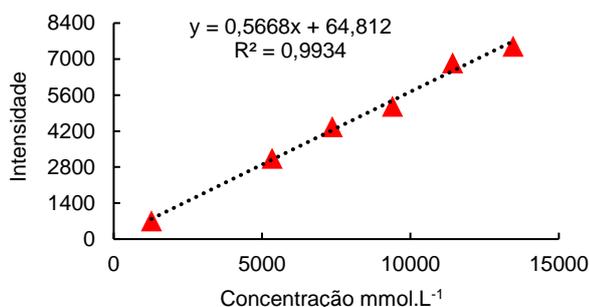
Padrão	Concentração $\text{mmol.L}^{-1}$	Aliquota mL	Intensidade
P1	1268,92	0,1	707
P2	3299,192	0,26	4.191
P3	5329,462	0,42	3.140
P4	7359,736	0,58	4.363
P5	9390,08	0,74	5.164
P6	11420,28	0,9	6.846
P7	13450,552	1,06	7.498

Fonte: Do próprio autor. (2024)

Por conta da discrepância entre os valores obtidos das intensidades e o valor obtido pelo padrão 2, foi necessário descartar o mesmo, já que foi observado que, ao efetuar o experimento no laboratório, houve alguns erros analíticos, como por exemplo na diluição do padrão no tubo, contribuindo para a perda de um resultado preciso.

Com os valores das concentrações iniciais em  $\text{mmol.L}^{-1}$  e as intensidades dos padrões, já descartado o padrão 2, foi possível montar a curva de calibração, apresentada no gráfico 1.

**Gráfico 1** – Curva de calibração para o nitrato de cádmio.



Fonte: Do próprio autor. (2024)

A curva da reta construída com os valores das concentrações e da intensidade de emissão dos padrões fornecidos pelo equipamento apresentou valor satisfatório do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,9934, o que indica que os dados obtidos são lineares. Portanto, a equação encontrada foi utilizada, em conjunto com as intensidades das amostras fornecidas pelo equipamento, para descobrir a concentração real das amostras após o processo de bioissorção, cujos valores encontram-se na tabela 3.

**Tabela 3: Relação da concentração real de Cd das amostras e as respectivas intensidades.**

Amostra	Concentração $\text{mmol.L}^{-1}$	Intensidade
A1	$4,2948 \times 10^{-2}$	2,499
A2	$3,8432 \times 10^{-2}$	2,243
A3	$4,4431 \times 10^{-2}$	2,583

Fonte: Do próprio autor.2024)

Observando as concentrações obtidas, pode-se concluir que há uma diferença entre a concentração de cádmio inicial, apresentada na tabela 1, e final, apresentada na tabela 3, indicando que a finalidade do trabalho foi concluída, ou seja, houve bioissorção.

Com base nesses valores, foi calculado a porcentagem de bioissorção cujos resultados estão apresentados na tabela 4.

**Tabela 4: Relação das amostras e as respectivas porcentagem de bioissorção.**

Amostra	Taxa de bioissorção em %
A1	99,9934%
A2	99,9941%
A3	99,9931%

Fonte: Do próprio autor. (2024)

Foram calculadas a média e o desvio padrão entre as amostras para avaliar a precisão dos resultados. A análise revelou média de 99,9935% e desvio padrão de  $5,15 \times 10^{-4}$ , indicando alta precisão.

A taxa de bioissorção foi significativamente superior à do estudo com carvão ativado da casca do arroz (KIELING, 2006), que apresentou taxa de adsorção de cádmio superior a 70%.

Analisando as concentrações iniciais e finais (Tabelas 1 e 3), verificou-se que a concentração de cádmio em água doce foi de superior à inferior ao limite máximo permitido pela CETESP (0,2 mg/L) após passar pelo ensaio de bioissorção. Portanto, o método analisado demonstrou eficiência na

remoção de cádmio em efluentes contaminados (CETESB, 2022)

### 3.4 TRATAMENTO DE RESÍDUO

Com a mudança de peso da biomassa inicial, após a filtragem, e a mesma após o processo de tratamento, é possível concluir que o que restou nos cadinhos foram as cinzas da banana e o cádmio, pois esse sofreu o processo de bioissorção. Tais cinzas foram armazenadas para posteriores tratamentos.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou comprovar a capacidade bioissorviva da casca da banana nanica (Cavendish) em forma de biomassa na remoção do cádmio em efluentes, considerando que a porcentagem da bioissorção alcançada foi de, aproximadamente, 99,9935% nas condições específicas deste estudo.

Para fins industriais, recomenda-se o uso da biomassa da banana nanica (Cavendish), devido seu alto desempenho constatado e por se tratar de uma biomassa. Os gastos envolvidos no processo resumem-se em enérgicos (uso de estufa e forno de mufla), podendo assim ser considerado um método barato.

As informações acerca da casca da banana nanica (Cavendish) como método bioissorvente, sugerem que a mesma pode ser uma alternativa viável e sustentável, se comparada com outros materiais adsorventes, apresentando a vantagem de reutilizar um subproduto que seria descartado.

Em síntese, os resultados desta pesquisa demonstram o potencial da casca da banana como biomassa eficaz na remoção do cádmio de águas contaminadas. Espera-se que esse trabalho incentive futuras pesquisas e aplicações práticas, promovendo a utilização racional de recursos naturais.

## 5 PERSPECTIVAS FUTURAS

Esse estudo abre perspectivas para futuras pesquisas, incluindo o aumento do número de análises, experimentos sob diferentes condições, ativação da biomassa, análises das cinzas geradas durante o tratamento de resíduos e a aplicabilidade de outros tratamentos, visando a compreensão sobre suas propriedades bioissorventes.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos guiar durante todo o processo, e às nossas famílias, pelo apoio e incentivo constantes. Nossa gratidão às professoras Doutora Aline Alves Ramos e Especialista Thais Taciano dos Santos, pelo

suporte técnico e acadêmico, à bibliotecária Adriana Machado, pelo auxílio nas pesquisas, e à Professora Mestre Márcia da Silva, pela orientação do grupo. Agradecemos também aos funcionários da Etec Irmã Agostina, pelo suporte prestado, e à Nova Analítica, especialmente à funcionária Naomi, pelo apoio técnico fundamental para a realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. Água no mundo - Situação da Água no Mundo. Acessado em: [www.gov.com](http://www.gov.com)

BARROS, José Marcelo Honório Ferreira et al. Utilização da casca de amendoim como adsorvente na remoção do corante azul de metileno. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 65459-65474, 2020.

BONIOLO, Milena Rodrigues. Tese de Doutorado: Bioissorção de urânio nas cascas de banana. Universidade de São Paulo, 2008.

CETESB. Ficha de informação toxicológica do Cádmio. São Paulo, 2022.

DA CRUZ, Maria Aparecida Rodrigues Fróes. Utilização da casca de banana como bioissorvente, 2009.

DNOCS, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas Banana-nanica: uma história de sucesso no Nordeste. Publicado em 14/03/2024. Acessado em: [www.gov.com](http://www.gov.com)

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Banana, 2024.

GOMES, Mirella C. et al. APLICAÇÃO DE FIBRA DE COCO PARA REMOVER AM-241 DE REJEITOS RADIOATIVOS LÍQUIDOS, 2011.

GONDIM, Jussara A. Melo et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Food Science and Technology*, v. 25, p. 825-827, 2005.

HELERBROCK, Rafael. "O que é plasma?"; *Brasil Escola*. Disponível em: (<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-plasma.htm>). Acesso em: 14 dez 2024.

IARC - Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer. Classificação de agentes carcinógenos

[site]. Lyon: IARC, 2020. Disponível em: <https://www.iarc.who.int/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020

KIELING, Amanda Gonçalves. Aplicação de carvão ativo oriundo de pirólise casca de arroz na adsorção de cobre e cádmio em soluções aquosas. Salão de iniciação Científica (18.: 2006: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2006., 2006.

MORAES, João Miguel de et al. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp.*) obtida por meio de secagem natural. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 2, n. 3, p. 316318, 1998.

MORAIS, Leonilde Cristina de Pinho. Tratamento de efluentes têxteis simulados usando técnicas de adsorção, 1996.

MOREIRA, Sarah de Abreu. Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo. 2008.

NASCIMENTO, F. R. et al. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 2014.

NOVAIS, Stéfano Araújo. "Argônio"; *Brasil Escola*. Disponível em: (<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/argonio.htm>). Acesso em: 14 dez 2024.

PRATES, Thomas. Estudo encomendado pela OMS aponta cobalto em excesso como provável causador de câncer. Jornal da USP, São Paulo, 2022.

RIBAS, Felipe Brondani Teixeira; SILVA, William Leonardo da. Biossorção: uma revisão sobre métodos alternativos promissores no tratamento de águas residuais. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 27, p. e 13212, 2023.

RODRIGUES, Rafael Falco et al. Adsorção de metais pesados em serragem de madeira tratada com ácido cítrico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, p. 21-26, 2006.

SANTANA, Jeferson Santos; DOS SANTOS, Bianca Rodrigues; DE OLIVEIRA RESENDE, INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 8, n. 1, p. 143-157, 2020.

SEBRAE. Brasil é o 4º produtor mundial de banana - Sebrae 31/03/2023 · Atualizado em 14/04/2023.

SILVA, Ariane Torquato da et al. Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de *Pinus elliptii* como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis. 2005.

Silva, Enid Rocha Andrade da Coordenadora. "Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável." (2018).

SOUZA, Elibe Silva et al. Utilização da farinha da casca de laranja como bioadsorvente em efluentes têxteis. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 60101-60109, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Núcleo de Pesquisa em Inovação e Sustentabilidade. Emissão atômica. Juiz de Fora: UFJF, 2019. Disponível em: (<https://www2.ufjf.br/nupis/wp-content/uploads/sites/350/2019/07/aula-5-Emiss%C3%A3o-at%C3%B4mica.pdf>). Acesso em: 12 dez 2024.

VAHABISANÍ, A., An, C. Uso de adsorventes derivados de biomassa para a remoção de poluentes de petróleo da água: uma mini-revisão. *Environ Syst Res* 10, 25 (2021).

VIANNA, Regina Cecere; JUNIOR, Claudio Cecere Vianna; VIANNA, Rafael Marques. Os recursos de água doce no mundo—situação, normatização e perspectiva. *JURIS-Revista da Faculdade de Direito*, v. 11, p. 247-270, 2005.