

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/02/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until Feb. 17, 2025

**LETÍCIA GABRIELE CRESPILO ABEL**

**UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE BAMBU PARA ADSORÇÃO DE METAIS  
PESADOS EM ÁGUA**

**Botucatu**

**2023**



**LETÍCIA GABRIELE CRESPILO ABEL**

**UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE BAMBU PARA ADSORÇÃO DE METAIS  
PESADOS EM ÁGUA**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus  
de Botucatu, para obtenção do título de  
Mestre em Ciência Florestal.

Orientador(a): Maristela Gava

Coorientador(a): Juliana Cortez Barbosa

**Botucatu**

**2023**

A141u

Abel, Leticia Gabriele Crespilho

Utilização de carvão de bambu para adsorção de metais pesados em água / Leticia Gabriele Crespilho Abel. -- Botucatu, 2023  
77 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Maristela Gava

Coorientador: Juliana Cortez Barbosa

1. Metais pesados. 2. Carvão vegetal. 3. Bioadsorvente. 4. Bambu.  
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

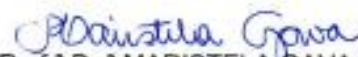
**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE BAMBU PARA ADSORÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁGUA**

**AUTORA: LETÍCIA GABRIELE CRESPILO ABEL**

**ORIENTADORA: MARISTELA GAVA**

**COORDINADORA: JULIANA CORTEZ BARBOSA**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Florestal, pela Comissão Examinadora:

  
Prof.ª Dr.ª MARISTELA GAVA (Participação Virtual)  
Coordenadoria de Curso de Engenharia Industrial Madeireira / Campus de Itapeva

  
Prof. Dr. KLEPER DE OLIVEIRA ROCHA (Participação Virtual)  
Química / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru

  
Prof.ª Dr.ª ELEN APARECIDA MARTINES MORALES (Participação Virtual)  
Engenharia Industrial Madeireira / Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Botucatu, 17 de agosto de 2023



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelo Seu cuidado diário.

Agradeço à minha família pelo infinito apoio, força e incentivo, especialmente aos meus pais, Marilei e Gilberto, e meu esposo Marcos.

Agradeço à minha orientadora Professora Doutora Maristela Gava por todos os ensinamentos e apoio prestados ao longo de meu curso de mestrado.

Agradeço ao Professor Doutor Kleper de Oliveira Rocha e alunos da Universidade Estadual Paulista de Bauru por todo auxílio demonstrado durante a realização desse trabalho, estando presente em todos os momentos em que precisei.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e desempenho deste trabalho.



## RESUMO

Os metais pesados estão presentes na maioria dos efluentes e são considerados um dos principais poluentes do meio ambiente. Esses elementos, em níveis excessivos, apresentam-se extremamente tóxicos e a sua acumulação pode provocar graves doenças aos seres vivos. Uma alternativa muito eficaz no tratamento de águas é a técnica de adsorção, que consiste no transporte de um ou mais componentes presentes em meio fluido para a superfície de um determinado sólido, sendo denominado adsorvente. O carvão ativado a partir do bambu apresenta-se como uma alternativa muito promissora para a produção de carvão vegetal, visto que essa planta possui elevada velocidade de crescimento, grande produção de biomassa, estrutura porosa, além de possuir baixo custo, quando comparado com o carvão ativo comercial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do bambu da espécie *Dendrocalamus asper* na produção de carvão ativado e sua respectiva aplicação como adsorvente dos contaminantes Cádmio e Chumbo, nos tempos de 30, 60 e 120 minutos, com diferentes concentrações de carvão de 5, 15 e 30 g L<sup>-1</sup>. Os resultados mostraram que a menor concentração de adsorvente apresentou a maior capacidade adsorvida para ambos os metais testados isoladamente (22,09 e 29,28 mg g<sup>-1</sup>) e simultaneamente (8,33 e 20,08 mg g<sup>-1</sup>) para cádmio e chumbo, respectivamente. Ademais, através dos estudos cinéticos, o modelo de primeira ordem apresentou melhor ajuste e interação entre os dados calculados. Em termos de porcentagem de remoção, os dados mostraram que, após o tempo de 120 minutos, todos os ensaios apresentaram valor superior a 97% para ambos os metais. Portanto, pode-se concluir que, o bambu possui interessantes características para ser utilizado como matéria-prima na produção de carvão vegetal para remoção de metais pesados em água.

**Palavras-chave:** metais pesados; carvão vegetal; bioadsorvente; bambu.



## ABSTRACT

Heavy metals are present in most effluents and are considered one of the main pollutants in the environment. These elements, in excessive levels, are extremely toxic and their infection can cause serious diseases to living beings. A very effective alternative in water treatment is the adsorption technique, which consists of transporting one or more components present in a fluid medium to the surface of a given solid, called adsorbent. Activated work from bamboo is a very promising alternative for the production of charcoal, as this plant has a high growth rate, high biomass production, porous structure, in addition to having a low cost when compared to the commercial active carbon. The objective of this work was to evaluate the use of bamboo of the species *Dendrocalamus asper* in the production of activated carbon and its respective application as an adsorbent of contaminants Cadmium, Lead and Manganese, in the times of 30, 60 and 120 minutes, with different concentrations of carbon of 5, 15 and 30 g L<sup>-1</sup>. The results showed that the lowest concentration of adsorbent showed the highest adsorbent capacity for both metals tested individually (22.09 and 29.28 mg g<sup>-1</sup>) and simultaneously (8.33 and 20.08 mg<sup>-1</sup>) for cadmium and lead, respectively. In addition, through the kinetic studies, the first-order model showed better fit and interaction between the calculated data. In terms of removal percentage, the data realized that, after a time of 120 minutes, all tests showed a value greater than 97% for both metals. Therefore, it can be concluded that bamboo has interesting characteristics to be used as a raw material in the production of charcoal for the removal of heavy metals in water.

**Keywords:** heavy metals; charcoal; bioadsorbent; bamboo.



## SUMÁRIO

|            |                                                                   |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                            | <b>13</b> |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                 | <b>15</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Poluição ambiental.....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Metais pesados.....</b>                                        | <b>15</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Estação de tratamento de água e esgoto.....</b>                | <b>19</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Adsorção.....</b>                                              | <b>21</b> |
| 2.4.1      | Processo de obtenção do carvão vegetal.....                       | 22        |
| 2.4.2      | Fatores que influenciam o processo de adsorção.....               | 24        |
| 2.4.3      | Ponto de carga zero de adsorventes.....                           | 25        |
| 2.4.4      | Cinética de adsorção.....                                         | 26        |
| 2.4.5      | Isoterma de adsorção.....                                         | 28        |
| <b>2.5</b> | <b>Bambu.....</b>                                                 | <b>30</b> |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                   | <b>32</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Preparo do bambu.....</b>                                      | <b>32</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Determinação do ponto de carga zero.....</b>                   | <b>34</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Preparo das soluções de metais.....</b>                        | <b>35</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Teste de adsorção.....</b>                                     | <b>35</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Quantificação de remoção dos metais em água.....</b>           | <b>36</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                | <b>37</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Carvão produzido.....</b>                                      | <b>37</b> |
| 4.1.1      | Rendimento do carvão.....                                         | 38        |
| 4.1.2      | Distribuição granulométrica.....                                  | 38        |
| 4.1.3      | Difratograma de raio x.....                                       | 40        |
| 4.1.4      | Microscopia eletrônica de varredura.....                          | 41        |
| 4.1.5      | Espectroscopia vibracional na região do infravermelho (FTIR)..... | 42        |
| 4.1.6      | Análise de BET.....                                               | 44        |
| <b>4.2</b> | <b>Ponto de carga zero.....</b>                                   | <b>47</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Processo de adsorção.....</b>                                  | <b>49</b> |
| 4.3.1      | Cinética de adsorção.....                                         | 50        |
| 4.3.1.1    | <i>Ajuste dos dados em modelos cinéticos.....</i>                 | <i>56</i> |
| 4.3.2      | Porcentagem de remoção.....                                       | 62        |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                            | <b>64</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                           | <b>67</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

O intenso avanço do consumo e exploração dos recursos naturais, juntamente com o crescimento acelerado da população nas últimas décadas, vêm causando grande devastação ao meio ambiente (BARROS; SILVA, 2019).

Os metais pesados, que estão presentes na maioria dos efluentes, são considerados um dos principais poluentes do meio ambiente. Esses elementos vêm ganhando uma atenção especial, devido a toxicidade causada à saúde, visto que são bioacumulativos e possuem altos níveis de reatividade ao organismo (EL-GAAYDA et al, 2021).

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns metais para a realização de suas atividades vitais no organismo. Entretanto, em níveis excessivos, os elementos apresentam-se extremamente tóxicos, como por exemplo o mercúrio, chumbo e cádmio, podendo provocar graves doenças (LEANDRO-SILVA et al, 2020).

O tratamento de partículas que apresentam considerável dimensão, tais como matérias orgânicas e nutrientes, possuem maior facilidade de tratamento nas estações de água e esgoto. No entanto, partículas menores, tais como os metais pesados, podem apresentar baixo rendimento na retenção dos processos habituais. Uma alternativa muito eficaz no tratamento de efluentes com resíduos metálicos é a técnica de adsorção, a qual possui baixo custo, alta eficiência e a possibilidade de reutilização do adsorvente (DOTTO; MCKAY, 2020).

A adsorção baseia-se no contato de uma superfície sólida, denominada adsorvente, com uma solução, a qual contém moléculas de soluto, as quais serão adsorvidas e removidas de seu meio, fixando-se no adsorvente. Esse processo está vinculado à diversos fatores, tais como a temperatura do meio, a natureza e a concentração da substância adsorvida, a natureza do adsorvente, entre outros (WENDELL et al, 2012).

O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado pela indústria, devido a inúmeros fatores, tais como versatilidade e eficácia no processo de remoção de metais e diversos outros contaminantes em efluentes. Entretanto possui um alto custo comercial quando comparado aos bioadsorventes, encarecendo, dessa forma, o processo, quando utilizado em grandes demandas de águas e efluentes (RAHMAN et al, 2019).

Os metais Cádmio e Chumbo são considerados alguns dos mais tóxicos à saúde humana, podendo prejudicar as reações bioquímicas que ocorrem nos metabolismos das células, causando inúmeros malefícios à saúde humana. Já o Manganês é considerado 12º elemento mais abundante na superfície terrestre, conferindo, desta forma, vasta ocorrência natural. O Manganês também pode ser facilmente combinado com matéria orgânica, formando complexos químicos de difícil remoção, exigindo, dessa forma, um tratamento com vários estágios para tratar a água contaminada (ALMEIDA et al, 2019).

Esse estudo foi motivado pela observação da problemática descarga de metais pesados em águas e aos dados causados aos seres vivos. Cabe, portanto, a urgente necessidade de estudos sobre o uso de bioadsorventes com o intuito de se obter novas, eficientes e econômicas alternativas para o tratamento de águas e efluentes (DAI et al, 2019).

Fontes afirmam que há grande geração de resíduos provenientes da biomassa agroflorestal, principalmente em países de clima tropical. O bambu é uma das plantas de maior utilização como matéria prima em estruturas e edificações, podendo ser utilizado para mais inúmeras finalidades, como na produção de móveis e materiais compostos (pisos e laminados), nas indústrias bioquímica, têxtil e papel e celulose (CIDADE et al, 2015; BAZ et al, 2019; BARRETO et al, 2019; GAUSS et al, 2019; MUNIS et al, 2018).

Visando a busca por novas alternativas para o emprego de resíduos de biomassas, as quais podem causar sérios problemas ambientes, o uso do bambu como carvão vegetal apresenta-se como uma alternativa promissora para remoção de metais pesados em água. Essa planta apresenta elevada velocidade de crescimento, grande produção de biomassa, estrutura porosa, além de possuir grande disponibilidade regionalmente (DAM et al, 2018; ZHANG et al, 2018).

Dessa forma, esse estudo tem como objetivo avaliar o uso do bambu da espécie *Dendrocalamus asper* na produção de carvão ativado e sua respectiva aplicação como adsorvente dos contaminantes Cádmio, Chumbo e Manganês.

## REFERÊNCIAS

- ABINEE. **Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica**. Programa Abinee Recebe Pilhas: cartilha informativa. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/pilhas.pdf> >. Acesso em: 15 mai. de 2023.
- ACHOUR, Y.; BAHISIS, L.; ABLOUH, E. H.; LAAMARI, M. R.; HADDAD, M. E. Insight into adsorption mechanism of Congo red dye onto Bombax Buonopozense bark Activated-carbon using Central composite design and DFT studies. **Surfaces and Interfaces**, v. 23, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2021.100977>.
- ADENIYI, A. G.; OTOIKHIAN, K. S.; IGHALO, J. O.; MOHAMMED, I. A. Pyrolysis of different fruit peel waste via a thermodynamic model. **ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)**, v. 2, p. 16-24, 2019. ISSN: 2645-2685.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Acesso em: 27 mai. 2017.
- AGUILLAR, C. N. et al. Avaliação do teor de metais pesados na água de Rio Paranaíba – MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16100>&gt;. Acesso em: 16 mar. 2021.
- ALMEIDA, A. B. B.; DE LIMA, M. R. P.; DE; SANTOS, Y. T.; MOREIRA, Y. W. N.; SILVA, P. B. A. Concentração de ferro e manganês em águas de abastecimento no município de Crato, Ceará: caracterização e proposta de tratamento. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 2. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i2.29520>. Acesso em: 11 abr. de 2023.
- ALMEIDA, C. F. **Produção de carvão ativado quimicamente a partir da palmácea mauritia flexuosa e o estudo de suas propriedades adsorptivas**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2015.
- AMIM, J. et al. Filmes ultrafinos de ésteres de celulose: preparo, caracterização e imobilização de proteínas. *Química Nova*, v. 33, n. 10. DOI:10.1590/S0100-40422010001000011
- ARAKI, P. H. H. Adsorção de corante azul reativo 222 em carvão ativado produzido a partir do bagaço da cana-de- açúcar. 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2013.
- ARAÚJO, P. C. C. et al. Uso de carvão ativado na remoção de CO<sub>2</sub>. **Scientia Plena**, v. 14, n. 5, 2018. doi: 10.14808/sci.plena.2018.054201
- BARRETO, M. I. M. ; DE ARAUJO, V. A.; BARBOSA, CORTEZ, J.; CHRISTOFORO, A. L.; MOURA, J. D. M. . Structural performance analysis of cross-laminated timber-bamboo (CLTB). **BioResources**, v. 14, p. 5045-5058, 2019.

BARROS, D. R.; SILVA, M. N. A conscientização do homem para uma exploração sustentável do meio ambiente. **Revista Educação, Psicologia e Interfaces**, v. 3 n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.37444/issn-2594-5343.v3i2.131>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BAZ, R. J. Q.; ALMEIDA FILHO, F.; MORALES, E. A. M.; YAZBEK, B. A.; CORTEZ-BARBOSA, Juliana. Physico-chemical properties of bamboo charcoals from species *Bambusa vulgaris* var *vittata*, *Dendrocalamus asper* and *Phyllostachys pubescens*. **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v. 8, p. 518-526, 2019.

BERNARDO, M. et al. Critical discussion on activated carbons from bio-wastes environmental risk assessment. **Boletín del Grupo Español del Carbón**, v. 40, p. 18-21, 2016.

BEZERRA, J. K. A. Remoção de Cobre (II) em Solução Aquosa por Adsorção Usando Carvão Ativado Produzido a Partir do Lodo Doméstico Bezerra. **Revista Virtual Química**, v. 11, n. 6, 2019.

BOLIGON, J. **Produção e caracterização de carvão ativado a partir da borra de café solúvel**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – UTFPR. Londrina, 2015.

BONETTO, L.R. **Estudo da adsorção do corante azul de metileno por um resíduo sólido da indústria do suco de maçã**. 2016. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2016.

BRITO, J. M A. L. **Carbonização sustentável para valorização do bambu *Bambusa tuldoide*: produção de carvão ativado e caracterização do bio-óleo recuperado**. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

CARBONARI, G. et al. Bambu - o aço vegetal. **MIX Sustentável**, v. 3., n. 1, p. 17-25, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2017.v3.n1.17-25>. Acesso em: 21 mai. de 2021.

CIDADE, M. K. et al. Biônica como processo criativo: microestrutura do bambu como metáfora gráfica no design de joias contemporâneas. **Educação gráfica**, v. 19, n. 1, p. 91-103, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/122618>. Acesso em: 19 abr. de 2023.

CONCEIÇÃO, M. M. M. et al. Estudo de viabilidade da implantação de um ponto de entrega voluntária (pev) na Universidade do estado do Oará, Campus VI: coleta de pilhas e baterias. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 12, 2018. Disponível em: <http://revbea.emnuvens.com.br/revbea/article/view/5222>. Acesso em: 17 mar. 2021.

COSTA, A. G.; BORGES, A. M.; SOTO-BLANCO, B. Metais tóxicos e seus efeitos sobre a reprodução dos animais. Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 108-124, jan./mar. 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54993>. Acesso em: 20 mai. de 2021.

COSTA, P. et al. **Exposição crônica ao chumbo sobre a resposta contrátil a fenilefrina e pressão arterial em ratos**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/97968>. Acesso em: 20 mai. de 2021.

COSTA, P. D.; JEREMIAS, T. C.; MENEZES, C. T. B. Estudo de turfa e carvão ativado como adsorventes para remoção de hidrocarbonetos de meio aquoso. *Revista Tecnologia e Ambiente*, v. 21, n.1, 2015.

COSTA, P. D.; FURMANSKI, L. M.; DOMINGUINI, L. Produção, Caracterização e Aplicação de Carvão Ativado de Casca de Nozes para Adsorção de Azul de Metileno. *Rev. Virtual Quim.*, v. 7, n. 4, 2015.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2 ed. São Paulo: Blucher, p. 212, 2014.

DĄBROWSKI, A., PODKOŚCIELNY, P., HUBICKI, Z. and BARCZAK, M. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon - A critical review. *Chemosphere*, v. 58, n. 8, p. 1049–1070, 2005.

DAI, Y. et al. The adsorption, regeneration and engineering applications of biochar for removal organic pollutants: a review. *Chemosphere*, v. 223, p. 12-27, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.161>. Acesso em: 11 abr. De 2023.

DAM, J. E. van; ELBERSEN, H. W.; MONTAÑO, C. M. D. Bamboo production for industrial utilization. **Perennial Grasses for Bioenergy and Bioproducts**. Elsevier, 2018. p. 175–216. ISBN 978-0-12-812900-5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128129005000060>. Acesso em 21 mai. de 2021.

DELATORRE, F. M. et al. Insights acerca do uso de finos de carvão vegetal para geração de bioenergia. *Centro de saúde e tecnologia rural*, v. 15, n. 2, p. 132-144, 2020. Disponível em: 20 jan. de 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i3.1272>.

DIAS, J. M. C. D. S.; SOUZA, D. T. DE.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. **Embrapa Agroenergia**, p. 132, Brasília, 2012.

DOTTO, G. L.; MCKAY, G. Current scenario and challenges in adsorption for water treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 8, p. 1-6, 2020. Disponível em: 10.1016/j.jece.2020.103988. Acesso em: 10 abr. de 2023.

ESCALANTE REBOLLEDO, A. et al. Biochar (biochar) I: natureza, história, fabricação e uso no solo. **Terra latino-americana**, v.34, n. 3, p. 367–382, 2016.

EL-ARABY, H. A.; IBRAHIM, A. M. M. A.; MANGOOD, A. H; ABDEL-RAHMAN, A. A. Sesame Husk as Adsorbent for Copper (II) Ions Removal from Aqueous Solution. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, v. 5, p. 109-152. 2017.

EL-GAAYDA, J. et al. Natural flocculants for the treatment of wastewaters containing dyes or heavy metals: A state-of-the-art review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 5, p. 106060, out. 2021.

FARIAS, M. T. A. et al. Produção de carvão pirolítico a partir do bagaço de caju. **Encontros Universitários da UFC**, Fortaleza, v. 6, n. 2, 2021.

FELISBERTO, M. H. F. Young bamboo culm: Potential food as source of fiber and starch. *Food Research International*, v. 101, p. 96-102, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.058>. Acesso em: 13 abr. de 2023.

FILHO, A. V. **Carvão ativado obtido a partir de lodo de estação de tratamento de água aplicado na remoção de contaminantes**. 99 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021.

FONSECA, J. A. The nonlinear normal model. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, p. e212111226071, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.26071. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26071>.

FONTANA, K.B., CHAVES, E.S., SANCHEZ, J.D.S. et al, “Biossorção de pb(ii) por casca de urucum (Bixa orellana) em soluções aquosas: estudo cinético, equilíbrio e termodinâmico”, **Química Nova**, v. 39, pp. 1078–1084, 2016.

FRANÇÓIS, L. L. et al. Remoção de cafeína por adsorção em carvão ativado. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 2, p. 64-68, 2016.

FREITAS, F. B. A.; CÂMARA, M. Y. F.; FREIRE, M. D. F. **Determinação do PCZ de adsorventes naturais utilizados na remoção de contaminantes em soluções aquosas**, 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química, Blucher Chemistry Proceedings, v. 3, p. 610-618, 2015. ISSN 2318-4043. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/chenpro-5erq-am1>. Acesso em: 23 jan. de 2023.

FUNGARO, D. A. et al. Aplicação de material zeolítico sintetizado de cinzas de carvão como adsorvente de poluentes em água. **Eclética Química**, v. 34, n. 1, 2009. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0002-3466-5196>. Acesso em: 19 abr. de 2023.

GAUSS, C.; DE ARAUJO, VICTOR ALMEIDA; GAVA, MARISTELA; CORTEZ-BARBOSA, J.; SAVASTANO JR, H. . Bamboo particleboards: recent developments. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)**, v. 49, p. 1-9, 2019.

GAYATHIRI, M. et al. Activated carbon from biomass waste precursors: Factors affecting production and adsorption mechanism. **Chemosphere**, v. 294, p. 133764, 2022.

GEETHA, P.; LATHA, M. S.; KOSHY, M. Biosorption of malachite green dye from aqueous solution by calcium alginate nanoparticles: equilibrium study. **Journal of Molecular**

**Liquids**, v. 212, p. 723-730, 2015. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.10.035>. Acesso em: 4 jan de 2023.

GOETZ, N. M. Estudo da eficiência do uso de bambu como bioadsorvente na remoção de azul de metileno. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0065>

GONZALEZ, K. R. Toxicologia do Níquel. Revista Intertox de Toxicologia, **Risco Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 30-54, jun. 2016. Disponível em:  
<http://www.intertox.com.br>. Acesso em: 20 mai. de 2021.

GONZALÉZ-GARCÍA, P. Activated carbono from lignocellulosics precursors. A A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1393-1414, 2018.

GRILO JUNIOR, J. A. Avaliação da qualidade biológica, microbiológica e por metais pesados das águas dos principais reservatórios do Rio Grande do Norte. **Holos**, v. 4, p. 1-12, dez. 2019. ISSN 1807-1600. Disponível em:  
<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4020>. Acesso em: 21 maio 2021.

GUILARDUCI, V. V. S. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. **Quím. Nova**, v. 29, n. 6, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600015>

HEIDERSCHEIDT, D. et al. Conceitos aplicados à poluição do solo decorrente do derrame de petróleo e seus derivados. **Maiêutica - Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2016.

IP, A. W. M. et al Reactive Black dye adsorption/desorption onto different adsorbents: effect of salt, surface chemistry, pore size and surface area. **Journal of colloid and interface science**, v. 337, n. 1, p. 32-8, 2009.

KAMIRI, S.; YARAKI, M. T.; KARRI, R. R. A comprehensive review of the adsorption mechanisms and factors influencing the adsorption process from the perspective of bioethanol dehydration. **Renew. Sust. Energ**, v. 107, p. 107:535-553, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.025>. Acesso em: 4 jan de 2023.

LANSDOWN, R.; YULE, W. **Lead Toxicity, History and Environmental Impact**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986.

LEANDRO-SILVA, Emerson et al. Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich no estudo da casca de banana como bioadsorvente de cobre (II) em meio aquoso. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, e-12656, 2020. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1590/s1517-707620200002.1056>. Acesso em: 26 abri. de 2021.

LEÃO, L. P. et al. **Mapeamento geoquímico do manganês e avaliação da qualidade de sedimentos fluviais e águas superficiais do Quadrilátero Ferrífero, Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 42, n. 2, p. 444-455, 2019. Disponível em:  
<http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/12123>. Acesso em: 10 mar. 2023.

LEITE, N. M. G. et al. A influência da disposição final dos resíduos sólidos nos recursos hídricos: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24270/19407>. Acesso em: 17 mar. 2021.

LEVINE, H. N.A. et al. Temporal trends in sperm count: A systematic review and metaregression analysis. **Human Reproduction Update**, v.23, n.6, p.646–659, 2017.

LIMA, V. E. et al. Avaliação do uso de materiais residuais como adsorventes para remoção de Pb<sup>2+</sup> em efluentes de laboratórios. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 97249- 97626, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-280>. Acesso em: 17 mar. 2021.

MARAFON, A. C.; AMARAL, A. F. C.; LEMOS, E. E. P. Caracterização de espécies de bambu e outras biomassas com potencial para a geração de energia térmica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, p. e55282-e55282, 2019.

MELLO, J. Re. **Síntese de compósitos adsorventes a base de quitosana para a remoção de corante alimentício e surfactante em meio aquoso**. 2020. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2020

MICHELINI, A. **Baterias Recarregáveis para equipamentos portáteis**. Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. e Com, ed. 1, 2017.

MONTEIRO, K. A et al. Adsorção de azul de metileno em carvão ativado sintetizado a partir de resíduos da indústria madeireira. **XXXIX Congresso brasileiro de sistemas particulados ENEMP 2019**, v. 2, 2019.

MORAIS, R. M. et al. Produção de carvão ativado a partir de *Eucalyptus dunnii* para adsorção de corante azul de metileno. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 10, n. 1, 2019.

MOURO, V, G, S et al. Subacute Testicular Toxicity to Cadmium Exposure Intraperitoneally and Orally. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2019, 2019.

MÜLLER, L. C.; ALVES, A. A. A.; MONDARDO, R. I.; SENS, M. L. Adsorção do azul de metileno em serragem de *Pinus elliottii* (pinus) e *Drepanostachyum falcatum* (bambu). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 687-695, 2018.

MUNIS, R.; CAMARGO, D.; DE ALMEIDA, A.; DE ARAÚJO, V.; LIMA JUNIOR, M.; MORALES, E.; SIMÕES, D.; BIAZZON, J.; DE MATOS, C.; CORTEZ-BARBOSA, J. Parallel Compression to Grain and Stiffness of Cross Laminated Timber Panels with Bamboo Reinforcement. **BioResources**, v. 13, p. 3809-3816, 2018.

NARITA, C. K. C. Y. **Síntese de carvão ativado a partir de resíduos de tecido de algodão**. 40 f. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

NASCIMENTO, F. V. O. T.; GASPAR GONZALEZ, F. Impactos do manganês na saúde pública. *Revista Intertox de Toxicologia*, **Risco Ambiental e Sociedade**, v. 11, n. 3, 2018. Disponível em: <http://www.intertox.com.br>. Acesso em: 20 mai. de 2021.

NASCIMENTO, R. F.; MELO, D. Q.; LIMA, A. C. A.; BARROS, A. L.; VIDAL, C. B.; PAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 1 ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 256, ed. 1, 2014.

NAZARI, G.; ABOLGHASEMI, H.; ESMAIELI, M.; POUYA, E. S. Aqueous phase adsorption of cephalixin by walnut shell-based activated carbon: A fixed-bed column study. **Applied Surface Science**, v. 375, p. 144–153, 2016.

NELSON, M. et al. Caracterização Física e Térmica de Compósito de Poliuretano Derivado de Óleo de Mamona Associado com Partículas de Bambu. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 23, n. 2, p. 201-205, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282013005000007>. Acesso em: 13 abr. de 2023.

OHANA, C. C. **Utilização de resíduos do processamento de teca (*Tectona grandis* L.f.) na produção de briquetes**. 2012. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

OLIVEIRA, D. **Toxicidade multigeracional do fipronil para *Folsomia candida* em solo natural tropical**. 2017. 65 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/330871>. Acesso em: 20 mai. de 2021.

OLIVEIRA, J. A. M. et al. Níveis de contaminação por metais pesados na área de disposição de resíduos sólidos no município de Januária-MG. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, 2019. Disponível em: <http://revistas.ifg.edu.br/tecnia/article/view/140>. Acesso em: 16 mar. 2021.

PAIXÃO D. R. et al. Utilização de carvões ativados de bambu (*Guadua weberbaueri* pilger) funcionalizados com nanopartículas de prata ou óxido de ferro no tratamento de água. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.11, p. 103952-103972 nov. 2021. Disponível em: DOI:10.34117/bjdv7n11-154. Acesso em: 17 abr. de 2023.

PAREDES-QUEVEDO, L. C.; GONZÁLEZ-CAICEDO, C.; TORRES-LUNA, J. A.; CARRIAZO, J. G. Removal of a Textile Azo-Dye (Basic Red 46) in Water by Efficient Adsorption on a Natural Clay. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 232, p. 1-19, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04968-2>.  
PEDRANGELO, A. C. et al. Potencialidades do material bambu: uma revisão bibliográfica. **Revista Mundi**, v. 5, n. 7, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21575/25254782rmetg2020vol5n71123>. Acesso em: 21 mai. de 2021.

PEREIRA, L. M.; SANTOS, M. R. Plano de bacias hidrográficas como ferramenta para o delineamento de infraestruturas verdes. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.12, p.106054-116070, 2021.

PERRICH, J. R. **Activated carbon adsorption for wastewater treatment**. CRC PRESS, p. 260, 2018.

PEZOTI, O.; CAZETTA, A. L.; SOUZA, K. C.; MARTINS, A. C.; SILVA, T. L.; ALMEIDA, V. C. Adsorption studies of methylene blue onto ZnCl<sub>2</sub>-activated carbon produced from buriti shells (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of industrial and engineering chemistry**, v. 20, n. 6, p. 4401-4407, 2014.

PINHEIRO, M. O.; SOUZA, C. B. Efeitos Teratogênicos dos Metais Pesados sobre a Infertilidade Humana e Malformações Congênitas. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 35, p.47-58, 2017. Disponível em: <http://revista.lusiada.br/index.php/ruep/issue/view/35>. Acesso em: 27 jun. 2022.

PUZIY, A. M.; PODDUBNAYA, O. I.; MARTÍNEZ-ALONSO, A.; CASTRO-MUNIZ, A.; SUÁREZ- GARCÍA, F.; TASCÓN, J. M. D. Oxygen and phosphorus enriched carbons from lignocellulosic material. **Carbon**, Elmsford, v. 45, n. 10, p. 1941-1950, 2007.

RAHMAN, A.; HANGO, H. J.; DANIEL, L. S.; VEIKKO, U.; JAIME, S. J.; BHASKARUNI, S.V.H.S.; JONNALAGADDA, S. B. Chemical preparation of activated carbon from *Acacia erioloba* seed pods using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as impregnating agent for water treatment: An environmentally benevolent approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 76-89, 2019.

RASO, E. F. et al. Impacto da exploração artesanal de ouro na saúde dos garimpos do distrito de Manica - Moçambique. **Interfaces Científicas**, v. 8, n. 3, p. 20–31, 2021. DOI: 10.17564/2316-3798.2021v8n3p20-31. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/saude/article/view/9650>. Acesso em: 20 maio. 2021.

REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. **The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation**. 14 f. University of Illinois at Chicago, 2004.

REIS, A. S.; SILVA, N. C.; NEVES, U. M. Produção de carvão ativado a partir de casca de arroz. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 2, n. 2, p. 89-103, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2nespp89>

RIBEIRO, A. P. A. de L. **Carvão ativado de endocarpo de macaúba (*Acrocomia Aculeata*) para adsorção de CO<sub>2</sub> emitido pela queima do bagaço da cana-de-açúcar**. 2019. 39 f. TCC (Graduação) – Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

ROCHA, A. F. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?**. 2009. 48 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP), Porto, 2009.

RODRIGUES, D. L. C. et al. Adsorption of amoxicillin onto high surface area-activated carbons based on olive biomass: kinetic and equilibrium studies. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 33, 2020.

SAEED, M. et al. Síntese, caracterização e aplicação de argilas organofílicas para dessulfuração adsorvativa de óleo combustível. **Sci Rep**, v. 12, n. 7362, p. 1-12. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv5n2-042>. Acesso em: 4 jan. de 2023.

SANTOS, G. H. F. et al. **Aplicação da fibra de bambu in natura e carvão ativado ósseo como adsorvente na remoção de corante azul de metileno**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, p. 7222-7228, ISSN 2359-1757, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/chemeng-cobeq2014-0514-25157-152930>. Acesso em: 16 mai de 2022

SANTANA, G. M. et al. Carvão ativado a partir de resíduos de bambu (*Bambusa vulgaris*) utilizando CO<sub>2</sub> como agente ativante para adsorção de azul de metileno e fenol. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 769-778, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509828648>. Acesso em: 16 mai. de 2023.

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R.; RESENDE, B. O. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 8, n. 1, p. 143-157, jun. 2020. Disponível em: <http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/2169/1591>. Acesso em: 21 maio 2021.

SBIZZARO, Mariana. **Adsorption of atrazine in biochar obtained from bamboo culm**. 2016. 32 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

SCHWANTES, D.; GONÇALVES, A. C.; COELHO, G. F.; CAMPAGNOLO, M. A.; DRAGUNSKI, D. C.; TARLEY, C. R. T.; LEISMANN, E. A. V. Chemical Modifications of Cassava Peel as Adsorbent Material for Metals Ions from astewater. **Journal of Chemistry**, p. 1–15, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3694174>

SENGUPTA, P. et al. The Disappearing Sperms: Analysis of Reports Published Between 1980 and 2015. **American Journal of Mens Health**, v.11, n.4, p.1279-1304, 2017.

SHEIKHHOSSEINI, A. et al. Competitive sorption of nickel, cadmium, zinc and copper on palygorskite and sepiolite silicate clay minerals. **Geoderma**, v. 192, p. 249–253, 2013.

SHEN, C. et al. Efficient removal of fluoride from drinking water using well-dispersed monetite bundles inlaid in chitosan beads. **Chem. Eng. J.**, v. 303, p. 391–400, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.05.103>. Acesso em: 4 jan de 2023.

SILVA; A. S.; RODRIGUES, G. F. **Remoção de metal pesado (Cd) utilizando como adsorventes argila chocobofo**. Anais IV CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/57185>. Acesso em: 21 mai. de 2021.

SILVA, D. E. O. **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco para aplicação em processo de adsorção de dipirona**. 2020. 59 f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Química - Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, 2020.

SILVA, J. A. et al. Study of the adsorption potential of leaves of catingueira to remove calcium in water as a function of pH variation. **Braz. J. of Develop**, v. 6, n. 9 , p. 71388-71397, 2020.

SILVA, G. S.; NETO, A. C.; CAPRI, M. R. Biossorção de Cr (VI) pela casca de banana nanica no tratamento de efluente. II Congresso Internacional – RESAG - EEL-USP, Lorena, Brasil, 2015.

SILVA, M. **A relação ente o hábito e a composição da parede celular de bambus nativos**. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, 2017.

SILVA, M. N. C. et al. Hierarquização da eficiência de remoção de cianotoxinas por meio de adsorção em carvão ativado granular. **Eng Sanit Ambient**, v.22, n.4, p. 691-697, 2017. Disponível em: 10.1590/S1413-41522017158092. Acesso em: 4 de mai. de 2023.

SILVA, T.; BARBOSA, C.; GAMA, B; NASCIMENTO, G.; DUARTE, M. Agregação de valor ao resíduo agroindustrial: Remoção de fenol utilizando adsorvente preparado a partir da casca de amendoim. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/19372>. Acesso em: 23 nov. de 2022.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18571/acbm.189>. Acesso em: 17 mar. 2021.

THOMMES, M. et al. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 87, n. 9-10, p. 1051-1069, 2015.

UMPIERRES, C. S.; THUE, P.S.; LIMA, E. C. DOS REIS, G. S.; DE BRUM, I.A.S.; DE ALENCAR, W.S.; DIAS, S.L.P.; DOTTO, G.L. Microwave activated carbons from Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seed for efficient removal of 2-nitrophenol from aqueous solutions. **Environmental Technology**, v.39, n.9, p.1173-1187, 2018.

VIANNA, A. M. Poluição ambiental, um problema de urbanização e crescimento desordenado das cidades. **Revista Sustinere**, v. 3, n. 1, p. 22-42, jul. 2015. ISSN 2359-0424. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/17325/12855>. Acesso em: 15 mar. 2021.

VIEIRA, F. M. Resíduos farmacêuticos: riscos ambientais do descarte inadequado de medicamentos. **Natural Resources**, v.11, n.1, p.74-81, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.001.0010>

WENDELL, K. S. C. et al. **Estudo sobre as Principais Tecnologias para Tratamento da Água Produzida**. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 141 - 152, 2012.

YAHIA, M. A., AL-QODAH Z., NGAH C. W. Z. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 46, 2015, p. 218-235.

YUANMEI, H. et al. Health risks to local residents from the exposure of heavy metals around the largest copper smelter in China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 171, p. 329–336, 2019.

ZHANG, S.; FU, R.; WU, D.; XU, W.; YE, Q.; CHEN, Z. Preparation and characterization of antibacterial silver-dispersed activated carbon aerogels. **Carbon**, v.42, p.3209–3216, 2004.

ZANONI, E. T. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana e adsorvidade de nanopartículas de sílica dopadas com CuO. **Matéria (Rio J.)**, v. 24, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190001.0661>. Acesso em: 17 mai de 2022.

ZHANG, G. et al. Activated biomass carbon made from bamboo as electrode material for supercapacitors. **Materials Research Bulletin**, v. 102, p. 391–398, 2018.