

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE ADSORVENTE A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL PARA REMOÇÃO DE CORANTE EM MEIO AQUOSO

Nicholas Fernandes de Souza, Universidade Federal de Pelotas – [nicholasfs97@gmail.com](mailto:nicholasfs97@gmail.com)

Vinícius Spiering da Cruz, Universidade Federal de Pelotas – [vinyspiering@gmail.com](mailto:vinyspiering@gmail.com)

Eduarda Medran Rangel, Universidade Federal de Pelotas – [eduardamrangel@gmail.com](mailto:eduardamrangel@gmail.com)

Adrize Medran Rangel, Universidade Federal de Pelotas – [adrizemr@hotmail.com](mailto:adrizemr@hotmail.com)

Cristiane Ferraz de Azevedo, Universidade Federal de Pelotas – [cristiane.quim@gmail.com](mailto:cristiane.quim@gmail.com)

Fernando Machado Machado, Universidade Federal de Pelotas – [fernando.machado@hotmail.com](mailto:fernando.machado@hotmail.com)

### Resumo

O caroço de pêssogo é um resíduo agroindustrial interessante para a produção de carvão ativado (CA), material este utilizado para o tratamento de águas e efluentes contaminados. A presente pesquisa teve como objetivo utilizar o caroço de pêssogo como precursor na produção de carvão ativado (via ativação química com  $ZnCl_2$ ), via rota assistida por micro-ondas, e utilizá-lo como adsorvente na remoção de corantes sintéticos de meio aquoso. As condições experimentais incluíram a ativação com agente de ativação  $ZnCl_2$ , na proporção 1:0,5 a 80°C por 1h. Depois de seca, a amostra foi submetida ao processo de carbonização via rota assistida por forno micro-ondas e logo após submetido a um refluxo ácido, finalizando com a neutralização do material. O material pronto foi utilizado na adsorção do corante Azul de Metila em diferentes concentrações. Os resultados mostraram que foi possível remover até 99% do corante, sem modificação de pH e em temperatura ambiente. Foi possível concluir que o resíduo de caroço de pêssogo é um material promissor na produção de CA para a remoção do corante Azul de Metila, trazendo solução tanto para o descarte de resíduos como para o tratamento de águas residuárias.

**Palavras-chave:** Azul de Metila, Caroço de Pêssego, Carvão Ativado, Contaminantes.

### 1. Introdução

A demanda por água potável aumenta com o crescimento populacional e desenvolvimento da sociedade. Atualmente, grandes quantidades de corantes sintéticos são depositadas em corpos hídricos sem nenhum tipo de tratamento prévio (Sharma et al., 2018). Tais substâncias devem ser removidas das águas residuais antes de serem descartados no meio ambiente, devido à sua toxicidade. Esses podem afetar a saúde humana, sendo que a maioria dos corantes podem causar irritação da pele e também induzir câncer (Çatlıoğlu et al., 2021).

Diante dos efeitos adversos causados pela presença de corantes em meios hídricos, métodos avançados de tratamentos para remover eficientemente esses poluentes de água

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

residuais são necessários. Dentre as técnicas disponíveis, a adsorção é uma das mais promissoras e eficazes para o tratamento de efluentes aquosos por ser uma técnica de fácil aplicação, escalonamento, alta eficiência e baixo custo (Azevedo et al., 2023). Esse processo baseia-se na habilidade de determinados sólidos em concentrarem em suas superfícies certas substâncias presentes em fluídos. Tais sólidos recebem o nome de adsorvente e a espécie que se concentra na sua superfície é denominada adsorvato (Ruthven, 1984).

O carvão ativado (CA) é um adsorvente altamente eficiente e tem sido largamente utilizado para a remoção de muitos contaminantes de meios aquosos, devido ao alto volume de poros, elevada área superficial, estrutura interna porosa e grupos funcionais que resultam em alta capacidade de adsorção (Oliveira et al., 2019).

Em razão das limitações relacionadas ao elevado custo de produção do CA, diversas pesquisas vêm mostrando que inúmeras matérias-primas orgânicas podem ser empregadas na sua produção, dentre as mais estudadas estão atualmente os resíduos orgânicos de origem agroindustrial (biomassas), em virtude de serem amplamente disponíveis. A aplicação dessas biomassas para a produção de CA tende a baixar os custos da produção, além de contribuir na redução dos problemas ambientais associados a eliminação de resíduos orgânicos (Rodrigues et al., 2020).

O município de Pelotas é o maior produtor de pêssego para indústria no país, portanto os subprodutos dessa cultura como, por exemplo, o caroço de pêssego, tem elevada disponibilidade na região. Tal biomassa possui características físico-químicas interessantes que podem ser exploradas na preparação de CA, apesar de não ser amplamente aproveitada (Torrellas et al., 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo utilizar o caroço de pêssego como precursor na produção de carvão ativado (via ativação química com  $ZnCl_2$ ), via rota assistida por micro-ondas, e utilizá-lo como adsorvente na remoção de corantes sintéticos de meio aquoso.

## 2. Fundamentação teórica

As classes de corantes e pigmentos são poluentes perigosos que estão amplamente presentes em efluentes reais de diversas indústrias, como: têxtil, couro, processamento de alimentos, tinturaria, cosméticos, fabricação de papel e tinturas, sendo que a maioria destes corantes são tóxicos para a flora e a fauna, mutagênica e cancerígena, representando um risco potencial à saúde de todas as formas de vida (Aguayo-Villarreal et al., 2020).

Os corantes sintéticos representam uma classe relevante de substâncias orgânicas amplamente utilizadas em diferentes campos de produção, como corantes têxteis, constituintes de produtos farmacêuticos e cosméticos, aditivos alimentares, bem como nas indústrias de celulose e papel (Çelekli et al., 2019). Aproximadamente 100.000 tipos de corantes comerciais

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

são conhecidos e utilizados em diversas aplicações, compreendendo uma produção anual de 700.000 toneladas (Machado et al., 2014). O corante azul de metila (AM), ([4-[Bis[4-[(sulfofenil)amino]fenil]metileno]-2,5-ciclohexadien-1-ilideno]amino]-sal dissódico do ácido benzenossulfônico), é um corante aniônico com um componente ácido trifenilmetano, e em termos de estrutura, uso e aplicações, não pode ser confundido com o azul de metileno, pois o corante AM é aniônico, enquanto o corante azul de metileno é catiônico (Aniagor et al., 2023).

Diversas técnicas são empregadas para a remoção de corantes em soluções aquosas, dentre elas a fotodegradação (Rangel, Carvalho e Arsand 2018; Rangel, Melo e Machado 2019; Rangel et al., 2022), catálise (Hu et al., 2023; Xu et al., 2023) e a adsorção (Alver, Metin e Brouers 2020; Pérez-Millán et al., 2023; Rangel et al., 2023).

Os processos de adsorção de águas contaminadas geralmente utilizam carvão ativado (CA) como adsorvente, devido a sua alta área superficial e porosidade, além disso, é possível aproveitar diversos componentes, pois são facilmente disponíveis em grandes quantidades (resíduos agroindustriais) para a sua produção, tornando o material de baixo custo e dando uma finalidade a resíduos que poderiam ser eliminados de maneiras não tão sustentáveis (Tran et al., 2022).

A produção agroindustrial gera uma grande quantidade de resíduos que muitas vezes são descartados de forma incorreta e esses resíduos podem ser reaproveitados como biomassa para produção de adsorventes na remoção de contaminantes ambientais (Rangel, Rangel e Machado, 2023).

A cultura do pêssego é muito forte no sul do Brasil, sendo que a fruta industrializada abastece o mercado interno e externo, e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) a produção anual chega a 117.212 toneladas. Segundo Plazzotta et al. (2020), cerca de 15 milhões de toneladas de pêssego são processadas anualmente no mundo, com aproximadamente 10% de descarte, o que conseqüentemente gera mais de 2,4 milhões de toneladas de subprodutos de pêssego globalmente a cada ano, ou seja, descarte de casca e caroços.

Os resíduos agrícolas ricos em carbono podem contribuir para os impactos ambientais negativos quando depositados em aterros, devido aos lixiviados que podem levar a emissões de gases com efeito de estufa, conseqüentemente, a fabricação de CA a partir de materiais residuais, particularmente resíduos agrícolas, agregará valor econômico, reduz o custo e o desperdício e fornece uma alternativa econômica aos CA comerciais (Ramutshatsha-Makhwedzha et al., 2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

### 3. Metodologia

O caroço de pêssigo (fornecido pela Bioquim, Pelotas) foi limpo, seco, triturado em moinho de facas e posteriormente peneirado em mesh 140. Como agente de ativação (AA), foi impregnado o  $ZnCl_2$ , na proporção 1:0,5 (biomassa:AA). A mistura resultante foi homogeneizada e aquecida a  $80^\circ C$  por 1h. Após, a amostra foi seca em estufa a  $100^\circ C$  por 24h (com o intuito de remover o excesso de água). Depois de seca, a amostra foi submetida ao processo de carbonização via rota assistida por forno micro-ondas por 5 min, com ciclos de 1 min. Após a carbonização, o CA produzido foi submetido a um refluxo ácido (etapa de lixiviação), utilizando uma solução de  $HCl$   $0,1\ molL^{-1}$ , à temperatura de  $80^\circ C$  sob agitação durante 1h. Em seguida, o CA foi neutralizado com água destilada (até alcançar  $pH \sim 5,5 - 6,0$ ) e mais tarde seco em estufa a  $100^\circ C$  por 24h. Por fim, foi moído e peneirado em peneira mesh 140 com objetivo de garantir homogeneidade das partículas. O CA foi caracterizado utilizando MEV no microscópio JEOL JSM – 6610LV, situado no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul localizado na Universidade Federal do Rio Grande e equipado com um espectrômetro de raios X de dispersão de energia (EDS). Tensões de aceleração de 15 kV e ampliações de 1000 – 2000 x foram utilizados.

Para os testes de adsorção em batelada, foi preparado uma solução estoque de Azul de Metila (AM), no volume de 100 mL e concentração de  $500\ mgL^{-1}$ . Posteriormente foram realizadas as diluições de soluções (50, 100, 150, 200, 250 e  $300\ mgL^{-1}$ ) utilizadas nos testes de adsorção. Soluções de 20,00 mL do AM foram adicionadas em vários tubos Falcon de 50,0 mL e em seguida 30,0 mg do CA foram adicionadas. As misturas foram agitadas por 3h em uma mesa do tipo incubador (NovaTecnica), com movimento recíprocante (150 rpm) a  $25^\circ C$ . Para separar os adsorventes das soluções contendo o AM, as misturas foram centrifugadas durante 10 min em uma centrífuga YKA Digital, modelo G2T. A quantidade de AM remanescente nas soluções após a adsorção foi quantificada utilizando o Espectrofotômetro UV-Vis Bel M51 no comprimento de onda 663nm. A quantidade de AM removida pelo CA e a percentagem de remoção foram calculadas usando as Equações (1) e (2), respectivamente:

$$q = \frac{(C_o - C_f)}{m} \cdot V \quad (1)$$

e

$$\%Remoção = 100 \times \frac{(C_o - C_f)}{C_o} \quad (2)$$

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



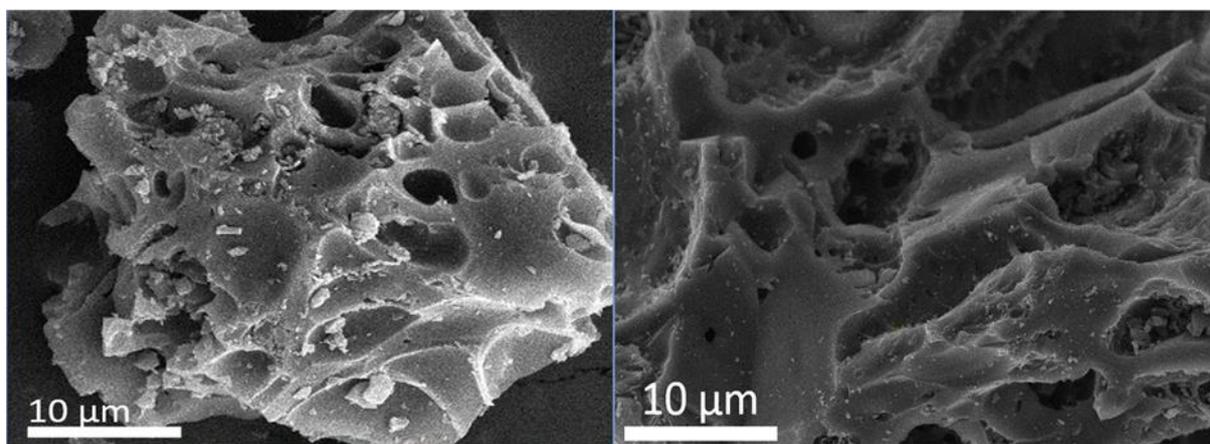
22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

no qual  $q$  representa a quantidade de AM adsorvido pelo CA ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $C_0$  a concentração inicial da solução em contato com o CA ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $C_f$  a concentração do corante após o processo de adsorção ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $V$  o volume de solução (L) em contato com o adsorvente e  $m$  a massa do CA (g).

#### 4. Resultados

A micrografia do adsorvente produzido é apresentada na Figura 1 e a partir dela é possível observar que o CA apresenta superfície rugosa e irregular, exibindo que o material possui um largo número de canais e cavidades que levam aos poros do material. Tal estrutura é alcançada graças a utilização do  $\text{ZnCl}_2$ , que se degrada durante a etapa de pirólise, dando origem a essa estrutura. O CA aqui demonstrado apresenta características essenciais para o processo de adsorção. Essa morfologia irregular é resultado do processo de ativação (CARVALHO et al., 2019).

Figura 1: Micrografias do CA 1000 e 2000 x



Após os testes de adsorção em batelada foi realizada a determinação da absorbância das soluções para calcular a concentração do corante remanescente e o percentual de remoção (Equações (1) e (2)). A partir da Figura 2 é possível verificar que os maiores percentuais de remoção aconteceram nas concentrações entre 50 e 100  $\text{mg L}^{-1}$ , alcançando, aproximadamente, 99 % de remoção.

Figura 2: Percentual de remoção do corante sintético AM por CA produzido com caroço de pêssego via rota assistida por micro-ondas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

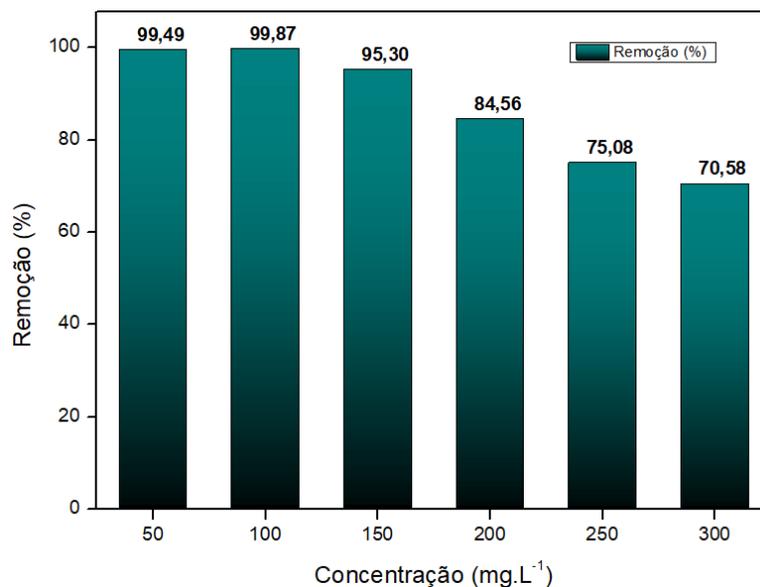
# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito



Quando a concentração aumenta, ou seja,  $C_0 \geq 100 \text{ mg L}^{-1}$ , o percentual de remoção diminui. Tal efeito está relacionado a saturação dos sítios ativos disponíveis do adsorvente para o processo de adsorção (Carvalho et al. 2019).

A partir da Figura 3 é possível notar visualmente a remoção do corante presente nas soluções com  $C_0$  de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2, antes (A) e depois (B)) e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2, antes (C) e depois (D)). A partir dessa, fica evidente o potencial do CA aqui preparado na remoção deste contaminante.

Figura 3: Imagens da solução de corante antes e depois do contato com CA.  $C_0$  de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  antes (A) e depois (B),  $C_0$   $100 \text{ mg L}^{-1}$  antes (C) e depois (D).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

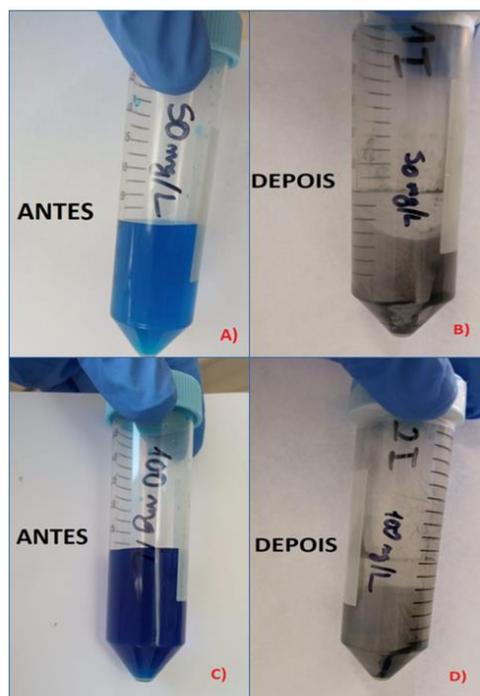
APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito



Fonte: Autoral

Esse resultado pode ser atribuído às propriedades de textura do CA, juntamente com a estrutura molecular dos corantes, visto que corantes com grupos funcionais específicos ou estruturas menores podem ser mais facilmente adsorvidas. Como o pH de estudo foi quase neutro, a adsorção foi favorecida pela possível presença de grupos funcionais oxigenados na superfície do CA e as moléculas de corante carregadas positivamente (QUIAN et al., 2018), (para a elucidação do tipo de interação adsorvato-adsorventes testes adicionais termodinâmicos deveriam ser realizados).

## 5. Conclusões

Com base nos resultados apresentados, foi possível preparar carvão ativado, via rota assistida por micro-ondas, utilizando caroço de pêssgo como precursor orgânico e  $ZnCl_2$  como agente de ativação. Os resultados demonstraram-se positivos para a produção do CA bem como da caracterização que se apresentou próximas às características de outros estudos. O adsorvente preparado foi bastante eficiente na remoção do corante sintético azul de metila apresentando percentuais de remoção de até 99,8%. Tal êxito está associado às propriedades de textura do CA, visto que o mesmo apresenta estrutura porosa.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Por fim, com base nos resultados aqui apresentados, podemos sugerir que o caroço de pêssego pode ser utilizado como uma ótima alternativa de baixo custo e boa eficiência na produção de carvão ativado, minimizando os problemas relacionados ao descarte deste material pela indústria alimentícia e colaborando com as metas estabelecidas pela Agenda 2030 em busca de um futuro mais sustentável.

## 6. Agradecimentos (quando houver)

Os autores gostariam de agradecer a CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de estudos. Os autores também agradecem a FAPERGS ao apoio financeiro.

## 7. Referências bibliográficas

AGUAYO-VILLARREAL, I.A.; CORTES-ARRIAGADA, D.; ROJAS-MAYORGA, C.K.; PINEDA-URBINA, K.; MUÑIZ-VALENCIA, R.; GONZÁLEZ, J.. Importance of the interaction adsorbent –adsorbate in the dyes adsorption process and DFT modeling. **Journal Of Molecular Structure**, v. 1203, p. 127398, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.127398>.

ANIAGOR, C. O.; HASHEM, A.; BADAWY, N. M.; ALY, A.A. Verification of the optimal kinetics behaviour during the methyl blue dye adsorption onto quaternized starch derivative. **Hybrid Advances**, v. 3, p. 100047, ago. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100047>.

ALVER, E.; METIN, A. Ü.; BROUERS, F. Methylene blue adsorption on magnetic alginate/rice husk bio-composite. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 104-113, jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.330>.

AZEVEDO, C.F. de; MACHADO, F. M.; SOUZA, N. F. de; SILVEIRA, L. L.; LIMA, E. C.; ANDREAZZA, R.; BERGAMANN, C. P. Comprehensive adsorption and spectroscopic studies on the interaction of carbon nanotubes with diclofenac anti-inflammatory. **Chemical Engineering Journal**, v. 454, p. 140102, fev. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2022.140102>

ÇATLİOĞLU, F.; AKAY, S.; TURUNÇ, E.; GÖZMEN, B.; ANASTOPOULOS, I.; KAYAN, B.; KALDERIS, D. Preparation and application of Fe-modified banana peel in the adsorption of methylene blue: process optimization using response surface methodology. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 16, p. 100517, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100517>.

ÇELEKLI, A.; AL-NUAIMI, A. I.; BOZKURT, H. Adsorption kinetic and isotherms of Reactive Red 120 on Moringa oleifera seed as an eco-friendly process. **Journal Of Molecular Structure**, v. 1195, p. 168-178, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.05.106>.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

CARVALHO, C. de O.; RODRIGUES, D. L. C.; LIMA, É. C.; UMPIERRES, C. S.; CHAGUEZAC, D. F. C. MACHADO, F. M.. Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies on the adsorption of ciprofloxacin by activated carbon produced from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). **Environmental Science And Pollution Research**, v. 26, n. 5, p. 4690-4702, 18 dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-3954-2>.

HU, D.; ZHAO, H.; FENG, G.; XU, M.; WANG, C.; LI, Y. Fabrication of nanofiltration membranes through the deposition of polyethyleneimine on SMA-polyethersulfone supports under acid catalysis for cationic dye/salt separation. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 5, p. 111055, out. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2023.111055>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal – PAM. IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=22566&t=downloads>. Acesso em: Out. 2023.

KARTHI, S.; SANGEETHA, R.K.; ARUMUGAM, K.; KARTHIKA, T.; VIMALA, S.. Removal of methylene blue dye using shrimp shell chitin from industrial effluents. **Materials Today: Proceedings**, v. 66, p. 1945-1950, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.428>.

MACHADO, Fernando M.; BERGMANN, Carlos P.; LIMA, Eder C.; ADEBAYO, Matthew A.; FAGAN, Solange B.. Adsorption of a textile dye from aqueous solutions by carbon nanotubes. **Materials Research**, v. 17, n. 1, p. 153-160, 17 dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14392013005000204>.

PÉREZ-MILLÁN, T.M.; MENDOZA-CASTILLO, D.I.; AGUAYO-VILLARREAL, I.A.; ROJAS-MAYORGA, C.K.; VILLANUEVA-MEJÍA, F.; BONILLA-PETRICIOLET, A.. Application of DFT and Response Surface Models to analyze the adsorption process of basic blue 3 and reactive blue 19 dyes on sugarcane bagasse and coconut endocarp biomass. **Journal Of Molecular Structure**, v. 1287, p. 135658, set. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135658>.

PLAZZOTTA, S.; IBARZ, R.; MANZOCCO, L.; MARTÍN-BELLOSO, O.. Optimizing the antioxidant biocompound recovery from peach waste extraction assisted by ultrasounds or microwaves. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, p. 104954, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104954>.

QIAN, W.; LUO, X.; WANG, X.; GUO, M.; LI, B. Removal of methylene blue from aqueous solution by modified bamboo hydrochar. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 157, p. 300-306, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.088>.

RAMUTSHATSHA-MAKHWEDZHA, D.; MAVHUNGU, A.; MOROPENG, M. L.; MBAYA, R. Activated carbon derived from waste orange and lemon peels for the adsorption

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

of methyl orange and methylene blue dyes from wastewater. **Heliyon**, v. 8, n. 8, p. 09930, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09930>.

RANGEL, A. M.; RANGEL, E. M.; STARK, F. W.; PEREIRA, P. de B.; MACHADO, F. M. THE USE OF BIOCHAR FOR REMOVAL OF EMERGING CONTAMINANTS IN CONTAMINATED WATER. **Journal Of Interdisciplinary Debates**, v. 4, n. 03, p. 62-82, 6 set. 2023. Periodicojs. <http://dx.doi.org/10.51249/jid.v4i03.1471>.

RANGEL, E. M.; MELO, C. C. N. de; MACHADO, F. M.. Ceramic foam decorated with ZnO for photodegradation of Rhodamine B dye. **Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 58, n. 3, p. 134-140, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.10.002>.

RANGEL, E. M.; RIEMKE, F. C.; ÜCKER, C. L.; RAUBACH, C. W.; ADEBAYO, M. A.; MACHADO, F. M. Photodegradation of acid yellow 23 BY Nb2O5 supported on eco-friendly glass foams. **Journal Of Cleaner Production**, v. 371, p. 133231, out. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133231>.

RANGEL, E. M.; CARVALHO, C. de O.; ARSAND, D. R.. SYNTHESIS OF FOAM GLASS WITH IMMOBILIZED ZINC OXIDE FOR PHOTODEGRADATION OF ALIZARIN S IN AQUEOUS SOLUTION. **Periódico Tchê Química**, v. 15, n. 29, p. 75-81, 20 jan. 2018. Dr. D. [http://dx.doi.org/10.52571/ptq.v15.n29.2018.75\\_periodico29\\_pgs\\_75\\_81.pdf](http://dx.doi.org/10.52571/ptq.v15.n29.2018.75_periodico29_pgs_75_81.pdf).

RANGEL, E. M.; RANGEL, A. M.; MACHADO, F. M. Use of organic waste for the production of adsorbents. **Dataset Reports**, v. 2, n. 1, p. 1, 3 jul. 2023. <http://dx.doi.org/10.58951/dataset.2023.47>.

RODRIGUES, D. L. C.; MACHADO, F. M.; OSÓRIO, A. G.; AZEVEDO, C. F. de; LIMA, E. C.; SILVA, R.S. da; LIMA, D. R.; GONÇALVES, F. M. 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, p. 41394-41404, 18 jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-09583-6>.

RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. John Wiley and Sons, New York, 1984.

SHARMA, H.K., SOFI, I.R., WANI, K.A. Low cost adsorbents, techniques, and heavy metal removal efficiency. **Biostimulation Remediation Technologies for Groundwater Contaminants**. IGI Global 50–79. 2018.

TORRELLAS, S.A.; LOVERA, R.G.; ESCALONA, N.; SEPÚLVEDA, C.; SOTELO, J. L.; GARCÍA, J. Chemical-activated carbons from peach stones for the adsorption of emerging contaminants in aqueous solutions. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 134, p. 181-188, 2010.

TRAN, T. H.; LE, A. H.; PHAM, T. H.; DUONG, L. D.; NGUYEN, X. C.; NADDA, A. K.; CHANG, S. W.; CHUNG, W. J.; NGUYEN, D. D.; NGUYEN, D. T. A sustainable, low-cost

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

carbonaceous hydrochar adsorbent for methylene blue adsorption derived from corncobs. **Environmental Research**, v. 212, p. 113178, set. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2022.113178>.

XU, D.; LI, C.; LIU, J.; LIU, G.; ZHU, H.; ZHANG, H.; YU, B.; GUO, Y. PES/Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>@NiO self-cleaning membrane with rapid catalysis for effective emulsion separation and dye degradation. **Journal Of Membrane Science**, v. 684, p. 121874, out. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2023.121874>.