

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA SANITÁRIA 2**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA SANITÁRIA 2**



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Amanda Costa da Kelly Veiga  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária 2 /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-537-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.379211310>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Sanitária 2” é constituído por vinte e cinco capítulos de livros que foram devidamente selecionados por membros que integram o corpo editorial da Atena Editora. Diante disso, este e-book foi dividido em quatro unidades temáticas de grande relevância.

A primeira é constituída por sete capítulos que tratam da importância de se monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água destinada ao abastecimento público, provenientes de águas superficiais ou subterrâneas (poço artesiano). Por ser um recurso natural e cada vez mais escasso em termos de padrões de potabilidade, faz-se necessário a adoção de uma consciência coletiva que leve a redução do consumo *per capita* a nível mundial.

Os capítulos de 8 a 15 apresentam estudos que reforçam a importância de se investigar alternativas a fim de se estabelecer melhores condições de confinamento, destinação final e desaguamento do lodo gerado na ETA. Além disso, é apresentada a importância de melhorar e empregar técnicas de tratamento de efluente hospitalar e provenientes de instituições de ensino.

A terceira temática apresenta trabalhos que tratam da importância do conhecimento sobre resíduos na formação de futuros profissionais da biologia. Outro estudo apresenta a importância e o devido reconhecimento que os catadores de recicláveis representam para a sociedade e que contribuem para a política reversa de materiais recicláveis. Já outros trabalhos, procuram avaliar o uso de lodo de ETA e de rejeitos da mineração como matéria-prima a ser incorporada em substituição aos extraídos da natureza. Por fim, é apresentado um trabalho que validou uma metodologia QuEChERS-CLAE/FL na determinação do antibiótico Tetraciclina em cama de aviários.

O último tema é composto por quatro trabalhos que reportam a utilização de biomassa tanto para remoção de cor de águas residuárias, quanto como matéria-prima para a produção de bioetanol. Além disso, apresenta um trabalho que traz uma discussão em voga em relação aos possíveis riscos associados à utilização de agrotóxicos e por último um trabalho que trata do desenvolvimento de estratégias de *designs* para o reuso de espaços urbanos abertos para o público como espaços de acesso ao público.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil e com contribuições provenientes de pesquisadores de Portugal e da Itália, a Atena Editora publica e disponibiliza de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas instituições de ensino do Brasil e de outros países. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS AO SISTEMA LAGUNAR DE ITAIPU-PIRATININGA**

Flávia Cipriano Dutra do Valle

Wilson Thadeu Valle Machado

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113101>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

#### **ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHAL - RS**


Ronaldo Sartoretto

Samuel Lunardi

Marcelle Martins

Dienifer Stahlhöfer

Willian Fernando de Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113102>

### **CAPÍTULO 3..... 23**


#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

Madalena Teixeira Soares

Manuel Santos da Costa

Mariano Carvalho de Souza

Marijara Serique de Almeida Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113103>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **OS INDICADORES AMBIENTAIS: MELHORIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Yasmin Rodrigues Gomes

Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113104>

### **CAPÍTULO 5..... 44**

#### **COMPARATIVO FINANCEIRO DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESCOLAS NAS MICRORREGIÕES SERGIPANAS**






Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior


Rayana de Almeida Novais

Paulo Cicero de Jesus Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113105>

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>55</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES</b>	
Aloísio José Bueno Cotta Renato Pereira de Andrade Honerio Coutinho de Jesus Paloma Francisca Pancieri de Almeida	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>66</b>
<b>PROPOSTAS DE MELHORIAS NO SISTEMA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA URBANA E RURAL NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG</b>	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua Valdinei de Oliveira Santos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>79</b>
<b>ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO CENÁRIO BRASILEIRO</b>	
Lucas Rodrigues Bellotti Rosane Freire Boina	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108</a>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>87</b>
<b>DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAs: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM</b>	
Antonio Osmar Fontana João Sergio Cordeiro Cali Laguna Achon Marcelo Melo Barroso Renan Felício dos Reis	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>104</b>
<b>A IMPORTÂNCIA DA COBERTURA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITOS DE DRENAGEM</b>	
Renan Felício dos Reis Cali Laguna Achon João Sergio Cordeiro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010">https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>122</b>
<b>AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DESAGUAMENTO DE LODO – ETA SANTA BÁRBARA (RS)</b>	
Daniele Martin Sampaio Carlos Vinícius Caetano Gonçalves	


Laone Hellwig Neitzel  
Karen Gularte Peres Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131011>

**CAPÍTULO 12..... 135**

**QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO DE DECANTADORES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARATINGUETÁ**


Paulo Ricardo Amador Mendes  
Ailton César Teles de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131012>

**CAPÍTULO 13..... 142**

**SISTEMA DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO LODO DE ETA**


Denise de Carvalho Urashima  
Ana Paula Moreira de Faria  
Mag Geisielly Alves Guimarães  
Beatriz Mydori Carvalho Urashima  
Matheus Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131013>

**CAPÍTULO 14..... 150**

**TRATAMENTO DE EFLUENTE HOSPITALAR EM REATOR TIPO UASB E FITOTOXICIDADE**

Roberson Davis Sá  
Fernando Rodrigues-Silva  
Paloma Pucholobek Panicio  
Yohannys Mannes  
Mariana Azevedo dos Santos  
Lidia Lima  
Lutécia Hiera da Cruz  
Liziê Daniela Tentler Prola  
Wanessa Algarte Ramsdorf  
Adriane Martins de Freitas  
Karina Querne de Carvalho  
Marcus Vinicius de Liz


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131014>

**CAPÍTULO 15..... 164**

**WETLANDS: UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE**

Carina Siqueira de Souza  
Halanna Moura de Souza  
Soanne Hemylle de Jesus Santos  
Thaise Kate Silva dos Santos  
Geovane de Mello Azevedo  
Maurício Santos Silva  
Felippe Matheus Silva Meneses

Florilda Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131015>

**CAPÍTULO 16..... 176**

**A IMPORTÂNCIA DO COMPONENTE CURRICULAR “GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS” PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA DE UM BIÓLOGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Regiane Gabriele Rocha Vidal

Beatriz dos Santos Souza

Dinalva Ribeiro de Oliveira

Juliana Maia Lima

Jannah Thalís da Silva Alves

Ana Caroline Barbosa de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131016>


**CAPÍTULO 17..... 185**

**CONDIÇÕES DE TRABALHO DOS CATADORES E CATADORAS DE CAXIAS DO SUL/RS APÓS 10 ANOS DE IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Ana Maria Paim Camardelo

Nilva Lúcia Rech Stedile

Fernanda Meire Cioato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131017>


**CAPÍTULO 18..... 196**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE**

Jéssika Cosme

Daniel Pinto Fernandes

Gilberto Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131018>

**CAPÍTULO 19..... 205**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ETA COMO IMPERMEABILIZANTE DE OBRAS DE TERRA PARA A CONTENÇÃO DE RESÍDUOS**


Leonardo Marchiori

André Studart

Maria Vitoria Morais

Antônio Albuquerque

Victor Cavaleiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131019>


**CAPÍTULO 20..... 213**

**ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Ana Nery de Macedo Cadete

Abmael de Sousa Lima Junior


Roberta de Melo Guedes Alcoforado  
Marcelo Casiuch  
Andresa Dornelas de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131020>

**CAPÍTULO 21..... 223**

OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA QuEChERS-CLAE/FL PARA A DETERMINAÇÃO DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA EM CAMA DE AVIÁRIO


Ismael Laurindo Costa Junior  
Letícia Maria Effting  
Luciane Effting

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131021>

**CAPÍTULO 22..... 241**

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO AO USO DE AGROTÓXICOS - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ESCADA, PERNAMBUCO, BRASIL.


Eduardo Antonio Maia Lins  
Fellipe Martins Maurício de Menezes  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131022>

**CAPÍTULO 23..... 249**

CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rayane de Oliveira Zonato  
Bianca de Paula Ramos  
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro  
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131023>

**CAPÍTULO 24..... 263**

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE SISTEMA *WETLANDS* CONSTRUÍDOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL.


Eduarda Torres Amaral  
Gisele Alves  
Gustavo Stolzenberg Colares  
Tiele Medianeira Rizzetti  
Rosana de Cassia de Souza Schneider  
Ênio Leandro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131024>

**CAPÍTULO 25..... 270**

URBAN OPEN SPACES RE-USE: DESIGN STRATEGIES

Rossella Franchino  
Caterina Frettoloso  
Nicola Pisacane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131025>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>282</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>283</b>

## CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 05/07/2021*

### **Rayane de Oliveira Zonato**

Laboratório de Águas, Águas Residuais e Reuso. Faculdade de Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP). Presidente Prudente – São Paulo.  
<http://lattes.cnpq.br/0321219314865957>

### **Bianca de Paula Ramos**

Laboratório de Otimização de Processos e Controle Avançado. Faculdade de Engenharia Química – Universidade Estadual de Campinas (FEQ-UNICAMP) Campinas – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5399419502189278>

### **Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro**

Grupo de Estudos de Tecnologias Ambientais (GETECA). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana – PR Apucarana - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0127274730270231>

### **Rosane Freire Boina**

Laboratório de Águas, Águas Residuais e Reuso. Faculdade de Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP). Presidente Prudente – São Paulo.  
<http://lattes.cnpq.br/0004928784504087>

**RESUMO:** Os efluentes têxteis representam um grande problema ambiental devido a sua composição variada e prejudicial ao sistema aquático. Eles apresentam compostos

recalcitrantes de difícil degradação, o que aumenta a complexidade e a dificuldade de seu tratamento por técnicas convencionais. Dentre os processos de tratamento que podem ser aplicadas para removê-los, destaca-se a adsorção. Para que esta técnica seja viável é necessário que o adsorvente possua características físico-químicas apropriadas, seja abundante e de baixo custo. Nesse caso, os resíduos agroindustriais, em especial a casca e bagaço da laranja, podem ser utilizados. Assim, este trabalho se propõe a avaliar a capacidade de remoção dos corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 em resíduo de laranja. Para isso, o sólido foi seco, triturado e peneirado. Foram estudadas variações de massa de adsorvente, verificado o tempo de equilíbrio e o ajuste aos modelos de cinética e isoterma de adsorção. Pode-se constatar que a utilização de 0,5 g de adsorvente foi suficiente para remover 97,94 % do corante Azul Reativo 198, enquanto com 1,0 g atingiu-se eficiência de 85,51 % para remoção de Preto Direto 22. O processo, que atingiu o equilíbrio em 60 minutos, pode ser ajustado ao modelo de cinética de pseudo-segunda-ordem e ao modelo de isoterma de Freundlich. Os resultados obtidos mostram que o resíduo de casca e o bagaço da laranja é um bom adsorvente para corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 e podem ser utilizadas no tratamento de efluentes têxteis, em um processo que alia vantagens econômicas e ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Preto Direto. Azul reativo. Efluentes. Resíduos. Biossorção.

## ORANGE POMACE AND PEELS AS AN ADSORBENT TO REMOVE COLOR IN WASTEWATER

**ABSTRACT:** Dye's wastewater represents a major environmental problem due to its varied composition that is harmful to the aquatic system. It has recalcitrant compounds with labored degradation, which increases the complexity and difficulty of its treatment by conventional techniques. Among the treatment processes that can be applied to remove them, it highlights the adsorption. For this process to be viable it is necessary that the adsorbent has appropriate physicochemical characteristics and be low-cost. Agro-industrial residues, especially orange peel, can be used as a low-cost adsorbent. Thus, this work aims to evaluate the capacity of the orange peels to remove Black Direct 22 and Blue Reactive 198 dyes. For this, the peels were dried, crushed, and sieved. It was studied the amount of adsorbent, the equilibrium time, and the adjustment to adsorption kinetics and isotherm models. The use of 0.5 g of adsorbent was sufficient to remove 97.94 % of Blue Reactive 198, while 1.0 g reached 85.51 % of Black Direct 22 removal. The process, which reached equilibrium in 60 minutes, can be fitted to the pseudo-second-order kinetics model to the and Freundlich isotherm model. The results obtained demonstrate that orange peel is a good adsorbent for the Black Direct 22 and Blue Reactive 198 and can be used in the treatment of dye wastewater, in a process that combines economic and environmental advantages.

**KEYWORDS:** Direct Black. Reactive Blue. Wastewater. Residues. Biosorption.

### 1 | INTRODUÇÃO

O tingimento de tecidos é um dos setores que mais consome água, utilizando entre 100 e 150 litros de água para cada quilo de fibra tingida (Zheng *et al.*, 2016). Somado a isso, nem todo corante aplicado no tingimento é fixado ao tecido. Pourrahim *et al.* (2020) afirmam que cerca de 15 % dos corantes utilizados no setor têxtil são descartados como águas residuais. Estas, possuem coloração acentuada devido as altas concentrações de corantes (Banaei *et al.*, 2017). O descarte destes efluentes causa diversos prejuízos ao sistema aquático e a saúde da população devido a sua característica tóxica e persistente (Fraga *et al.*, 2020).

A poluição de corpos hídricos com corantes dificulta a passagem da radiação solar no leito d'água, reduzindo a atividade fotossintética e promovendo um desequilíbrio no ecossistema (Saravanan *et al.*, 2020) solution pH, sorbent dose and temperature. Quanto aos danos à saúde humana, os corantes podem promover a disfunção de rins e fígado, irritações cutâneas, danos ao sistema reprodutivo e ao sistema nervoso, além de possuírem características carcinogênicas (Zhou *et al.*, 2019).

A elevada estabilidade química e biológica dos corantes têxteis - que promove boa fixação da cor nos tecidos - aliada à sua estabilidade fotocatalítica, dificulta a remoção destes compostos do meio líquido (Puri e Sumana, 2018). Neste contexto, diversas técnicas de tratamento têm sido estudadas para remoção de cor de águas residuais têxteis, como por exemplo: sistemas de coagulação-floculação; tratamento biológico; processos oxidativos avançados; separação por membranas; tratamento eletroquímico; e adsorção (Kadhom *et*



*al.*, 2020). Dentre as técnicas de remoção de corantes a adsorção tem se sobressaído devido ao baixo custo, simplicidade operacional, seletividade e possibilidade de recuperação do adsorvato (Bushra *et al.*, 2021).

A adsorção pode ser descrita como o fenômeno de retenção de moléculas (adsorvatos), presentes em um fluido (adsorvito), na superfície de um sólido (adsorvente). A interação entre o adsorvente e o adsorvato pode ser de natureza química – por meio de ligações covalentes e troca iônica – ou física, quando é regida por forças de Van der Waals (Pourrahim *et al.*, 2020). Para que um sólido possa ser utilizado como adsorvente, este deve apresentar elevada área superficial, grupos funcionais que promovam a interação com o adsorvato, boa seletividade em relação ao soluto e, preferencialmente, baixo custo (Ramos *et al.*, 2019).

Dentre os adsorventes de baixo custo destacam-se os resíduos agroindustriais. Estes sólidos possuem baixo valor comercial, são abundantes e de fácil obtenção (Ramos e Boina, 2016; Zhou *et al.*, 2019). Diversos resíduos agroindustriais, utilizados *in natura* ou modificados, tem sido reportados como eficazes na remoção de cor em águas residuais como, por exemplo: casca de coco (Islam *et al.*, 2017); haste de milho (Tang *et al.*, 2019); casca de noz (Rangabhashiyam, Sujata e Balasubramanian, 2018); casca de banana (Temesgen, Gabbiye e Sahu, 2018); farelo de arroz (Hong e Wang, 2017); e casca de pera (Nascimento *et al.*, 2019).

A laranja é a fruta mais cultivada no Brasil, o qual produz mais de 8 mil toneladas de suco de laranja por ano (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019). Nesta produção, cerca de 50 % do peso total da fruta é descartado como resíduo (Nascimento, 2018). Este resíduo, composto primordialmente pela casca e bagaço da fruta, é constituído por aproximadamente 9 % de celulose, 10 % de hemicelulose e 42 % de pectina, fibras que auxiliam no processo de adsorção (Bushra *et al.*, 2021; Kadhom *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2018).

Com o exposto, este trabalho se propõe a avaliar a capacidade de remoção dos corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 em efluentes sintéticos por meio de processos de adsorção utilizando casca e bagaço da laranja. O tratamento foi avaliado quanto a quantidade de adsorvente necessária para remoção do corante, o tempo de equilíbrio e ajustes aos modelos de cinética e isoterma de adsorção. A efetividade do processo mostrará a possibilidade de promover a redução de cor das águas residuárias utilizando como adsorvente este resíduo agroindustrial.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 PREPARO DO ADSORVENTE E DO EFLUENTE SINTÉTICO

Os resíduos (casca e o bagaço) de laranja utilizados neste trabalho foram lavados com água destilada e secos a  $90 \pm 2$  °C (Estufa SOLAB, SL100/81), por duas horas. Após,

foram triturados e peneirados em malha de 42 Tyler, resultando em um pó de granulometria menor que  $355\ \mu\text{m}$ , que foi denominado adsorvente da laranja. O processo de preparação do adsorvente encontra-se apresentado na Figura 1. A superfície adsorvente foi analisada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (Equipamento Zeiss EVO LS 15) com aumento de 1.000 vezes. A carga de neutralidade da superfície do adsorvente foi verificada pelo experimento de pH-Ponto de Carga Zero (pH-PZC), de acordo com a metodologia de Anderson e Sposito (1991), a fim de determinar o pH ideal para o processo de adsorção.

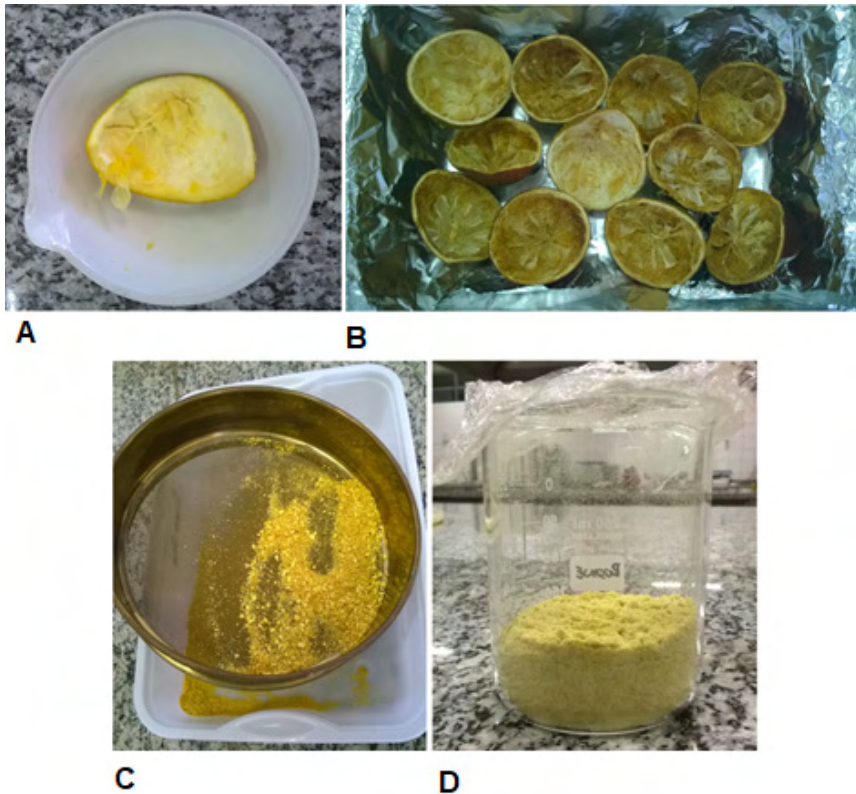


Figura 1: Preparo do material adsorvente a base de resíduo de laranja. (A) Casca e bagaço de laranja *in natura*. (B) Material seco. (C) Peneiramento da casca e bagaço triturados. (D) Pó da casca e bagaço da laranja a ser utilizado como adsorvente.

Dois efluentes sintéticos distintos foram preparados a partir da diluição dos corantes em pó Azul Reativo 198 ou Preto Direto 22, fornecidos pelo Laboratório de Lavanderia Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana – PR. A fim de determinar o comprimento de onda ideal para detecção dos corantes, estes foram submetidos a uma varredura ao longo da faixa espectral do ultravioleta-visível (UV-VIS), com comprimentos de onda variando de 200 a 900 nm, em espectrômetro Thermo Scientific, modelo GENESYS 10UV. Após, foi determinada a curva de calibração de cada um dos

corante individualmente, utilizando concentrações de 5,0 a 100,0 mg.L<sup>-1</sup> e adotando água destilada como prova em branco.

## 2.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

O tratamento adsorvivo foi realizado em frascos Erlenmeyer de 250 mL, com 100 mL de efluente sintético. Os ensaios foram realizados em sistema de batelada com soluções sintética de corante Preto Direto 22 ou Azul Reativo 198, em duplicada. Para todos os ensaios previstos, o pH da solução foi ajustado de acordo com estudo de pH-PCZ, o material contendo o adsorvente e o efluente foi fluidizado em mesa agitadora orbital (Tecnal modelo TE-141), a 120 rpm e 25±2 °C.

Os ensaios de adsorção foram realizados variando a quantidade de adsorvente utilizado em 0,5 ou 1,0 g. O pó da casca e bagaço da laranja foi misturado com o efluente sintético a 1 mg.L<sup>-1</sup> e fluidizada por 120 minutos. Em seguida, as amostras foram filtradas em filtro qualitativo e tiveram a concentração de cor determinada por leitura em espectrofotômetro UV-VIS, no comprimento de onda determinado para cada corante. A eficiência de remoção de cor foi determinada de acordo com a Equação 1.

$$E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que: E é a eficiência de remoção da cor (%); C<sub>0</sub> é a concentração inicial do corante (mg.L<sup>-1</sup>); e C<sub>f</sub> é a concentração do corante na solução após tratamento por adsorção (mg.L<sup>-1</sup>).

A massa de adsorvente que obteve maior eficiência de remoção para cada corante foi aplicada no estudo da influência do tempo de tratamento. Os experimentos foram realizados com 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de Preto Direto 22 ou Azul Reativo 198, sendo coletadas alíquotas em 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos de tratamento. Após filtração e determinação do valor da concentração final, foi realizado o cálculo da capacidade de adsorção (Equação 2) em cada amostra coletada. Com isso, pode-se determinar o tempo de equilíbrio de adsorção, o qual será utilizado nos experimentos subsequentes, e realizar o ajuste aos principais modelos de cinética de adsorção: pseudo-primeira-ordem (Equação 3), pseudo-segunda-ordem (Equação 4), e difusão intrapartícula (Equação 5). Os ajustes foram realizados por regressão linear, utilizando o software Excel®.

$$q = \frac{(C_0 - C_f)}{m} * V \quad \text{Equação 2}$$

$$\log(q_e - qt) = \log q_e - (k_1)t \quad \text{Equação 3}$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \left(\frac{1}{qe}\right)t \quad \text{Equação 4}$$

$$qt = k_{di}t^{0.5} + C$$

Equação 5

Em que:  $q$  é a capacidade de adsorção ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $C_0$  é a concentração inicial de corante ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $C_t$  é a concentração final de corante ( $\text{mg.L}^{-1}$ );  $V$  é o volume de solução (L);  $m$  é a massa de adsorvente utilizada (g);  $q_e$  é a capacidade de adsorção no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ ),  $t$  é o tempo de tratamento (min),  $q_t$  é a capacidade de adsorção no tempo  $t$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $k_1$  é a constante de velocidade de pseudo-primeira-ordem ( $\text{min}^{-1}$ );  $k_2$  é a constante de velocidade de pseudo-segunda-ordem ( $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ );  $k_{di}$  é a constante de difusão intrapartícula; e  $C$  é o coeficiente linear que representa a espessura do filme.

Para a obtenção das isotermas de adsorção foi aplicado o tempo de equilíbrio, utilizada 0,5 g de adsorvente e a concentração dos corantes no efluente sintético variou em 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100  $\text{mg.L}^{-1}$ . Os experimentos foram mantidos a  $25 \pm 2$  °C, sob agitação constante (120 rpm). Após o tratamento, o líquido foi filtrado e determinado do valor da concentração final para cálculo da capacidade de adsorção dos corantes pela casca e bagaço da laranja em cada uma das amostras. Os resultados foram submetidos a ajuste aos modelos de isoterma de Langmuir (Equação 6) e Freundlich (Equação 7) por regressão linear, utilizando o Software Excel®.

$$q_e = \frac{K_L q_{\max} C_e}{1 + K_L C_e}$$

Equação 6

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

Equação 7

Em que:  $q_e$  é a quantidade do soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $q_{\max}$  é a capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $K_L$  é a constante de equilíbrio de Langmuir ( $\text{L.mg}^{-1}$ );  $K_F$  é a constante de equilíbrio de Freundlich ( $\text{L.mg}^{-1}$ );  $n$  é a constante relacionada à heterogeneidade da superfície (adimensional); e  $C_e$  é a concentração do adsorvato no equilíbrio ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

## 3 | RESULTADOS

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO ADSORVENTE E DO EFLUENTE SINTÉTICO

O pó da casca e bagaço da laranja apresenta superfície de elevada quantidade de poros (Figura 2). Essa característica é importante para o processo de adsorção, pois indica elevada área de contato para interação entre o adsorvente e o adsorvato, o que interfere diretamente no número de sítios ativos. O estudo de pH-PCZ revelou que em pH próximo

de 6,0 a superfície do adsorvente encontra-se neutra. Ao aplicar um pH menor que o pH-PCZ, a superfície adsorvente será carregada positivamente, e favorecerá a interação com os corantes aniônicos; ao posto que em pH maior que o valor do pH-PCZ favorecerá a interação com os corantes catiônicos.

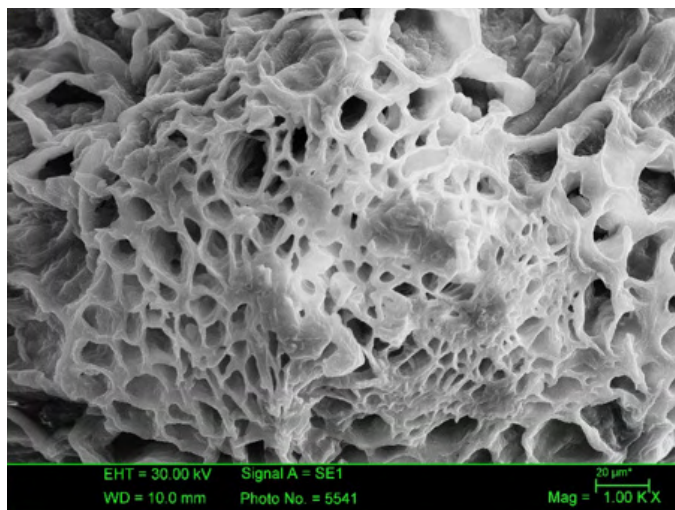


Figura 2: Microscopia Eletrônica de Varredura da casca de laranja com aumento de 1.000 vezes.

A varredura realizada ao longo da faixa espectral do UV-VIS mostrou que o pico de absorvância do Preto Direto 22 ocorre em 480 nm (Figura 3-A) e do corante Azul Reativo 198 (Figura 3-B) em 620 nm. Nos comprimentos de onda apresentados, a curva de calibração dos corantes apresentou coeficiente de correlação linear de Pearson ( $R^2$ ) próximo a 1, indicando relação linear entre as variáveis concentração de corante e absorvância dentro das concentrações utilizadas neste experimento. Deste modo, a concentração dos corantes no efluente antes e após o tratamento por adsorção pode ser determinada segundo a Equação 8 ( $R^2=0,9991$ ) para o Preto Direto 22 e Equação 9 ( $R^2=0,8789$ ) para o Azul Reativo 198.

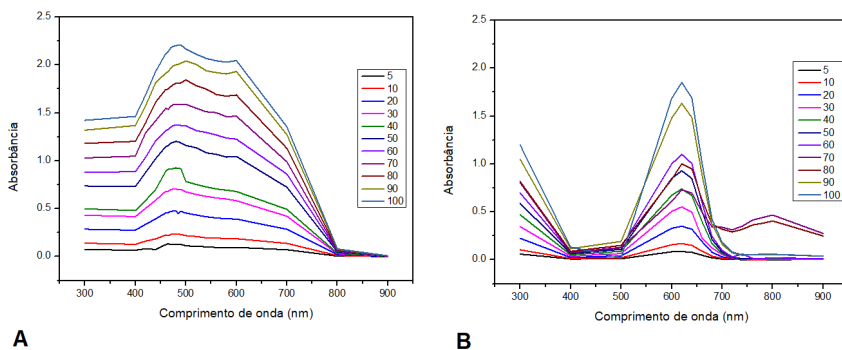


Figura 3: Varredura realizada ao longo da faixa espectral do Ultravioleta-Visível (A) para o corante Preto Direto e (B) para o corante Azul Reativo.

$$C_{PD} = 0,0025 \cdot \text{abs}_{480} + 0,028 \quad \text{Equação 8}$$

$$C_{AR} = 0,1427 \cdot \text{abs}_{620} \quad \text{Equação 9}$$

Em que:  $C_{PD}$  é a concentração de Preto Direto;  $C_{AR}$  é a concentração de azul reativo; e  $\text{abs}$  é a absorbância nos comprimentos de onda 480 nm ou 620 nm.

### 3.4 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

A Figura 4 apresenta as eficiências de remoção de Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 no tratamento com 0,5 ou 1,0 g de adsorvente. Pode-se notar que o processo de adsorção foi eficiente, promovendo a remoção de 97,94% de Azul Reativo 198 e 85,51 % de Preto Direto 22. Para o Azul Reativo 198, com a utilização de 0,5 ou 1,0 g de adsorvente a eficiência foi similar, de modo que o aumento na quantidade de adsorvente não impactou o tratamento. No que se refere ao Preto Direto 22, a utilização de 1,0 g de adsorvente foi mais eficiente para remoção de cor. Assim, para os estudos de cinética, foi utilizado 0,5 g de adsorvente para os experimentos com o Azul Reativo 198, e 1,0 g para aqueles com o Preto Direto 22.

Com o monitoramento do tratamento adsorativo ao longo do tempo pode-se constatar que com 60 minutos o processo atinge o equilíbrio cinético. Nesta condição, a capacidade de adsorção passa a ser constante, atingindo 0,198  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  para o Azul Reativo 198 e 0,079  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  para o Preto Direto 22. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de ajuste da cinética de adsorção aos modelos de pseudo-primeira-ordem (PPO), pseudo-segunda-ordem (PSO) e difusão intrapartícula (DI). Para ambos os corantes houve melhor ajuste (coeficiente de determinação mais próximo de 1) para o modelo de pseudo-segunda-ordem, indicando que o fenômeno é regido por quimiossorção. Desse modo, os corantes são retidos na superfície do adsorvente por interações intramoleculares. Este tipo de adsorção ocorre em pontos específicos da superfície do sólido, os sítios ativos, sendo um processo mais estável e seletivo.

Equilíbrio de adsorção com 60 minutos e ajuste ao modelo de pseudo-segunda-ordem também foram reportados nos estudos de Saravanan *et al.*, (2020) solution pH, sorbent dose and temperature utilizando carvões ativados a partir sementes de acácia-rubra para remoção de corante reativo amarelo; de Hong e Wang (2017) utilizando farelo de arroz modificado para adsorção de Azul Reativo; e por Vo *et al.*, (2021) na adsorção de Azul Reativo 198 em estrutura metal-orgânica. Deste modo, nota-se que os processos de adsorção de corantes são comumente relacionados a quimiossorção e atingem o equilíbrio em tempo relativamente curto.

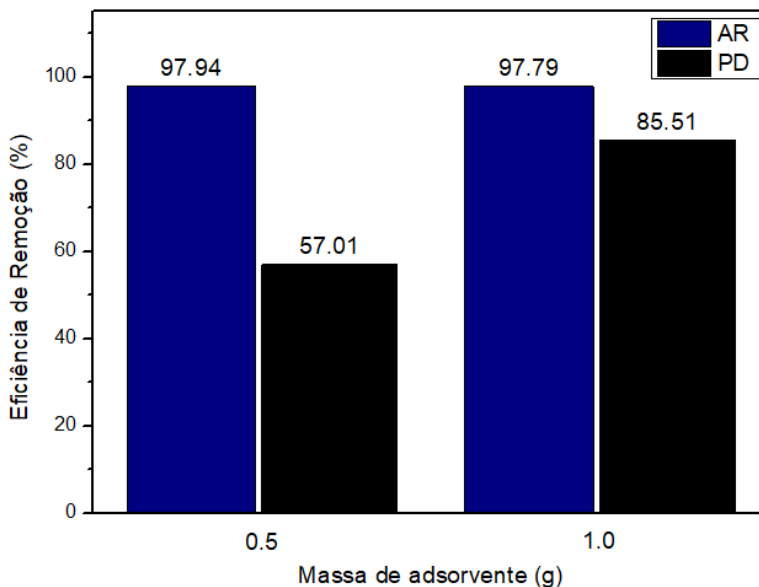


Figura 4: Eficiência de remoção dos corantes com cada uma das condições de massa (g) de adsorvente utilizada.

Corante	te (min)	qe (mg.g <sup>-1</sup> )	Modelo	Parâmetros	Valor
Preto Direto 22	60	0,17	PPO	R <sup>2</sup>	0,6731
				K <sub>1</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,0485
			PSO	R <sup>2</sup>	0,9998
				K <sub>2</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	-10,6023
			DIP	R <sup>2</sup>	0,9776
				K <sub>di</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-0.5</sup> )	-0,0009
Azul Reativo 198	60	0,18	PPO	R <sup>2</sup>	0,0887
				K <sub>1</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	-0,0037
			PSO	R <sup>2</sup>	0,9999
				K <sub>2</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	-177,0090
			DIP	R <sup>2</sup>	0,8691
				K <sub>di</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-0.5</sup> )	-0,0981

Nota: te: tempo de equilíbrio; qe: capacidade de adsorção no equilíbrio; PPO: pseudo-primeira ordem; PSO: pseudo-segunda ordem; DIP: difusão intrapartícula.

Tabela 1: Ajuste aos modelos de cinética de adsorção dos corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 em casca de laranja.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros e ajustes obtidos pelos modelos de isotermas de adsorção para os corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198. Nota-se que ambos os corantes obtiveram melhor ajuste ao modelo de Freundlich (considerando o maior valor de R<sup>2</sup>), o qual prediz uma distribuição logarítmica dos sítios ativos na superfície adsorvente e indica que o fenômeno acontece em multicamadas. Melhor ajuste ao modelo de Freundlich na adsorção de corantes também foram obtidos por Temesgen *et al.*, (2018) utilizando casca de laranja e banana e por Saravanan *et al.*, (2020) solution pH, sorbent dose and temperature utilizando carvões ativados a partir de sementes de acácia-rubra.

Pode-se notar que o parâmetro “n” de Freundlich, o qual indica a afinidade do adsorvente pelo adsorvato, foi maior para o corante Preto Direto 22 (0,9543) em comparação com o Azul Reativo 198 (0,7748). O mesmo ocorreu com a estimativa da capacidade máxima de adsorção (q<sub>máx</sub>), sendo de 0,4589 mg.g<sup>-1</sup> para o Preto Direto 22 e de 0,3288 mg.g<sup>-1</sup> para o Azul Reativo 198. Vale notar que o estudo cinético e de massa de adsorventes – nos quais foram utilizadas concentrações de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> dos corantes - indicava que a adsorção de Azul Reativo 198 como mais eficiência, uma vez que se obteve maior eficiência e maior capacidade de adsorção para este corante. Entretanto, nota-se que o aumento da concentração pode beneficiar a adsorção do Preto Direto 22, como constatado no estudo de isotermas, o qual foi realizado com até 100,0 mg.L<sup>-1</sup>.



Corante	Modelo	Parâmetro	Valor
Preto Direto 22	Langmuir	$R^2$	0,9259
		$K_L$ (L.mg <sup>-1</sup> )	0,0026
		$q_{m\acute{a}x}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	0,4589
	Freundlich	$R^2$	0,9382
		$K_F$ (L.mg <sup>-1</sup> )	0,1960
		N	0,9543
Azul Reativo 198	Langmuir	$R^2$	0,9760
		$K_L$ (L.mg <sup>-1</sup> )	0,0402
		$q_{m\acute{a}x}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	0,3288
	Freundlich	$R^2$	0,9827
		$K_F$ (L.mg <sup>-1</sup> )	0,0155
		N	0,7748

Tabela 2: Isotermas de adsorção dos corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 em casca de laranja.

## 4 | CONCLUSÃO

A utilização de casca e bagaço da laranja para remoção dos corantes Preto Direto 22 e Azul Reativo 198 em efluentes sintéticos mostrou-se efetiva obtendo, removendo 97,94% de Azul Reativo 198 ao utilizar 0,5 g de adsorvente, 85,51 % de Preto Direto 22 ao utilizar 1,0 g de adsorvente. O processo atingiu o equilíbrio com 60 para ambos os corantes. O fenômeno adsorvivo pode ser descrito pelo modelo de cinética de pseudo-segunda-ordem e pelo modelo de isoterma de Freundlich, indicando quimiossorção e ocorrência de multicamada. A partir dos dados obtidos pode-se afirmar que os resíduos agroindustriais, como a casca e o bagaço da laranja, podem ser utilizados no tratamento de águas residuárias contendo Preto Direto 22 e Azul Reativo 198, abrindo a possibilidade de uma gestão de resíduos sólidos e líquidos econômica e ecológica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo fornecimento do corante utilizado nesta pesquisa, à cantina da Universidade Estadual Paulista pela doação das cascas de laranja e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pelo apoio financeiro desta pesquisa por meio do Processo PIBIC UNESP ID 37190 (2017) e do Processo PIBIC UNESP ID 42266 (2017-2018).

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, S. J.; SPOSITO, G. **Cesium-Adsorption Method for Measuring Accessible Structural Surface Charge**. Soil Science Society of America Journal, v. 55, n. 6, p. 1569–1576, 1991.
- BANAEI, A. *et al.* **Synthesis of silica gel modified with 2,2'-(hexane-1,6-diylbis(oxy)) dibenzaldehyde as a new adsorbent for the removal of Reactive Yellow 84 and Reactive Blue 19 dyes from aqueous solutions: Equilibrium and thermodynamic studies**. Powder Technology, v. 319, p. 60–70, 2017.
- BUSHRA, R. *et al.* **Current approaches and methodologies to explore the perceptive adsorption mechanism of dyes on low-cost agricultural waste: A review**. Microporous and Mesoporous Materials, v. 319. 2021.
- FRAGA, T. J. M. *et al.* **One step forward: How can functionalization enhance the adsorptive properties of graphene towards metallic ions and dyes**. Environmental Research, v. 184, 2020.
- HONG, G. B.; WANG, Y. K. **Synthesis of low-cost adsorbent from rice bran for the removal of reactive dye based on the response surface methodology**. Applied Surface Science, v. 423, p. 800–809, n. 30, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>>. Acesso em: 2 jul. 2021.
- ISLAM, M. A. *et al.* **Mesoporous activated coconut shell-derived hydrochar prepared via hydrothermal carbonization-NaOH activation for methylene blue adsorption**. Journal of Environmental Management, v. 203, p. 237–244, 2017.
- KADHOM, M. *et al.* **Removal of dyes by agricultural waste**. Sustainable Chemistry and Pharmacy, v. 16, 2020.
- NASCIMENTO, K. K. R. DO. **Avaliação da remoção de corante têxtil presente em solução aquosa utilizando casca de laranja como adsorvente natural**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual da Paraíba, 2018.
- NASCIMENTO, K. K. R. DO *et al.* **Use of sweet 'Pêra' peel as an adsorbent in the treatment of textile effluents**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n. 9, p. 716–722, 2019.
- POURRAHIM, S. *et al.* **Application of solid waste of ductile cast iron industry for treatment of wastewater contaminated by reactive blue dye via appropriate nano-porous magnesium oxide**. Environmental Pollution, v. 256, 2020.
- PURI, C.; SUMANA, G. **Highly effective adsorption of crystal violet dye from contaminated water using graphene oxide intercalated montmorillonite nanocomposite**. Applied Clay Science, v. 166, p. 102–112, 2018.
- RAMOS, B. D. P.; BOINA, R. F. **Retenção de íons metálicos de cobre e zinco em casca de maracujá amarelo**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 4, n. 26, 2016.
- RAMOS, B. DE P. *et al.* **Casca de maracujá como adsorvente de íons metálicos em efluente de galvanoplastia**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 6, p. 6076–6091, 2019.

RANGABHASHIYAM, S.; SUJATA, L.; BALASUBRAMANIAN, P. **Biosorption characteristics of methylene blue and malachite green from simulated wastewater onto Carica papaya wood biosorbent.** *Surfaces and Interfaces*, v. 10, p. 197–215, 2018.

SARAVANAN, A. *et al.* **Optimization and modeling of reactive yellow adsorption by surface modified Delonix regia seed: Study of nonlinear isotherm and kinetic parameters.** *Surfaces and Interfaces*, v. 20, p. 100520, 2020.

SINGH, N. B. *et al.* **Water purification by using Adsorbents: A Review.** *Environmental Technology & Innovation*, v. 11, p. 187–240, 2018.

TANG, Y. *et al.* **Adsorption performance and mechanism of methylene blue by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>- modified corn stalks.** *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 7, n. 6, 2019.

TEMESGEN, F.; GABBIYE, N.; SAHU, O. **Biosorption of reactive red dye (RRD) on activated surface of banana and orange peels: Economical alternative for textile effluent.** *Surfaces and Interfaces*, v. 12, p. 151–159, 2018.

VO, T. K. *et al.* **Facile synthesis of graphite oxide/MIL-101(Cr) hybrid composites for enhanced adsorption performance towards industrial toxic dyes.** *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 95, p. 224–234, n. 25, 2021.

ZHENG, H. *et al.* **An industrial scale multiple supercritical carbon dioxide apparatus and its eco-friendly dyeing production.** *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, v. 16, p. 272–281, 2016.

ZHOU, YANBO *et al.* **Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review.** *Environmental Pollution*, V. 252-parte A, 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 85, 232, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260

Adsorvato 251, 255, 259

Adsorvito 251

Afluentes 5, 8, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 123, 124, 125, 168, 243

Agropecuária 175, 238

Agrotóxicos 3, 8, 41, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Água 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 186, 193, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 228, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 264

Águas residuárias 3, 151, 152, 163, 252, 260, 265

Antibiótico 3, 8, 223, 226

Atividades antrópicas 12, 13, 36, 38

Aviário 8, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239

### B

Bacias hidrográficas 1, 2, 43, 64, 65, 67, 77, 174

Barragem 5, 55, 59, 61, 62, 63, 64, 69, 125, 134, 216, 217, 218, 221

Bioetanol 3, 8, 263, 264, 265, 266, 267

Biomassa 3, 8, 154, 157, 263, 264, 265, 266, 267, 268

### C

Calha Parshall 137

Captação 5, 26, 35, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 81, 87, 89, 106

Carvão ativado 136

Cloração 68, 70, 72, 75, 77

Coagulação 71, 74, 77, 80, 87, 89, 136, 141, 251

Coliformes termotolerantes 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33

Cor 3, 8, 23, 27, 29, 30, 33, 71, 75, 109, 116, 129, 135, 137, 138, 139, 168, 199, 249, 251,

252, 254, 257

Corante 250, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261

## D

Decantação 68, 70, 71, 73, 74, 89, 108, 136, 137

Desaguamento 3, 5, 82, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 101, 102, 104, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 130, 132, 134, 142, 144, 145, 146, 147, 148

Desenvolvimento sustentável 37, 43, 166

Design 8, 79, 133, 168, 224, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 280, 281

Desinfecção 3, 32, 70, 72, 77, 136, 151

Development 64, 123, 195, 214, 224, 238, 261, 264, 270, 272, 275

## E

Ecosistema 36, 41, 136, 167, 215, 217, 224, 251

Educação ambiental 9, 21, 167, 177, 178, 179, 182, 184, 192, 282

Efluentes 1, 3, 9, 13, 14, 21, 22, 31, 40, 58, 59, 77, 81, 84, 124, 125, 127, 128, 132, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 174, 249, 250, 251, 253, 260, 265, 282

Environmental 2, 11, 36, 43, 64, 84, 88, 123, 148, 161, 162, 163, 165, 177, 186, 196, 197, 206, 210, 214, 238, 239, 240, 241, 242, 250, 261, 262, 270, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Escoamento pluvial 3

Estação de Tratamento de Efluente - ETE 148

Estuários 56

Eutrofização 3

## F

Fármacos 77, 151, 224, 225, 226, 227, 237, 238

Filtração 68, 72, 74, 75, 89, 92, 106, 126, 127, 133, 136, 138, 142, 146, 148, 155, 200, 254

Flotação 68, 70

Fluoretação 70, 72, 75, 77, 78

Fósforo total 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21

## I

Impactos ambientais 36, 37, 38, 42, 81, 106, 122, 136, 141, 162, 164, 166, 183, 205, 241, 243, 244, 245, 246

Índice de Qualidade da Água 4, 1, 2, 11, 12, 13, 16, 17, 41

Índices pluviométricos 56, 97, 135, 138

## **J**

Jusante 14, 217, 218

## **L**

Leito de drenagem 5, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 134

Lignocelulósicas 264

## **M**

Mananciais 13, 106, 107, 125, 137

Matrizes ambientais 224, 225, 226, 237

Meio ambiente 10, 21, 22, 24, 27, 34, 38, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 91, 105, 106, 108, 123, 133, 148, 150, 164, 167, 177, 178, 183, 187, 192, 194, 198, 199, 219, 220, 224, 225, 241, 243, 244, 248

Micro-organismos 72, 74, 75

Mineração 3, 30, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 222, 264

Montante 14, 58, 59, 218

## **N**

Nitrogênio total 12, 13, 16, 17, 19, 20

## **P**

Passivo ambiental 204

Patógenos 37, 151, 191

Poço artesiano 3, 23, 26, 35

Polímeros 87, 101

Poluição 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 36, 41, 42, 105, 152, 167, 178, 198, 215, 216, 227, 248, 250

Potabilidade 3, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 64, 68, 74, 75, 76, 77, 90, 123, 136, 196, 199, 204

## **R**

Reaproveitamento 89, 133, 135, 141, 177, 179, 182, 265

Reciclável 186, 188, 192, 194

Recursos hídricos 1, 2, 3, 10, 11, 13, 14, 41, 42, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 106, 134, 149, 150, 219, 220

Rejeito 144, 187, 190, 192, 214, 219

Resíduos agroindustriais 249, 251, 260

Resíduos sólidos 7, 3, 81, 84, 85, 102, 106, 120, 136, 143, 144, 147, 148, 165, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 194, 195, 197, 198, 199, 204, 260

Resolução CONAMA 357 1, 2, 3, 4, 19, 21, 136

## **S**

Saneamento básico 9, 10, 66, 78, 80, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 103, 106, 110, 125, 144, 147, 164, 165, 174

Segurança hídrica 7, 213, 214, 215, 217, 219, 221

## **T**

Turbidez 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 69, 74, 75, 98, 99, 109, 116, 124, 126, 129, 135, 137, 138, 139, 164, 168, 170, 172, 199

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA 2

- 
-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
  -  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
  -  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)