

**Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4**



**Franciele Bonatto**  
**Henrique Ajuz Holzmann**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

**4**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-194-7  
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.  
CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

# Tecnologia e Engenharia em Foco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO</b>	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
<b>DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO</b>	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
<b>INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO</b>	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>25</b>
<b>ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI</b>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>33</b>
<b>INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR</b>	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915035</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>42</b>
<b>IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC</b>	
<i>Cleber Asmar Ganzaroli</i>	
<i>Douglas Freire de Carvalho</i>	
<i>Luiz Alberto do Couto</i>	
<i>Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias</i>	
<i>Wesley Pacheco Calixto</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915036</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>55</b>
<b>IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE</b>	
<i>Éric Dias Souza</i>	
<i>Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida</i>	
<i>Wagner dos Santos Clementino de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915037</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
<b>MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G</b>	
<i>Leonardo Augusto Arruda</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915038</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>81</b>
<b>MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G</b>	
<i>Giovani Augusto de Lima Freitas</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915039</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>103</b>
<b>PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA</b>	
<i>Clenio Batista Gonçalves Junior</i>	
<i>Murillo Rodrigo Petrucelli Homem</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94719150310</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>119</b>
<b>ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA</b>	
<i>Lariane Ferreira Sena</i>	
<i>Rafaela Cunha dos Reis</i>	
<i>Aline Alcamin Monteiro</i>	
<i>Paula Luisa Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94719150311</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 130**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE**

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes  
Thamyscira Herminio Santos da Silva  
Allan Jedson Menezes de Araújo  
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio  
Lizandra Fernanda Araújo Campos  
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra  
Daniel Araújo de Macedo*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS**

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho  
Carlos Cássio de Alcântara  
José Joelson de Melo Santiago*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO**

*Lucas Carvalho Santana  
André Castilho dos Santos  
Cynthia Mayara de Carvalho  
Gilberto Augusto de Oliveira Brito  
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 162**

**DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL**

*Raul José Alves Felisardo  
Gabriela Menezes Silva  
César de Almeida Rodrigues*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 168**

**ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES**

*Luciana Machado Rodrigues  
Vanessa Rosseto  
Clarissa Ferreira Pin  
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150316**

**CAPÍTULO 17 ..... 176**

**DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO**

*Gabriel André Tochetto*  
*Danieli Brandler*  
*Deisy Maria Memlak*  
*Francine Caldart*  
*Gean Delise L. P. Vargas*  
*Cleuzir da Luz*  
*Joceane Pigatto*  
*Adriana Dervanoski*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150317**

**CAPÍTULO 18 ..... 187**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NIÓBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÁLICA**

*Rayane Ricardo da Silva*  
*Carlson Pereira de Souza*  
*Tiago Fernandes Oliveira*  
*Maria Veronilda Macedo Souto*  
*Angelinne Costa Alexandrino*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150318**

**CAPÍTULO 19 ..... 195**

**ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO**

*Yane Coutinho Lira*  
*Fernanda Cavalcanti Ferreira*  
*Romildo Alves Berenguer*  
*Rodrigo Mendes Patrício Chagas*  
*Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça*  
*Milton Bezerra das Chagas Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150319**

**CAPÍTULO 20 ..... 205**

**RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO**

*Bianca de Paula Ramos*  
*Rosane Freire Boina*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150320**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 217**



## ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES

### **Luciana Machado Rodrigues**

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,  
Engenharia Química  
Campus Bagé, Bagé - RS

### **Vanessa Rosseto**

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,  
Engenharia Química  
Campus Bagé, Bagé - RS

### **Clarissa Ferreira Pin**

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,  
Engenharia Química  
Campus Bagé, Bagé - RS

### **Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes**

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,  
Engenharia Química  
Campus Bagé, Bagé - RS

**RESUMO:** O tratamento de efluentes por adsorção é muito empregado pela facilidade operacional, mas o material adsorvente pode encarecer o processo ou ser tóxico ao meio ambiente. Diferentes biomassas têm sido testadas como bioadsorventes. Neste trabalho o bagaço de butiás provenientes de butiazeiros (*Butia yatay* (Mart.) Becc.) foi estudado como adsorvente no tratamento de efluentes à base de corantes. Realizou-se a avaliação da evolução da adsorção de azul de metileno pelo bagaço de butiá, além de se buscar a melhoria da eficiência da adsorção através de

ativação química do bagaço. Foi empregada a microscopia para a observação da adsorção no tecido vegetal, de forma estática. O bagaço de butiá, obtido pelo processamento da polpa, apresenta estrutura fibrosa e poros capazes de influenciar no processo de adsorção do corante, com sua saturação atingida após três dias de contato. Observou-se que a adsorção do corante ocorreu iniciando pelas extremidades das fibras até o seu interior. A ativação química do bagaço foi procedida por tratamento ácido, básico ou oxidativo por  $H_2O_2$ , e secagem. A adsorção consistiu de agitação e centrifugação, e sua eficiência foi determinada por espectrofotometria UV-Vis. Foi necessária uma baixa dosagem de biomassa e um curto tempo de contato para uma boa remoção do corante. O emprego do bagaço ativado com ácido representou eficiência de 93,3%, sendo maior do que bagaço *in natura*, e com ativação oxidativa ou alcalina. Concluiu-se que o emprego do bagaço de butiá da espécie *Butia yatay* foi viável à adsorção, principalmente ativado quimicamente por ácido.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Butia yatay*. Adsorção. Efluente. Corante.

**ABSTRAT:** The wastewater treatment by adsorption is very employed by the operational facility, but the adsorbent material can make the process expensive or be toxic to the

environment. Different biomasses have been tested as bioadsorbents. In this work, the bagasse of *butiás* from pindo palm (*Butia yatay* (Mart.) Becc.) was studied as an adsorbent in the treatment of dye-based wastewater. The evaluation of the evolution of the adsorption of methylene blue by bagasse was carried out, besides the improvement of the adsorption efficiency through the chemical activation of the bagasse. Microscopy was used to observe adsorption in the plant tissue, in a static way. *B. yatay* bagasse, obtained by pulp processing, has a fibrous structure and pores capable of influencing the adsorption process of the dye, with its saturation reached after three days of contact. It was observed that the adsorption of the dye occurred starting from the edges of the fibers to its interior. The chemical activation of the bagasse was carried out by acid treatment, basic or oxidative by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, and drying. The adsorption consisted of agitation and centrifugation, and its efficiency was determined by UV-Vis spectrophotometry. Low biomass dosage and short contact time were required for efficient dye removal. The use of acid-activated bagasse represented an efficiency of 93.3%, being greater than bagasse *in natura*, and with oxidative or alkaline activation. It was concluded that the *B. yatay* bagasse was viable to adsorption, mainly activated chemically by acid.

**KEYWORDS:** *Butia yatay*. Adsorption. Wastewater. Dye.

## 1 | INTRODUÇÃO

A adsorção é uma técnica empregada para a remoção efetiva da cor presente em efluentes têxteis. Afetam a adsorção a natureza do adsorvente, o pH e temperatura do meio, e o diâmetro molecular do adsorbato (FOUST *et al.*, 1982). O carvão ativado é o adsorvente comumente utilizado, mas devido ao seu alto custo, tem sido empregado em pequena escala.

Os procedimentos baseados na adsorção para o tratamento de efluentes apresentam a vantagem de serem versáteis e acessíveis, entretanto, o material adsorvente pode encarecer o processo. Alguns materiais adsorventes não podem ser reutilizados e acabam se tornando outra forma de resíduo. No sentido de reduzir gastos e ampliar a utilização destes processos pela indústria, fontes alternativas de sorção têm sido investigadas, como os bioadsorventes, os quais são eficientes adsorventes e de baixo custo (PELIZER *et al.*, 2007).

Os bioadsorventes de origem vegetal são constituídos basicamente por macromoléculas como lignina, celulose, hemicelulose, proteínas, as quais possuem sítios adsorptivos, tais como grupos carbonilas, carboxilas, aminas e hidroxilas, capazes de adsorverem diferentes espécies químicas por processos de troca iônica ou por complexação (CARDOSO, 2012).

Neste sentido, o uso de adsorventes alternativos de baixo custo tem sido o foco de pesquisas (MEYER *et al.*, 1992; RAFATULLAH *et al.*, 2010). Alguns resíduos agroindustriais têm sido usados como adsorventes de baixo custo, como bagaços de uva, cana; cascas de arroz, laranja, banana, manga, alho; sementes de mamão,

girassol; polpa de maçã; palha de trigo (FRANCO *et al.*, 2012; BHATNAGAR, SILLANPÄÄ, 2010; RAFATULLAH *et al.*, 2010), dentre outros.

A ativação química é um método utilizado para aumentar a eficiência de adsorção por biossorventes. O adsorvente é impregnado com um agente ativador, como ácido sulfúrico, hidróxido de sódio, cloreto de zinco, etc. Estes agentes têm em comum a capacidade desidratante que influencia na liberação do espaço no interior dos poros do material. A ativação química apresenta maior rendimento do que a ativação física, resultando em maior área superficial e controle da dimensão dos poros, segundo Schettino Jr. (2004).

Em microscopia vegetal, o corante azul de metileno cora estruturas celulares como núcleos e nucléolos, pois se liga a moléculas ácidas, como o DNA e o RNA. Além disso, o corante azul de metileno é utilizado no teste de permeabilidade de sementes, a fim de verificar a permeabilidade do corante em diferentes níveis do tegumento (MELO-PINA *et al.*, 1999).

Os efluentes industriais à base de corantes representam uma problemática ambiental, conforme Zanoni e Carneiro (2001). Os azo corantes são compostos orgânicos sintéticos largamente utilizados na indústria, sendo o azul de metileno um exemplo de azo corante. Estes corantes têm a finalidade de resistir à degradação biológica e química.

*Butia yatay* (Mart.) Becc. é uma espécie de palmeira do gênero *Butia*, com distribuição no estado do Rio Grande do Sul, Uruguai e Argentina. No Rio Grande do Sul a espécie apresenta ocorrência natural nos municípios de Quaraí, e Giruá, sendo cultivada em Uruguaiana, fronteira com a Argentina (DEBLE *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2014). O butiá é consumido *in natura* e utilizado na produção de bebidas e doces. Durante o processamento do butiá para a produção de doces, como geleias, os produtores rurais descartam o material fibroso da polpa (bagaço), sendo considerado um resíduo da produção agroindustrial (ROSSETO, MORAIS, 2016). Em trabalho anterior foi investigado o resíduo do bagaço de butiás como adsorvente ao corante azul de metileno, nas formas seca e *in natura*, obtendo-se uma máxima adsorção de corante de 57%, na biomassa seca sem tratamento químico (LIMA *et al.*, 2012).

No presente trabalho se avalia a evolução com o tempo do processo adsorativo, do corante azul de metileno pelo bagaço de butiás da espécie *Butia yatay*, na forma seca, com o emprego da técnica de microscopia óptica. Além disso, investiga-se a ativação química do bagaço para a melhoria da adsorção do corante azul de metileno.

## 2 | MATERIAS E MÉTODOS

A biomassa vegetal empregada neste trabalho foi o bagaço de butiás de butiazeiros da espécie *B. yatay*. Foram coletados cachos maduros de butiazeiros na região do Palmar de Coatepe (Quaraí, RS). Nesta comunidade rural há a ocorrência natural de milhares de butiazeiros e as produtoras rurais da comunidade praticam o

extrativismo do butiazeiro, utilizando os butiazeiros para a produção de bebidas, doces e artesanato (ROSSETO, MORAIS, 2016). O bagaço é um resíduo na produção dos sucos e geleia de butiá.

Após a coleta, os frutos foram debulhados, lavados, acondicionados em embalagens plásticas e congelados em freezer até o uso (-18°C). Após o descongelamento, o epicarpo e mesocarpo foram separados manualmente dos pirênios (endocarpo lenhoso e sementes) e triturados para a separação da fase líquida e da fase sólida, denominada bagaço (compreendendo a porção fibrosa do epicarpo e do mesocarpo). Na Figura 1 é apresentada imagem do butiá e dos diferentes componentes do fruto.

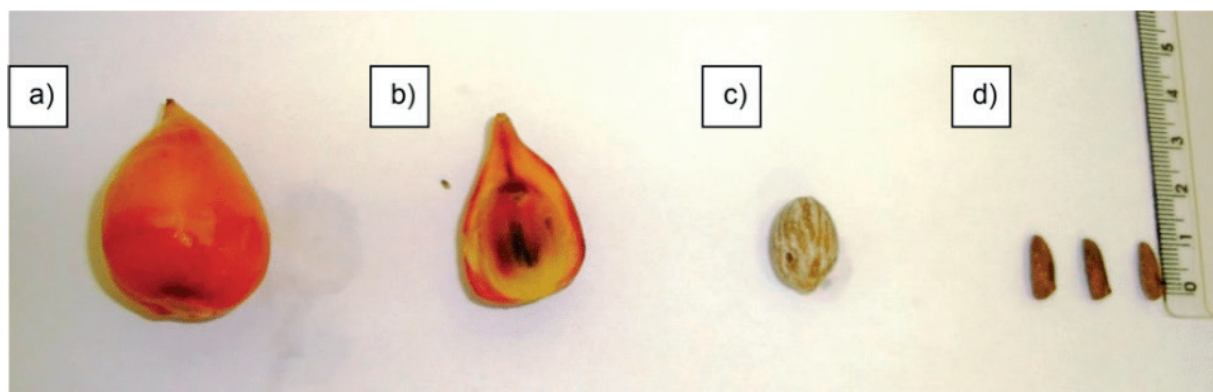


Figura 1. Butiá da espécie *B. yatay* e seus diferentes componentes. Fruto inteiro (a); corte longitudinal do fruto, evidenciando epicarpo laranja, mesocarpo amarelo e pirênio (b); pirênio, composto por endocarpo lenhoso e sementes (c); sementes ou amêndoas (1-3)(d).

Fonte: Rosseto *et al*, 2014.

A preparação do bagaço consistiu da etapa de secagem. A secagem foi procedida em túnel de convecção forçada operando nas condições de temperatura ( $T$ ) de 60°C, velocidade do ar ( $u$ ) de 2,0 m/s, altura da bandeja ( $h$ ) de 5 mm, até atingir-se o equilíbrio mássico.

O efluente sintetizado em laboratório foi composto pelo corante catiônico azul de metileno em solução aquosa na concentração de 50 mg/L. O processo de adsorção consistiu do contato físico da solução com a biomassa, mantendo-se estático por um período de até três dias. A morfologia da estrutura vegetal do bagaço de butiá seco foi analisada em microscópios biológico e estéreo.

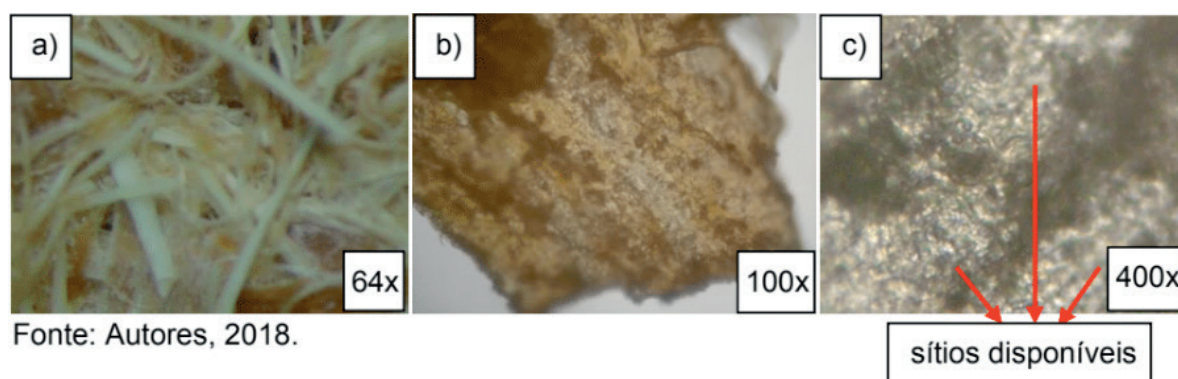
O preparo do bagaço, o qual foi ativado quimicamente, consistiu das etapas de: moagem (em moinho de hélices), tratamento químico - ácido ( $H_2SO_4$  0,1 M), básico (NaOH 0,1 M), ou oxidativo a pH neutro ( $H_2O_2$  40% v/v). O tratamento químico envolveu a manutenção da biomassa em solução por 30 min com agitação, em agitador mecânico por pás giratórias, seguida de separação por decantação (30 min), e lavagem com água destilada, até pH neutro. Posteriormente, o material foi seco em estufa de circulação de ar a 40°C durante 24 h.

A adsorção consistiu das etapas de agitação em mesa agitadora mecânica (150 rpm, 15 min) de 0,2 g de bagaço em 100 mL de efluente a 50 mg/L, e centrifugação

(2000 rpm, 15 min). A eficiência do processo de adsorção foi determinada por análise das soluções tratadas por espectrofotometria de absorção na região do UV-Vis, a 660 nm (comprimento de onda característico do corante azul de metileno).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra seca de biomassa, composta por fibras apresenta elevada concentração de sítios disponíveis para a adsorção (Figura 2). As fibras celulósicas assumem carga negativa quando submersas em água, isto tem o efeito de atrair os íons de corantes catiônicos. A carga da fibra facilita a aproximação do íon corante para o adsorvente, sendo as forças de Van der Waals eficazes (MEYER *et al.*, 1992).



Fonte: Autores, 2018.

Figura 2. Bagaço de butiá seco observado em microscópios estéreo (a) e biológico (b,c).

Fonte: Autores, 2018.

Nota-se na Figura 3.a que a adsorção inicia nas extremidades do bagaço em pouco tempo de contato com o corante (10 min). Após um dia de contato observa-se que o centro da porção de tecido vegetal ainda está livre de corante, e na região circundante, a concentração de corante é pequena, resultando em uma coloração esverdeada da fibra (Figura 3.b). Somente após o terceiro dia de contato a biomassa está saturada de corante, apresentando coloração azul intensa (Figura 3.c).

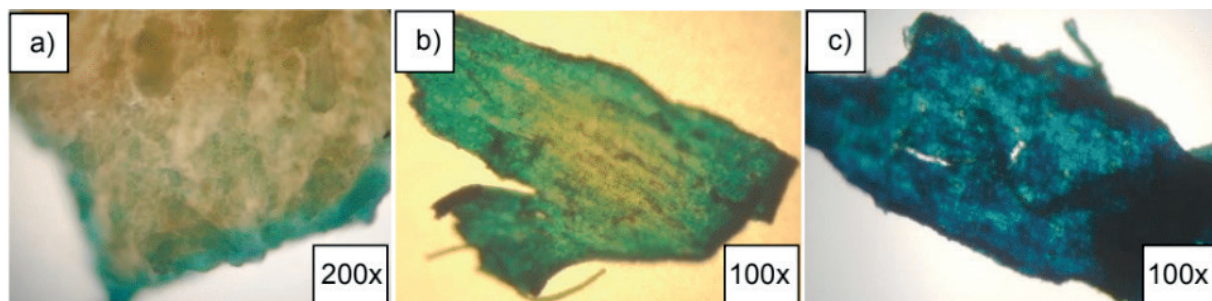


Figura 3. Bagaço de butiá após contato com o corante: 10 min (a), 24 h (b), 72 h (c).

Fonte: Autores, 2018.

Os resultados apontaram que o bagaço de butiá apresenta uma estrutura fibrosa e sítios capazes de influenciar na adsorção, demandando uma baixa dosagem de

biomassa (0,2 g) e um curto tempo de contato (15 min) para uma boa remoção do corante. O bagaço com tratamento ácido apresentou uma eficiência na remoção do corante em solução de 93,3%, sendo maior do que as eficiências das amostras com tratamento oxidativo com  $H_2O_2$  (82,6%), *in natura* (75,2%), ou com ativação alcalina (70,5%), demonstrado na Figura 4. O tratamento químico ácido do bagaço de butiá aumentou a eficiência de remoção do corante em solução, empregando reagente químico em baixa concentração, e acessível no mercado ( $H_2SO_4$ ).

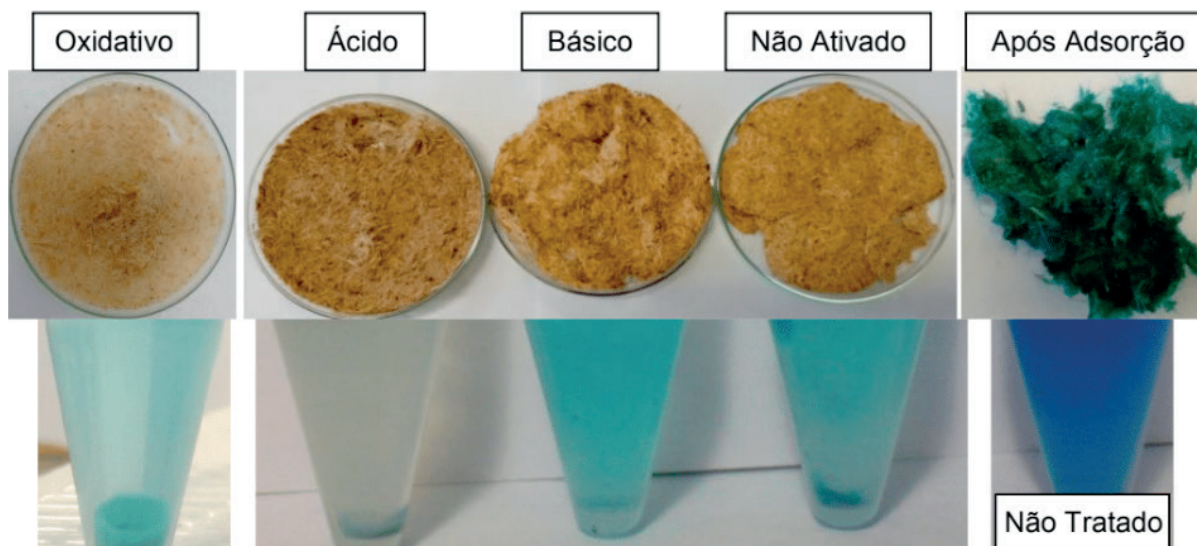


Figura 4. Diferentes formas de bagaços de butiá e efluentes tratados e bruto.

Fonte: Autores, 2018.

A caracterização microscópica do bagaço de butiá antes e após a adsorção do corante, considerando o bagaço ativado com ácido, é apresentada na Figura 5. A ativação ácida provocou o escurecimento do bagaço *in natura*, o qual, após o processo de adsorção, mostrou-se com coloração mais intensa e homogênea ao longo das fibras do bagaço. A eficiência de adsorção é aumentada através de modificações estruturais obtidas por ativação ácida, segundo Schettino Jr. (2004).



Figura 5. Caracterização microscópica do bagaço com ativação ácida antes e após a adsorção.

Fonte: Autores, 2018.

## 4 | CONCLUSÃO

As análises realizadas por microscopia óptica identificaram uma estrutura física do bagaço de butiás da espécie *Butia yatay* favorável para o processo de adsorção, apresentando-se fibroso e poroso. O processo de adsorção do corante azul de metileno pelo bagaço de butiá, em contato estático, evoluiu das extremidades ao centro do tecido vegetal, necessitando de três dias para a completa saturação com o corante. Este processo auxilia na compreensão do que ocorreria em lagoas estáticas de tratamento de efluentes empregando-se esta biomassa.

A utilização do bagaço dos frutos de butiás foi viável à adsorção do azul de metileno, e sua ativação ácida, auxiliou na adsorção do corante. A provável viabilidade do tratamento do efluente à base de corante também é indicada pela baixa toxidez do meio adsorvente e baixo custo, dando um destino a um rejeito agroindustrial.

## REFERÊNCIAS

BHATNAGAR, A.; SILLANPÄÄ, M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment - A review. **Chemical Engineering Journal**, Vol. 157, p. 277-296, 2010.

CARDOSO, N. F. **Adsorção de Corantes Têxteis Utilizando Biossorventes Alternativos**. Dissertação de Mestrado. PPG-Química. UFRGS, Porto Alegre - RS, 2012.

DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C.; ALVES, F. S.; OLIVEIRA-DEBLE, A. S. Surveyon *Butia* (Arecaceae): from Rio Grande do Sul State (Brazil). **Balduinia**, Vol. 30, p. 3-24, 2011.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípio das Operações Unitárias**. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1982.

FRANCO, D. S. P.; MARTINS, J. M.; RODRIGUES, L. M.; ALMEIDA, A. R. F. Análise do processo de secagem de sementes de mamão utilizado como biomassa adsorvente no tratamento de efluentes. **Revista de Ciências Exatas**, Vol. 27/31, 2, p. 44-59, 2012.

LIMA, D. R.; ECHEVARRIA, E. R.; ROSSETO, V.; MORAIS, M. M.; ALMEIDA, A. R. F.; RODRIGUES, L. M. **Caracterização e investigação de método de preparo do bagaço do butiá utilizado como adsorvente de corante**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Búzios - RJ, 2012.

MELO-PINNA, G. F. A.; NEIVA, M. S. M.; BARBOSA, D. C. A. Estrutura do tegumento seminal de quatro espécies de Leguminosae (Caesalpinioideae), ocorrentes numa área de caatinga (PE – Brasil). **Revta. brasil. Bot.**, São Paulo, Vol. 22, 3, p. 375-379, 1999.

MEYER, V.; CARLSSON, F. H. H.; OELLERMANN, R. A. Decolourization of textile effluent using a low cost natural adsorbent material. **Water Science Technology**, Vol. 26, 5-6, p. 1205-1211, 1992.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro- industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **J. Technol. Manag. Innov.**, Vol. 2, n. 1, 2007.

RAFATULLAH, M.; SULAIMAN, O.; HASHIM, R.; AHMAD, A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: a review. **Journal of Hazardous Materials**, Vol. 177, p. 70-80, 2010.

ROSSETO, V.; MORAIS, M. M. **Sustentabilidade sócio-ambiental no Palmar de Coatepe, Quaraí/RS, Brasil.** In: I Congresso Internacional do Pampa, Santa Maria - RS, 2016.

SCHETTINO Jr., M. A **Ativação Química do Carvão de Casca de Arroz Utilizando NaOH.** Dissertação de Mestrado. PPG-Física. UFES, Vitória-ES, 2004.

SOARES, K. P.; LONGHI, S. J.; WITECK NETO, L.; ASSIS, L. C. Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguesia**, Vol. 65, 1, p. 113-139, 2014.

ROSSETO, V.; ARIM, A. L.; ECHEVARRIA, E. R.; LIMA, D. R.; MORAES, M. M.; ALMEIDA, A. R. F.; RODRIGUES, L. M. **Investigação do Bagaço do Butiá Quaraimana como Material Adsorvente Alternativo para o Tratamento de Efluentes.** In: X Encontro Brasileiro sobre Adsorção (EBA), Guarujá - SP, 2014.

ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO, P. A. O descarte dos corantes têxteis. **Rev. Ci. Hoje**, Vol. 20, n. 174, p. 61-64, 2001.



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-194-7

