

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



2020 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2020 Os autores
Copyright da Edição © 2020 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam 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. Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Editora Chefe

Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Fontes de biomassa e potenciais de uso 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Leonardo Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
F683	Fontes de biomassa e potenciais de uso 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-207-4 DOI 10.22533/at.ed.074202107 1. Biocombustíveis. 2. Biomassa – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo. CDD 333.9539
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Fontes de Biomassa e Potências de Uso” aborda em seu segundo Volume uma apresentação de 9 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de energias alternativas. Tema tratado com abordagem sistemática envolvendo o desenvolvimento de técnicas e métodos de aproveitamento da biomassa.

Pesquisar sobre a obtenção de energia com o menor impacto ambiental é sem dúvida o objeto central de estudo global. Com o crescimento populacional novos problemas aparecem, um deles é sem dúvida sobre o reaproveitamento de biomassa como fonte de energia com o menor impacto ambiental. Adotar energias renováveis seria uma das estratégias mais eficientes para esse problema, bem como o reaproveitamento dos recursos limitados.

Assim, necessitamos de inovações tecnológicas que representem impactos positivos no desenvolvimento das cidades. Avaliar a capacidade de geração energética através de diversas fontes serão apresentados nesta obra, resultados promissores na área.

Neste sentido, conhecer casos de sucesso e estudar sobre futuras pesquisas é o propósito deste e-book, levar conhecimento também é ser sustentável, desenvolver estratégias é superar fronteiras e cada vez mais pensar no futuro.

Seja diferente, pense diferente e comece agora, agir com propósitos claros pensando nas gerações futuras. Bons estudos.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
NANOCELULOSES DE FONTES ALTERNATIVAS: OBTENÇÃO, MORFOLOGIAS E APLICAÇÕES	
Emanoel Igor da Silva Oliveira Silvana Mattedi Nadia Mamede José	
DOI 10.22533/at.ed.0742021071	
CAPÍTULO 2	20
A TECNOLOGIA DA BIOMASSA COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ECOEFICIENTE	
Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira Raquel Nazário da Rosa Prado	
DOI 10.22533/at.ed.0742021072	
CAPÍTULO 3	28
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA DO BIODIGESTOR ALIMENTADO COM RESÍDUOS DOMÉSTICOS EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE LAGES/SC	
Lucas de Bona Sartor Taciana Furtado Ribeiro Mariáh de Souza Lais Sartori Bruna da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0742021073	
CAPÍTULO 4	36
OTIMIZAÇÃO DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO METÉLICA DO ÓLEO DE SOJA CATALISADA POR SILICATO DE SÓDIO DERIVADO DAS CINZAS DE CASCA DE ARROZ	
Guilherme Canto da Rosa Samuel José Santos Matheus Nunes Claro Rodrigo Eckert Renner João Vitor Braun Luize Kehl Bickel Vinícius Oliveira Batista dos Santos Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
DOI 10.22533/at.ed.0742021074	
CAPÍTULO 5	50
ÉSTERES GRAXOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS DE PALMÁCEAS: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	
Vinícius Oliveira Batista dos Santos João Vitor Braun Samuel José Santos Rodrigo Eckert Renner Guilherme da Costa Espíndola Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
DOI 10.22533/at.ed.0742021075	
CAPÍTULO 6	63
CATALISADORES UTILIZADOS NA REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO PARA MELHORIA DO BIO-ÓLEO DE PROCESSAMENTO DA BIOMASSA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Maria Luiza Andrade da Silva	

Maria Carolina Granja Correia
Milena Argollo de Mendonça
Milena Maria Ferreira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0742021076

CAPÍTULO 7 76

REMOÇÃO DOS CORANTES AZUL ÍNDIGO E PRETO REATIVO 5 DO MEIO AQUOSO UTILIZANDO A CASCA DA CANA DE AÇÚCAR E A CASCA DE MILHO COMO BIOADSORVENTES

Ana Nery Furlan Mendes
Isabella Ramos Silva
Drielly Goulart
Ana Paula Oliveira Costa
Christiane Mapheu Nogueira
Vivian Chagas da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.0742021077

CAPÍTULO 8 93

PONTO DE FLUIDEZ, VISCOSIDADE E DENSIDADE DE BIODIESEIS METÁLICOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS

Ismael Barbosa Paulino
Joselaine dos Santos Dias
Rodrigo Schneider
Samuel José Santos
Bruno Levandosky Coelho dos Santos
Luan Weber dos Santos
Luiz Antonio Mazzini Fontoura

DOI 10.22533/at.ed.0742021078

CAPÍTULO 9 105

ABSORÇÃO DE IMPACTO EM PAINÉIS HONEYCOMB DE BAMBU

Wellington Bazarim Verissimo
Pedro Franchi Ruiz
Felipe Frizon
Sullivam Prestes de Oliveira
Bruno Bellini Medeiros
Fabiano Ostapiv

DOI 10.22533/at.ed.0742021079

SOBRE O ORGANIZADOR..... 111

ÍNDICE REMISSIVO 112

REMOÇÃO DOS CORANTES AZUL ÍNDIGO E PRETO REATIVO 5 DO MEIO AQUOSO UTILIZANDO A CASCA DA CANA DE AÇÚCAR E A CASCA DE MILHO COMO BIOADSORVENTES

Data de aceite: 15/07/2020

Ana Nery Furlan Mendes

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/8266113579775016>

Isabella Ramos Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/6976354493849315>

Drielly Goulart

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/5539505501175780>

Ana Paula Oliveira Costa

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/0380297522790929>

Christiane Mapheu Nogueira

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/2522406207908377>

Vivian Chagas da Silveira

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus
São Mateus.

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/0811158352700883>

RESUMO: O tratamento de resíduos contendo corantes é de extrema importância para a preservação do meio ambiente, uma vez que alguns destes compostos podem diminuir a atividade fotossintética devido à redução da penetração de luz e juntamente com seus produtos de degradação podem ser tóxicos. Além do setor industrial os laboratórios de ensino, pesquisa e prestação de serviços também geram resíduos coloridos, que apesar de não serem produzidos em grandes volumes, apresentam uma variedade muito grande de corantes em sua composição. A adsorção é uma técnica muito usada no tratamento de efluentes aquosos, sendo o carvão ativo o adsorvente mais empregado devido a sua alta eficiência, no entanto, possui custo operacional elevado, dificuldades de regeneração e separação do adsorvente. Muitos trabalhos que buscam adsorventes alternativos ao carvão ativo têm sido publicados na literatura, utilizando principalmente materiais de baixo custo, como os rejeitos agrícolas. Este trabalho tem como objetivo utilizar a casca de milho e a casca da cana de açúcar como adsorventes para a

remoção dos corantes azul índigo e preto reativo 5 de efluentes aquosos. Os ensaios de adsorção foram realizados empregando um planejamento de experimentos obtido com o auxílio do software Statística, em que foram testados a massa de adsorvente, o tempo de contato e o pH do meio reacional. Nos testes empregaram-se os bioadsorventes *in natura*, alcalinizado e acidificado e os mesmos foram comparados com os testes realizados com o carvão ativado, utilizado como padrão. Os resultados obtidos foram altamente satisfatórios, com remoção dos corantes do meio aquoso acima de 90%, para ambos bioadsorventes empregados. Quando comparados com o padrão, os bioadsorventes apresentaram-se muito eficientes, pois as porcentagens de remoção obtidas foram muito próximas à do carvão ativado, o que mostra que os bioadsorventes podem ser utilizados como substitutos do carvão ativo sem perda da eficiência do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioadsorventes; Adsorção; Resíduos da agroindústria; Corantes.

REMOVAL OF THE INDIGO BLUE AND REACTIVE BLACK 5 DYES FROM THE AQUEOUS MEDIUM USING SUGAR CANE BARK AND CORN BARK AS BIOADSORBENTS

ABSTRACT: The treatment of residues containing dyes is extremely important for the preservation of the environment, since some of these compounds can decrease photosynthetic activity due to the reduction of light penetration and together with their degradation products can be toxic. Besides the industrial sector, the teaching, research and service laboratories also generate colored residues, which despite not being produced in large volumes, present a very large variety of dyes in their composition. Adsorption is a technique widely used in the treatment of aqueous effluents, with active carbon being the most widely used adsorbent due to its high efficiency, however, it has high operational cost, difficulties in regeneration and adsorbent separation. Many papers seeking alternative adsorbents to active carbon have been published in the literature, mainly using low cost materials, such as agricultural residues. This work aims to use corn husk and sugar cane husk as adsorbents for the removal of indigo blue and reactive black 5 dyes from aqueous effluents. The adsorption tests were performed using a planning of experiments obtained with the help of the Statística software, in which the adsorbent mass, contact time and pH of the reaction medium were tested. In the experiments, the bioadsorbents were used *in natura*, alkalized and acidified and they were compared with the tests performed with activated carbon, used as standard. The results obtained were highly satisfactory, with removal of the dyes from the aqueous medium above 90% for both bioadsorbents used. When compared with the standard, the bioadsorbents were very efficient, because the removal percentages obtained were very close to those of the activated carbon, which shows that the bioadsorbents can be used as substitutes for the active carbon without loss of efficiency of the process.

KEYWORDS: Bioadsorbents; Adsorption; Agroindustry residues; Dyes.

1 | INTRODUÇÃO

Os corantes sintéticos são considerados uma das classes importantes de poluentes, pois possuem uma complexa estrutura molecular aromática, que permite que estes se tornem mais estáveis e difíceis de serem biodegradados, já que são projetados para resistirem às condições ambientais, tais como luz solar, pH e ataque microbiano (KAYAN et al, 2010). Indústrias de tecidos, couro, papel, plástico, entre outras usam corantes na obtenção de seus produtos e consomem em seus processos um volume elevado de água, que gera uma quantidade considerável de efluente colorido, que precisa ser tratado antes de serem descartados (CARDOSO, 2012). Alguns procedimentos para o tratamento de efluentes contaminados com corantes são: coagulação e floculação, ozonização, decomposição por oxidação pelo processo Fenton, decomposição assistida por luz, degradação eletroquímica, filtração por membranas e adsorção em carvão ativado e silicatos (MEIRELES, 2013; CARVALHO, 2013).

O processo de adsorção tem se mostrado uma boa alternativa de tratamento, alcançando altos índices de remoção, já que os adsorvatos são transferidos da fase aquosa para a fase sólida, reduzindo a disponibilidade dos corantes para os organismos vivos (MEIRELES, 2013).

O carvão ativo é o adsorvente mais empregado para remoção de corantes de efluentes aquosos devido a sua alta eficiência. No entanto, possui custo operacional elevado e outros inconvenientes como dificuldades de regeneração e separação do adsorvente (WENG, 2009). Diante disto, pesquisas visando à produção de materiais adsorventes alternativos ao carvão ativo têm sido intensificadas nas últimas décadas, principalmente envolvendo materiais de baixo custo, isto é, materiais que exigem pouco processamento, abundantes na natureza ou ainda subprodutos ou rejeitos de atividades industriais ou agrícolas (ALFREDO, 2015).

O agronegócio no Espírito Santo responde por cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual, tendo como destaques a produção de café e a fruticultura (CEDAGRO, 2020). No entanto, outras culturas podem ser encontradas como pimenta do reino, milho, cacau, mandioca e madeira (CASTRO, 2013). O grande número de cultivos encontrado no Espírito Santo tem como consequência a produção de uma diversidade muito grande de rejeitos, que não apresentam nenhuma utilização rentável. Entretanto, é de conhecimento na literatura que resíduos lignocelulósicos apresentam potencial de uso como adsorventes para remoção de uma diversidade de contaminantes de soluções aquosas, e que, empregados como tais, apresentam custos inferiores e eficiências comparáveis aos de carvões ativados encontrados no mercado (ALFREDO, 2015).

Com isto, este trabalho pretende utilizar alguns resíduos agroindustriais como adsorventes para remoção de corantes orgânicos do meio aquoso. Neste artigo serão apresentados os resultados obtidos do tratamento e caracterização dos bioadsorventes casca de milho e casca de cana de açúcar e os resultados dos ensaios de adsorção para remoção dos corantes azul índigo e preto reativo 5 do meio aquoso. Antes da metodologia e dos resultados apresenta-se brevemente algumas das características dos corantes selecionados

neste trabalho.

Corante Azul Índigo

O índigo, que dispensa o uso de mordentes (substâncias que auxiliam a fixação permanente dos corantes às fibras), tornou-se muito popular porque proporciona uma cor estável, que resiste à lavagem e à exposição solar, e produz uma variada gama de azuis (CARVALHO, 2020). O azul índigo (Figura 1) é usado no tingimento de fios de algodão empregados na manufatura do tecido conhecido como jeans (MÜNCHEN, 2015).

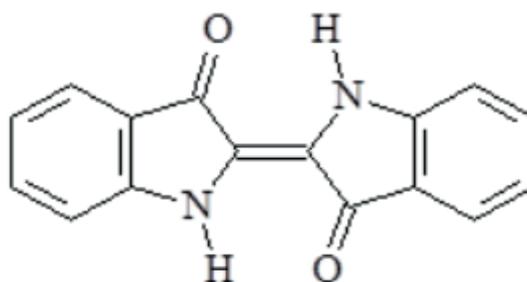


Figura 1: Estrutura química do corante azul índigo.

Fonte: München, 2015.

Corante Preto Reativo 5

Os corantes reativos são solúveis em água e ligam-se às fibras do tecido por meio de ligações covalentes, pela reação de adição nucleofílica do grupo vinilsulfona ao grupo hidroxila da celulose, o que confere ao tecido tingido alta estabilidade da cor adquirida (VASCONCELOS, 2016). O corante Preto Reativo (Figura 2) 5 é um dos corantes mais utilizados no tingimento do algodão (VASCONCELOS, 2016).

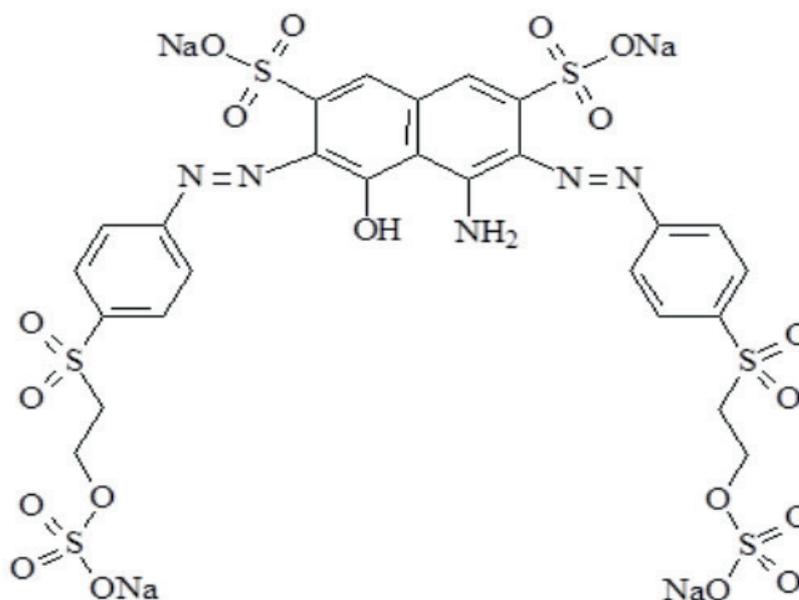


Figura 2: Estrutura química do corante Preto Reativo 5.

Fonte: Vasconcelos, 2016.

2 | METODOLOGIA

2.1 Tratamento dos materiais bioadsorventes

A casca da cana de açúcar e a casca de milho foram obtidas no Mercado Municipal da cidade São Mateus-ES. Antes do processo de lavagem, os materiais passaram por um processo manual de limpeza, para retirada de interferentes. Em seguida, as cascas foram lavadas 10 vezes com água quente (deixando sempre 30 minutos de molho) e esfregando-as com as mãos. Após, lavou-se mais 15 vezes com água fria, até sair toda a cor do adsorvente. Em seguida, as cascas foram cortadas em pedaços menores com o auxílio de uma tesoura e deixou-se de molho na água quente por 12 horas. Para finalizar o processo, lavou-se 2 vezes com água destilada, até que estas não liberassem mais cor na água quente, nem na fria. As cascas foram secas em estufa a 60°C, até obter peso constante. O material seco foi triturado em um moinho de facas, para obter tamanhos uniformes de partículas, e peneirado com o auxílio de um peneirador automático, utilizando malhas com aberturas de 9, 20 e 30 mesh. Para a caracterização do material e nos testes de adsorção foram utilizados os bioadsorventes que ficaram retidos na malha de 20 mesh, pois foi a que se obteve uma maior quantidade de material retido (GONSALVES, 2014).

2.2 Caracterização dos materiais bioadsorventes

2.2.1 Teor de cinzas

O teor de cinzas foi determinado seguindo a norma TAPPI T211 om-85 de acordo com a metodologia de Melo (2008). Primeiramente os cadinhos de porcelana foram aquecidos a 600°C por uma hora e resfriados em dessecador, até massa constante. Foram pesados, em triplicata, cerca de 1,0 g do material bioadsorvente e procedeu-se a combustão a 600°C por 4 horas. As amostras calcinadas foram resfriadas em dessecador até massa constante. O teor de cinzas foi determinado através da equação 1:

$$\% \text{ de cinzas} = \left(\frac{m1}{m2} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Na qual: m1= massa de cinzas e m2= massa do adsorvente seco.

2.2.2 Método de Boehm

O método de Boehm foi realizado de acordo com a metodologia de Gonsalves (2014) para estimar a quantidade de sítios ácidos totais (grupos carboxílicos, fenólicos e lactonas) e básicos totais (grupos aminos) na superfície do bioadsorvente. Para estimar a quantidade de sítios ácidos totais, 50 mg do material permaneceram em contato por 24 h, em recipiente fechado, com 20 mL de uma solução padrão de NaOH 0,050 mol.L⁻¹. O mesmo procedimento foi realizado usando 20 mL de uma solução padrão de HCl 0,050 mol.L⁻¹ para estimar a quantidade de sítios básicos totais. Os frascos foram agitados manualmente, repetidas

vezes, ao longo de 24 h. Finalizado o tempo de contato, 10 mL do sobrenadante de cada solução foi titulado com HCl padronizado $0,030 \text{ mol.L}^{-1}$ e com NaOH padronizado $0,030 \text{ mol.L}^{-1}$, respectivamente, para se obter quanto de base ou ácido foi neutralizado pelos grupos funcionais presentes no adsorvente. Os experimentos foram realizados em triplicata, sendo o resultado expresso em mmol.g^{-1} .

2.2.3 Potencial Hidrogeniônico no ponto de carga zero

Utilizou-se a metodologia de Gonsalves (2014) para determinar o potencial hidrogeniônico no ponto de carga zero (pH_{PCZ}) da superfície dos bioadsorventes. Este foi estimado misturando-se 50 mg do material com 25 mL de soluções aquosas com os seguintes valores de pH inicial: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 e 10,0. O pH inicial em cada solução foi devidamente ajustado usando-se soluções diluídas de HCl e NaOH e com auxílio de um medidor de pH (TecnoPON mPA – 210). Os frascos foram fechados e agitados manualmente, repetidas vezes, ao longo de 24 h. Finalizado o tempo de contato, o pH de cada solução foi novamente medido para obtenção do valor de pH final. Os experimentos foram realizados em triplicata.

2.3 Caracterização da solução dos corantes

Para a caracterização dos corantes foi realizada uma curva de calibração para se determinar o comprimento de onda ideal para a análise e a concentração dos corantes que se deveria empregar nos testes de adsorção. Para as análises de espectrofotometria UV-Vis foi utilizado o equipamento Thermo Scientific GENESYS 10S UV/Vis Spectrophotometer, localizado no Laboratório de Química Analítica do CEUNES/UFES. A curva de calibração também foi utilizada para se determinar a quantidade de corante removido do meio aquoso nos testes de adsorção.

2.3.1 Corante azul índigo

Uma solução estoque do corante Azul Índigo (SIGMA/ALDRICH synthetic, Dye contendo 95%, $\text{MM}_{\text{corante}} = 262,27 \text{ g mol}^{-1}$) foi preparada a partir da dissolução de aproximadamente 0,1 g do corante em 3,5 mL de H_2SO_4 concentrado, sob aquecimento a 80°C , com agitação por 1 hora. Após o resfriamento, transferiu-se quantitativamente a solução para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o seu volume com água destilada. A solução foi armazenada em um frasco âmbar, a fim de se evitar a sua possível degradação (MORITA, 2007). A partir da solução estoque do corante em meio ácido ($3,82 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$), preparou-se 10 mL de soluções com diferentes concentrações ($0,49$; $0,99$; $2,00$; $2,99$; $4,00$ e $4,76 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$) em pH 2. Assim, após identificar o melhor comprimento de onda, foi realizada a análise das soluções preparadas no equipamento de UV-vis e elaborada uma curva de calibração empregando um software para elaboração de gráficos (VIDAL; FREITAS, 2012).

2.3.2 Corante Preto Reativo 5

Uma solução estoque do corante Preto Reativo 5 (SIGMA/ALDRICH synthetic) foi preparada a partir da dissolução de 0,02 g do corante em 100 mL de água destilada, obtendo assim um corante de concentração de 200 mg/L. A partir da solução estoque do corante (200 mg/L), preparou-se 25 mL de soluções com diferentes concentrações (2, 3, 5, 10, 15 e 20 mg/L). Foi realizada a varredura no equipamento UV-Vis e depois de identificar o melhor comprimento de onda foram feitas diluições desta concentração escolhida e certificou-se a linearidade da escolha.

2.4 Tratamento ácido/básico dos bioadsorventes

Os tratamentos ácidos e básicos na superfície dos adsorventes foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Melo (2008), na qual as cascas retidas no peneiramento na malha de 20 mesh permaneceram em contato, à temperatura ambiente, com uma solução de NaOH 5% e com uma solução de HCl 5% por 48 horas. Finalizado este tempo as cascas passaram por uma lavagem com água corrente e água destilada até o pH do resíduo de lavagem sair igual ao da água pura. Posteriormente, as cascas acidificadas e alcalinizadas foram secas em estufa à 100°C até massa constante e armazenadas em frascos fechados até o momento de serem utilizadas nos ensaios de adsorção.

2.5 Planejamento de experimentos

As partículas dos adsorventes que ficaram retidas na peneira de 20 mesh apresentaram maior quantidade e homogeneidade, assim somente estas foram utilizadas nos testes de adsorção. Em um Erlenmeyer foram adicionados 30 mL de solução contendo o corante juntamente com o adsorvente. Foram testadas as frações mássicas de 1,0%, 3,0% ou 5,0% de adsorvente com relação ao resíduo que correspondem a 0,30, 0,90 e 1,5 gramas, respectivamente. O Erlenmeyer contendo a mistura bioadsorvente/solução de corante permaneceu sob agitação em uma incubadora tipo Shaker (195 rpm), à temperatura ambiente, por 60, 90 e 120 minutos. Foi avaliado também o pH da solução de corante para adsorção, os quais foram 2, 6 e 10. Desta forma, a partir da elaboração de um planejamento de experimentos foram determinadas as melhores condições reacionais para a adsorção dos corantes azul índigo e preto reativo 5 com os adsorventes casca de cana de açúcar e casca de milho. O planejamento de experimentos foi elaborado utilizando-se o Software Statistica, na qual cada condição nos ensaios que foram realizados está apresentada na Tabela 1.

Ensaio	Massa (g)	Tempo (min)	pH
1	0,3	60	2
2	0,3	60	6
3	0,3	60	10
4	0,3	90	2
5	0,3	90	6
6	0,3	90	10
7	0,3	120	2

8	0,3	120	6
9	0,3	120	10
10	0,9	60	2
11	0,9	60	6
12	0,9	60	10
13	0,9	90	2
14	0,9	90	6
15	0,9	90	10
16	0,9	120	2
17	0,9	120	6
18	0,9	120	10
19	1,5	60	2
20	1,5	60	6
21	1,5	60	10
22	1,5	90	2
23	1,5	90	6
24	1,5	90	10
25	1,5	120	2
26	1,5	120	6
27	1,5	120	10

Tabela 1: Condições experimentais para os ensaios de adsorção dos corantes com os bioadsorventes casca de milho e casca de cana de açúcar.

Fonte: Dados do autor.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos materiais adsorventes

3.1.1 Caracterização da casca de cana de açúcar

O teor de cinzas foi identificado com média de 0,42% na amostra de 1 g de casca de cana tratada e seca. Não foram encontradas referências para se realizar uma comparação entre os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que na literatura o que mais se tem relatado são trabalhos utilizando o bagaço ou a palha da cana de açúcar. No entanto, pode-se inferir que por ser a casca rica em matéria orgânica, é de se esperar que ao final do processo de combustão para a produção das cinzas forme pouco particulado referente aos compostos inorgânicos presentes no material de partida. O pH_{pcz} obtido experimentalmente para a casca da cana foi aproximadamente 6,8. Este dado indica que em sua superfície apresenta levemente mais grupos ácidos, os quais em pH maior que 6,8 ionizam e tornam o adsorvente carregado negativamente. A caracterização ácido-base do adsorvente pelo método de Boehm confirmou o estudo de pH_{pcz} , visto que esta titulação revelou uma quantidade um pouco maior de sítios ácidos ($1,326 \text{ mmol.L}^{-1}$) em relação aos básicos ($0,136 \text{ mmol.L}^{-1}$) disponíveis na superfície do adsorvente.

3.1.2 Caracterização da casca de milho

O teor de cinzas foi identificado com média de 0,60% na amostra de 1 g de casca tratada e seca. Este valor está bem próximo ao encontrado por Romão (2015), que determinou um valor médio de 0,65% de cinzas para a casca de milho no trabalho realizado pela autora. O pH_{pcz} obtido experimentalmente para a casca de milho foi aproximadamente 6,5. Este valor representa um caráter levemente ácido e indica que em sua superfície apresenta levemente mais grupos ácidos, os quais em pH maior que 6,5 ionizam e tornam o adsorvente carregado negativamente. A caracterização ácido-base do adsorvente pelo método de Boehm confirmou o teste de pH_{pcz} , visto que esta titulação revelou uma quantidade um pouco maior de sítios ácidos ($6,00 \text{ mmol.L}^{-1}$) em relação aos básicos ($0,35 \text{ mmol.L}^{-1}$) disponíveis na superfície do adsorvente.

3.2 Caracterização dos corantes

3.2.1 Caracterização do corante Azul índigo

Os espectros de absorção do corante azul índigo foram registrados com máximos em 609 nm. As curvas analíticas do corante foram construídas a partir da varredura na faixa de comprimento de onda de 400 a 800 nm (VIDAL; FREITAS, 2012). A Figura 3 apresenta o gráfico dos espectros de absorção das soluções do corante em diferentes concentrações em pH 2 e a Figura 4 apresenta a curva de calibração obtida, utilizada para determinação da porcentagem de remoção do corante do meio aquoso. Com base nesta curva de calibração, observou-se que a melhor concentração da solução do corante a ser utilizada nos testes de adsorção é de $4,76 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, pois nesta concentração a absorbância na varredura realizada apresentou valor mais próximo de 1,0 (obedecendo a lei de Beer).

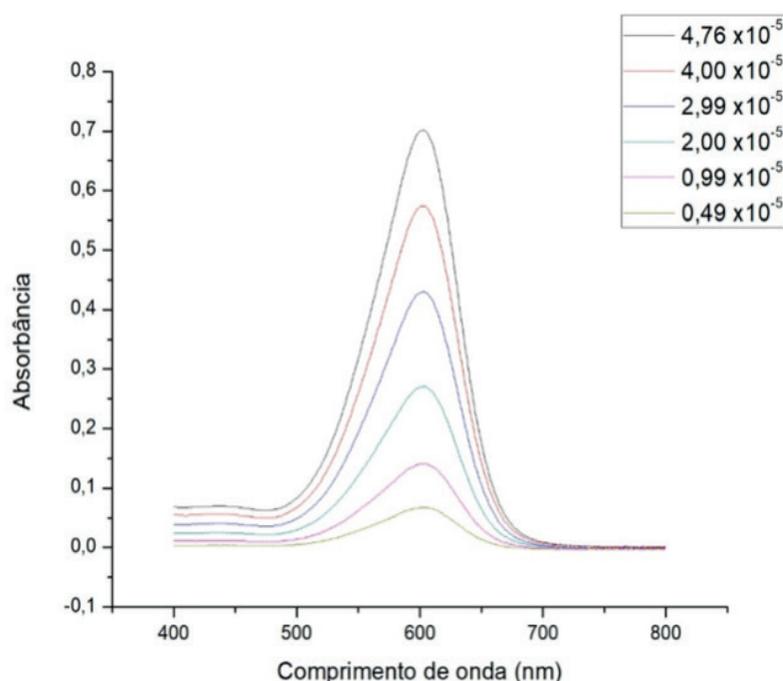


Figura 3: Espectros de UV do corante azul índigo

Fonte: Dados do autor.

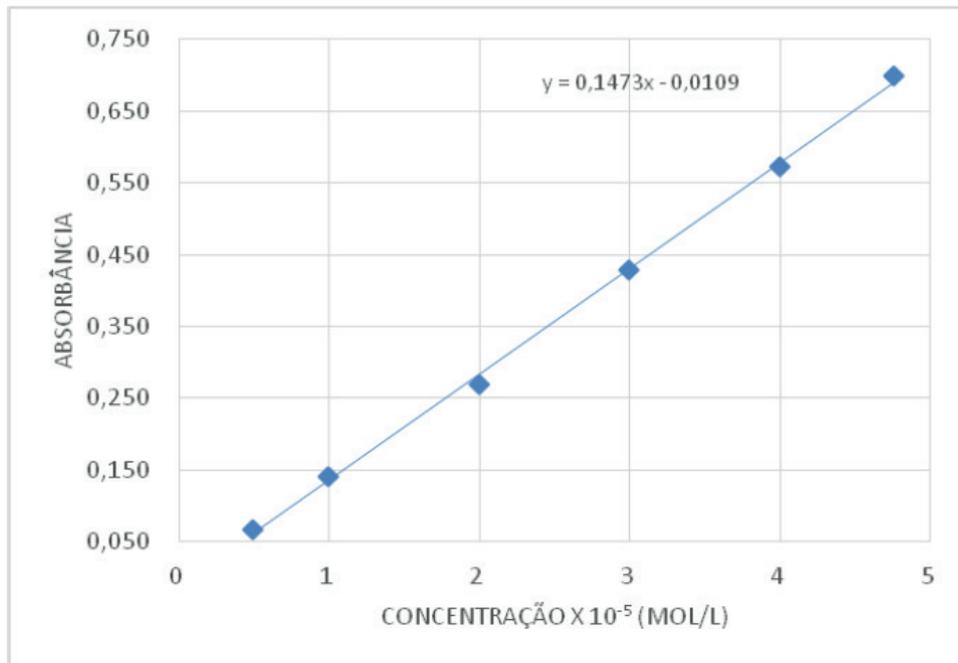


Figura 4: Curva analítica do corante azul índigo

Fonte: Dados do autor.

3.2.2 Caracterização do corante Preto Reativo 5

Para o corante Preto Reativo 5 a varredura apresentou o máximo de absorbância em 600 nm. A curva analítica de calibração do preto reativo encontra-se na Figura 5 e a concentração com melhor proximidade da Lei de Beer foi de 20 mg/L, utilizada nos testes de adsorção. A curva de calibração (Figura 5) obtida foi utilizada para determinação da porcentagem de remoção do corante do meio aquoso.

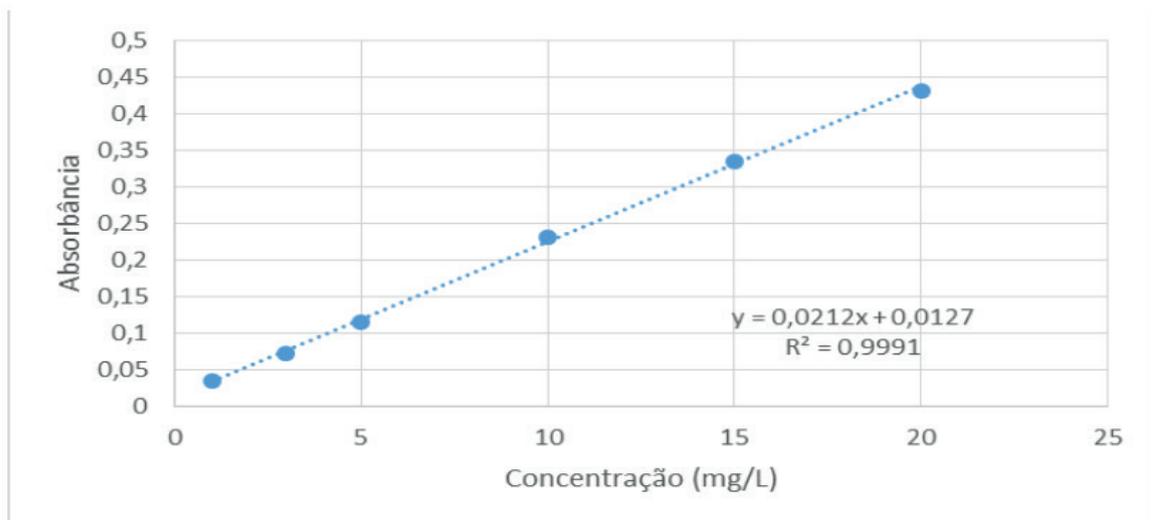


Figura 5: Curva analítica de calibração do corante Preto Reativo 5

Fonte: Dados do autor.

3.3 Resultados dos ensaios de adsorção

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos ensaios de adsorção utilizando os bioadsorventes *in natura*, para a remoção do corante azul índigo.

Ensaio	Massa adsorvente (g)	Tempo (min)	pH	% Remoção do corante com CM	% Remoção do corante com CC
1	0,3	60	2	88,39	59,65
2	0,3	60	6	48,38	59,44
3	0,3	60	10	53,30	60,29
4	0,3	90	2	89,38	57,01
5	0,3	90	6	62,86	59,44
6	0,3	90	10	59,15	58,80
7	0,3	120	2	90,45	53,45
8	0,3	120	6	55,30	58,08
9	0,3	120	10	57,72	61,79
10	0,9	60	2	90,45	79,19
11	0,9	60	6	57,36	60,58
12	0,9	60	10	54,37	54,23
13	0,9	90	2	89,03	78,91
14	0,9	90	6	61,29	62,22
15	0,9	90	10	53,80	53,80
16	0,9	120	2	89,46	81,90
17	0,9	120	6	60,22	57,15
18	0,9	120	10	52,59	54,09
19	1,5	60	2	85,60	87,03
20	1,5	60	6	48,38	62,29
21	1,5	60	10	53,30	51,24
22	1,5	90	2	82,97	87,82
23	1,5	90	6	41,32	61,29
24	1,5	90	10	51,59	48,95
25	1,5	120	2	84,82	90,03
26	1,5	120	6	56,44	53,59
27	1,5	120	10	47,02	51,09

Tabela 2: Resultados das adsorções para o corante azul índigo utilizando a casca de milho (CM) e casca de cana de açúcar (CC) *in natura*

*T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹

Fonte: Dados do autor.

Pela análise da Tabela 2 observa-se que as condições experimentais em que se obteve uma maior remoção do corante do meio aquoso foi a do ensaio 10 para a casca de milho e a do ensaio 25 para a casca de cana de açúcar. Nas condições empregadas nestes ensaios conseguiu-se remover 90,45% e 90,03%, respectivamente, do corante azul índigo.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos ensaios de adsorção do corante preto reativo 5 utilizando os bioadsorventes *in natura*.

Ensaio	Massa adsorvente (g)	Tempo (min)	pH	% Remoção do corante com CM	% Remoção do corante com CC
1	0,3	60	2	90,63	62,33
2	0,3	60	6	12,02	12,09
3	0,3	60	10	7,38	7,38
4	0,3	90	2	89,92	72,48
5	0,3	90	6	13,39	13,40
6	0,3	90	10	12,09	12,09
7	0,3	120	2	90,28	72,59
8	0,3	120	6	13,16	14,46
9	0,3	120	10	10,68	10,68
10	0,9	60	2	83,44	82,73
11	0,9	60	6	21,65	21,65
12	0,9	60	10	24,71	24,72
13	0,9	90	2	86,86	84,86
14	0,9	90	6	25,30	25,31
15	0,9	90	10	29,31	29,32
16	0,9	120	2	86,39	87,45
17	0,9	120	6	28,49	28,96
18	0,9	120	10	28,60	28,61
19	1,5	60	2	72,00	85,80
20	1,5	60	6	38,51	38,51
21	1,5	60	10	44,76	44,76
22	1,5	90	2	77,19	87,10
23	1,5	90	6	36,62	36,63
24	1,5	90	10	42,64	42,64
25	1,5	120	2	82,73	87,22
26	1,5	120	6	37,21	38,04
27	1,5	120	10	43,23	43,23

Tabela 3: Resultados das adsorções para o corante preto reativo 5 utilizando casca de milho (CM) e casca de cana de açúcar (CC) *in natura*

*T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹

Fonte: Dados do autor.

Pela análise da Tabela 3 observa-se que as condições experimentais em que se obteve uma maior remoção do corante preto reativo 5 do meio aquoso foi a do ensaio 1 para a casca de milho e a do ensaio 16 para a casca de cana de açúcar. Nas condições reacionais empregadas nestes ensaios conseguiu-se remover 90,63% e 87,45%, respectivamente, do corante preto reativo 5 do meio aquoso. A Tabela 4 encontram-se as melhores condições obtidas experimentalmente para a remoção dos corantes do meio aquoso utilizando a caca de milho e a casca da cana de açúcar *in natura*.

Bioadsorvente*	Corante	Massa (g)	Tempo (min)	pH	% Remoção do corante
Casca de cana de açúcar	Azul Índigo	1,5	120	2	90,03

Casca de cana de açúcar	Preto reativo 5	0,9	120	2	87,45
Casca de milho	Azul Índigo	0,9	60	2	90,45
Casca de Milho	Preto Reativo 5	0,3	60	2	90,63

Tabela 4: Melhores condições utilizando os bioadsorventes *in natura* para remoção dos corantes azul índigo e preto reativo 5 do meio aquoso.

*T= ambiente; [azul índigo]= 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5]= 20mg.L⁻¹

Fonte: Dados do autor.

Almeida (2015) estudou a remoção do corante amarelo reativo B2R utilizando o bagaço da cana de açúcar e observou que o tempo de equilíbrio foi obtido em 36 horas, com concentração de 20,837 mg/L com uma porcentagem de remoção de 68,34%. Outro estudo, realizado por Jorge e colaboradores (2015), também utilizando o bagaço de cana de açúcar, apresentou um elevado potencial para a adsorção do corante azul de metileno, alcançando 97,03% de remoção para a concentração de 50 mg/L. No trabalho de Casagrande (2014), que estudou a remoção do corante vermelho reativo 4B utilizando a casca de milho como adsorvente, o autor observou no estudo cinético que nos primeiros 4 minutos a adsorção foi rápida, removendo 25,6% do corante e que após este período ocorreu de forma mais lenta alcançando a estabilidade após 90 min, com remoção de 36,8%. Outro estudo, realizado por Souza e colaboradores (2016), os autores observaram que a casca de milho chegou a remover 98% do azul de metileno já nos primeiros 10 minutos de contato com o resíduo do corante. Portanto, pode-se observar que os resultados apresentados na Tabela 4 para as adsorções dos corantes azul índigo e preto reativo 5 utilizando casca de milho e casca de cana de açúcar *in natura* como bioadsorventes, são satisfatórios quando comparados com os trabalhos publicados na literatura, sendo em algumas situações ligeiramente superiores.

3.3.1 Resultado das adsorções utilizando os bioadsorventes acidificados e alcalinizados

Após a realização do processo de tratamento ácido/base descrito na metodologia, a casca da cana de açúcar e a casca de milho tratada foi submetida ao processo de adsorção descrito anteriormente, nas melhores condições apresentadas para cada corante utilizando o material *in natura*. Assim, foram obtidos os resultados para os corantes azul índigo e preto reativo 5 com os materiais bioadsorventes, apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tratamento*	Massa adsorvente(g)	Corante	% Remoção do corante
<i>in natura</i>	1,5	Azul Índigo	90,03
Ácido	1,5	Azul Índigo	96,30
Básico	1,5	Azul Índigo	79,62
<i>in natura</i>	0,9	Preto reativo 5	87,45
Ácido	0,9	Preto reativo 5	96,73
Básico	0,9	Preto reativo 5	88,89

Tabela 5: Resultados das adsorções nas melhores condições dos corantes após tratamento ácido/base da casca de cana de açúcar.

*Tempo de 120 minutos; pH=2; T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹.

Fonte: Dados do autor.

Tratamento*	Massa Adsorvente (g)	Corante	% Remoção do corante
Ácido	0,9	Azul Índigo	96,09
Básico	0,9	Azul Índigo	97,16
<i>in natura</i>	0,9	Azul Índigo	90,45
Ácido	0,3	Preto Reativo 5	97,30
Básico	0,3	Preto Reativo 5	97,37
<i>in natura</i>	0,3	Preto Reativo 5	90,63

Tabela 6: Resultados das adsorções nas melhores condições dos corantes após tratamento ácido/base da casca de milho.

*Tempo de 120 minutos; pH=2; T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹.

Fonte: Dados do autor.

Pelos resultados apresentados na Tabela 5 pode-se observar que o tratamento ácido da casca de cana de açúcar foi o que se mostrou mais eficiente para o processo de adsorção, uma vez que houve um aumento na remoção dos corantes Azul Índigo e Preto Reativo 5 do meio aquoso. Para a casca de milho, como se pode observar nos resultados apresentados na Tabela 6, os tratamentos ácido e básico da casca do milho mostraram-se eficientes no processo de adsorção dos corantes Azul Índigo e Preto Reativo 5, pois obteve-se um aumento na porcentagem de remoção do corante quando se utilizou a casca de milho acidificada ou alcalinizada no processo de adsorção. Também se observa que não há diferenças significativas nas porcentagens de remoção dos corantes se é utilizado a casca de milho acidificada ou alcalinizada, uma vez que ambas produzem resultados muito próximos. No entanto, o tratamento básico produz um resultado ligeiramente superior.

3.3.2 Resultado das adsorções utilizando carvão ativado como padrão

O carvão ativado foi utilizado como um padrão de adsorção, pois é um material altamente eficiente nos estudos de remoção de corantes. Assim, analisou-se as melhores condições obtidas nos testes para os corantes estudados utilizando o carvão ativado no lugar dos bioadsorventes, utilizando as melhores condições reacionais da casca de cana de açúcar e casca de milho *in natura*. Com isso, obteve-se os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Corante	Massa (g)	Tempo (min)	pH	% Remoção do corante
Azul Índigo	1,5	120	2	98,30
Preto Reativo 5	0,9	120	2	97,94

Tabela 7: Resultados das adsorções nas melhores condições da casca de cana de açúcar *in natura* utilizando carvão ativado

*T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹

Fonte: Dados do autor.

Corante	Massa (g)	Tempo (min)	pH	% Remoção do corante
Azul Índigo	0,9	90	2	98,50
Preto Reativo 5	0,3	60	2	98,40

Tabela 8: Resultados das adsorções dos corantes utilizando carvão ativado nas melhores condições da casca de milho *in natura*.

*T= ambiente; [azul índigo] = 12,5mg L⁻¹; [preto reativo 5] = 20mg.L⁻¹

Fonte: Dados do autor.

Comparando-se os resultados das Tabelas 7 e 8 com os resultados das Tabelas 5 e 6, observa-se que as porcentagens de remoção dos corantes do meio aquoso obtidas com a casca de cana de açúcar e casca de milho são semelhantes as porcentagens obtidas quando se utilizou o carvão ativado. Desta forma, pode-se afirmar que os resultados encontrados neste trabalho foram altamente satisfatórios e que o carvão ativado pode ser substituído pela casca de cana de açúcar e casca de milho para os processos de remoção de corantes do meio aquoso.

4 | CONCLUSÕES

A casca da cana de açúcar apresentou um teor de cinzas de 0,42% e contém em sua superfície majoritariamente grupos ácidos, determinadas pelo método de Boehm igual a 1,326 mmol.L⁻¹, e um pH_{PCZ} igual a 6,8. A casca de milho apresentou um teor de cinzas de 0,60% e contém em sua superfície grupos ácidos, determinados pelo método de Boehm igual a 6,00 mmol.L⁻¹, e um pH_{PCZ} igual a 6,5. O corante azul índigo apresentou um máximo de absorvância em 609 nm e uma concentração de 4,76 x 10⁻⁵ mol. L⁻¹ para ser utilizada nos ensaios de adsorção. O corante preto reativo 5 o máximo de absorvância foi em 600 nm e uma concentração de 20 mg/L para ser utilizada nos ensaios de adsorção.

Nos ensaios de adsorção com a CC *in natura* observou-se que para o corante azul índigo as melhores condições são 1,5 g de adsorvente, tempo de contato de 120 minutos e um pH igual a 2, com uma remoção de 90,03% do corante. Para o preto reativo 5 obteve-se 87,45% de remoção nas condições reacionais em que se utilizou: massa de adsorvente de 0,9 g, tempo de contato de 120 minutos e pH igual a 2. Também se observou que o tratamento ácido melhora a remoção dos corantes azul índigo e preto reativo 5.

Nos ensaios de adsorção com a CM *in natura* observou-se que as melhores condições empregando o corante azul índigo são massa de adsorvente de 0,9 g, tempo de contato de 60 minutos e pH 2,0 obtendo-se 90,45% de remoção. Para o corante preto reativo 5 as condições reacionais em que se obteve 90,63% de remoção foi massa de adsorvente de 0,3 g, tempo de contato de 60 minutos e pH 2,0. Também se observou que o tratamento básico melhora a remoção dos corantes azul índigo e preto reativo 5.

Quando se compara os resultados das adsorções da casca da cana de açúcar e da casca de milho com o padrão carvão ativado, empregando-se as melhores condições reacionais para os bioadsorventes *in natura*, observa-se que não há diferenças significativas nas porcentagens de remoção dos corantes do meio aquoso, indicando que os bioadsorventes testados neste trabalho podem substituir o carvão ativado sem prejuízos ao processo de adsorção e sem perda de eficiência.

REFERÊNCIAS

- ALFREDO, A. P. C.; GONÇALVES, G. C.; LOBO, V. S.; MONTANHER, S. F. **Adsorção de Azul de Metileno em Casca de Batata Utilizando Sistemas em Batelada e Coluna de Leito Fixo**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 6, p. 1909-1920, 2015.
- ALMEIDA, L. N. B. **Remoção do corante amarelo reativo B2R utilizando bagaço de cana-de-açúcar**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.
- CARDOSO, N. F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando bioadsorventes alternativos**. 2012. 120 f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- CARVALHO, M. Z. **Aproveitamento do resíduo sólido de mamona proveniente da cadeia produtiva do biodiesel como adsorvente alternativo**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- CARVALHO, L. M. de. **Azul índigo, um corante de origem vegetal**. Revista Jardins. Disponível em: <http://revistajardins.pt/azul-indigo-um-corante-origem-vegetal/>. Acesso em: 15 mai 2020.
- CASAGRANDA, L. **Remoção de corante vermelho reativo 4b, utilizando como adsorvente palha de milho**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- CASTRO, J. S. **Mudanças na composição da produção agrícola no estado do Espírito Santo no período de 1970 a 2010**. 2013. 107 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos do Goytacazes, 2013.
- CEDAGRO – CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO, **A Importância do Agronegócio**, Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/agronegocio.php>. Acesso em: 15 mai 2020.
- GONSALVES, A. A.; LEITE FILHO, C. A.; MEDEIROS, F. S.; ARAÚJO, C. R. M. **Casca do Tamarindo: Caracterização e Estudos de Adsorção de Azul de Metileno e Cromo (VI) usando a Técnica de Banho Finito de Líquido**. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 5, p. 1466-1483, 2014.
- JORGE, I. R.; TAVARES, F. P.; SANTOS, K. G. **Remoção do corante azul de metileno no tratamento de efluentes por adsorção em bagaço de cana de açúcar**. In. Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados.

2015. São Carlos, Anais [...]. São Paulo: Blucher Proceedings, 2015, v. 2, n. 1, p. 1-10.

KAYAN, B. *et al.* **Degradation of acid red 97 dye in aqueous médium using wet oxidation and electro-Fenton techniques.** Journal of Hazardous Materials, v. 177, n. 1, p. 95-102, 2010.

MEIRELES, G. **Avaliação eco/genotóxica dos corantes têxteis Reactive Blue 4 e Reactive Blue 15.** 2013. 33 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Toxicologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

MELO, B. N. de. **Compósitos obtidos a partir de matrizes poliuretônicas reforçadas com fibras de sisal, luffa e serragem modificadas.** 2008. 172 f. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MORITA, T. **Manual de soluções, reagentes e solventes.** 2ª edição, 2007.

MÜNCHEN, S. *et. al.* **Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química.** Química Nova na Escola, v. 37, n. 3, p. 172-179, 2015.

ROMÃO, D. R. **Potencial de fibras de resíduo agrícola: palha de milho (zea mays l.) para produção de celulose.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SOUZA, I. A. V. B. *et al.* **Remoção do azul de metileno em adsorventes oriundos de resíduos de coco, de milho e de camarão.** In. XI ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO. 2016. Aracaju, Anais [...]. Aracaju: Galoa, 2016.

VASCONCELOS, V. M. *et. al.* **Oxidação eletroquímica dos corantes reativos preto 5 e azul 19 utilizando um eletrodo de diamante dopado com boro não comercial.** Química Nova, v. 39, n. 9, 1051-1058, 2016.

VIDAL, M. F. G; FREITAS, P. A. M. de. **Adsorção de indigo blue (2,2'-bis (2,3 - diidro - 3 - oxoindolilideno) em meio ácido, utilizando turfas fibrosa e decomposta como bioadsorventes.** Instituto Mauá de Tecnologia – São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://maua.br/files/122014/adsorcao-de-indigo-blue.pdf>>.

WENG, C. H.; LIN, Y. T.; TZENG, T. W. **Removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto pineapple leaf powder.** Journal of Hazardous Materials, v. 170, p. 417-424, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92

Anaeróbio 35

Análise Térmica 7, 51, 52, 57, 60

Aterros 25, 28, 30, 35

B

Bioadsorventes 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 89, 91, 92

Biocombustíveis 20, 24, 25, 26, 35, 37, 47, 50, 51, 53, 54, 62, 65, 70, 72, 73

Biodiesel 24, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 74, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104

Biodigestor 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Biogás 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 65

Biomassa 2, 6, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 38, 50, 52, 53, 54, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 76, 93, 105, 111, 112, 113

Bio-Óleo 53, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74

Biorrefinarias 26, 63, 65

C

Celulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 24, 66, 79, 92

Cogeração 22, 27

Colmos de Bambu 105, 107, 109

Corantes 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Crescimento Populacional 29, 64

E

Efeito Cinético 3

Efeito Estufa 20, 23, 24, 30, 50, 53, 65, 95

Efluentes 1, 2, 5, 21, 22, 41, 76, 77, 78, 91

Energia 5, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 53, 59, 62, 63, 64, 65, 107, 109

F

Fibra de Vidro 105, 107, 108

G

Gorduras 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 60, 61, 62, 67, 72, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103

H

Hidrodesoxigenação 63, 64, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74

M

Morfologia 2, 4, 7, 9, 10

N

Nanocelulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 15

Nanopartículas 1, 2, 4, 13

O

Óleos 24, 30, 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 72, 73, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103

P

Painéis “Honeycomb” 105

Palmáceas 50, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 96

Poder Calorífico 51, 52, 57, 59, 67

Ponto de Fluidez 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101

Processos 1, 5, 7, 8, 9, 22, 23, 25, 36, 50, 54, 63, 65, 66, 67, 78, 90, 93, 107

Produção 3, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 48, 52, 53, 54, 65, 70, 72, 73, 74, 78, 83, 91, 92, 94, 95, 109

Q

Queima 22, 24, 25, 31, 59

R

Recursos Renováveis 20

Regenerar 21

Resíduos 2, 3, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 58, 64, 65, 66, 76, 77, 78, 92, 98

Resina 105, 106, 107, 108, 109, 110

S

Silicato de Sódio 36, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 48

Sustentabilidade 27, 28, 35, 65, 105

T

Toxicidade 4, 69

Transesterificação 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 50, 52, 53, 55, 57, 61, 94, 96, 97, 103

V

Viscosidade 51, 52, 56, 58, 59, 64, 66, 67, 93, 94, 98, 99, 101, 102

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br