



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias**

Atena
Editora
Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 1 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-621-8 DOI 10.22533/at.ed.218191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu primeiro volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo então na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CHÁ DE BOLDO: O SABER POPULAR FAZENDO-SE SABER CIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA	
Andressa da Silva Muniz Monique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.2181911091	
CAPÍTULO 2	13
A ESTRATÉGIA REGIONAL DE INOVAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SRIs NA AMÉRICA LATINA	
Guilherme Paraol de Matos Clarissa Stefani Teixeira Paulo Cesar Leites Esteves Solange Maria da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2181911092	
CAPÍTULO 3	26
ENSINO DE TÉCNICAS LABORATORIAIS PELA ELABORAÇÃO DE SORVETE COM A FRUTA BERIBÁ/BIRIBÁ (<i>Annona hypoglauca</i>)	
Minelly Azevedo da Silva Alice Menezes Gomes Amanda Carolilna Cândido Silva Iasmim Moreira Linhares João Vitor Hermenegildo Bastos Mel Naomi da Silva Borges Rebeca da Costa Rodrigues Nilton Fagner de Oliveira Araújo Elza Paula Silva Rocha Cleber do Amaral Barros Jamilé Mariano Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.2181911093	
CAPÍTULO 4	37
A ETNOMATEMÁTICA COMO RECURSO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: UMA INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA DA UNICESUMAR	
Eliane da Rocha Rodrigues Ivna Gurniski de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2181911094	
CAPÍTULO 5	52
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO EM ÁREAS AGRICULTÁVEIS	
Ana Paula Brasil Viana Railton Reis Arouche Pedro Henrique da Silva Sousa Edvan Carlos de Abreu Dheime Ribeiro de Miranda Lineardo Ferreira de Sampaio Melo	
DOI 10.22533/at.ed.2181911095	

CAPÍTULO 6 58

O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

Adriana O. Santos
Danielle P. Freitas
Fabiane A. Carvalho
Fernando S. Melo
Juliana F. C. Eller
Stéphanie Calazans Domingues
Boutros Sarrouh
Willian A. Saliba

DOI 10.22533/at.ed.2181911096

CAPÍTULO 7 76

STATIC MAGNETIC TREATMENT OF IRRIGATION WATER ON DIFFERENTS PLANTS CULTURES IMPROVING DEVELOPMENT

Yilan Fung Boix
Albys Ferrer Dubois
Elizabeth Isaac Alemán
Cristiane Pimentel Victório
Rosani do Carmo de Oliveira Arruda
Ann Cuyppers
Natalie Beenaerts
Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

DOI 10.22533/at.ed.2181911097

CAPÍTULO 8 85

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE *DEEP LEARNING* APLICADO A UM BENCHMARK DE CLASSIFICAÇÃO

Henrique Matheus Ferreira da Silva
Max Tatsuhiko Mitsuya
Clayton André Maia dos Santos
Anderson Alvarenga de Moura Meneses

DOI 10.22533/at.ed.2181911098

CAPÍTULO 9 96

ANÁLISE DE VITAMINA C USANDO TÉCNICAS DE FLUORIMETRIA, CROMATOGRAFIA E ELETROFORESE

Luana Gabriela Marmitt
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.2181911099

CAPÍTULO 10 106

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA NO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFC – *CAMPUS SANTA ROSA DO SUL*

Julian da Silva Lima
Cassiano Scott Puhl
Neiva Ignês Grando

DOI 10.22533/at.ed.21819110910

CAPÍTULO 11 116

A VISÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE ARAPIRACA-AL SOBRE O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA

Janaína Kívia Alves Lima
Elielma Lucindo da Silva
Lilian Nunes Bezerra
Janice Gomes Cavalcante
Luis Carlos Soares da Silva
José Edson Cavalcante da Silva
Jhonatan David Santos das Neves
Daniella de Souza Santos

DOI 10.22533/at.ed.21819110911

CAPÍTULO 12 125

APLICAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

André Felipe de Almeida Batista
Ricardo André Cavalcante de Souza

DOI 10.22533/at.ed.21819110912

CAPÍTULO 13 138

PRECIPITATION VARIABILITY ON THE STATE OF PARAÍBA IN ATMOSPHERIC CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES

André Gomes Penaforte
Maria Marle Bandeira
Magaly de Fatima Correia
Tiago Rocha Almeida
Flaviano Fernandes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.21819110913

CAPÍTULO 14 148

AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS

Luis Carlos Soares da Silva
Janaína Kívia Alves Lima
Janice Gomes Cavalcante
Jhonatan David Santos das Neves
Lilian Nunes Bezerra
Daniella de Souza Santos
José Edson Cavalcante da Silva
Elielma Lucindo da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21819110914

CAPÍTULO 15 157

POLÍMERO SULFONADO UTILIZADO COMO CATALISADOR HETEROGÊNEO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

Victória Maria Ribeiro Lima
Rayanne Oliveira de Araújo
Jamal da Silva Chaar
Luiz Kleber Carvalho de Souza

DOI 10.22533/at.ed.21819110915

CAPÍTULO 16 167

ATIVIDADE CRIATIVA (AC): UM MODO ALTERNATIVO PARA MINISTRAR O CONTEÚDO DE UMA DISCIPLINA DO CURSO NOTURNO DE FARMÁCIA DA UFRJ

Aline Guerra Manssour Fraga
Viviane de Oliveira Freitas Lione

DOI 10.22533/at.ed.21819110916

CAPÍTULO 17 180

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS MULTIEXTUSADOS: SIMULAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Fernando A. E Tremoço
Ricardo S. Souza
Valéria G. Costa

DOI 10.22533/at.ed.21819110917

CAPÍTULO 18 186

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira
Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Marisa Cristina Guimarães Rocha
Joaquim Teixeira de Assis
Alexei Kuznetsov
Luiz Carlos Bertolino

DOI 10.22533/at.ed.21819110918

CAPÍTULO 19 197

AVALIAÇÃO PELA MODA, MÉDIA OU MEDIANA?

Luiz Fernando Palin Droubi
Norberto Hochheim
Willian Zonato

DOI 10.22533/at.ed.21819110919

CAPÍTULO 20 221

COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DAS SOLUÇÕES FUNDAMENTAIS E O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS APLICADOS A UM PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE DIFUSÃO DE CALOR

Bruno Henrique Marques Margotto
Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt
Wellington Betencurte da Silva
Júlio Cesar Sampaio Dutra
Luiz Alberto da Silva Abreu

DOI 10.22533/at.ed.21819110920

CAPÍTULO 21 230

SINERGISMO DE MISTURAS DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DA CELULOSE EXTRAÍDA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-TRATADO COM H_2SO_4/H_2O_2 , EM MEIO ALCALINO

Leila Maria Aguilera Campos
Luciene Santos de Carvalho
Luiz Antônio Magalhães Pontes
Samira Maria Nonato de Assumpção
Maria Luiza Andrade da Silva
Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura
Anne Beatriz Figueira Câmara

DOI 10.22533/at.ed.21819110921

CAPÍTULO 22	238
CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM MATEMÁTICA	
Cíntia Maria Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.21819110922	
CAPÍTULO 23	248
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SOFTWARE INTERATIVO PARA PROJETOS CONCEITUAIS DE AERONAVES	
Carlos Antonio Vilela de Souza Filho	
Giuliano Gardolinski Venson	
Jefferson Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.21819110923	
CAPÍTULO 24	260
ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO: UM OLHAR PARA O PROCESSO FORMATIVO POSSIBILITADO POR OBSERVAÇÕES DE AULA	
Mariele Josiane Fuchs	
Cláudia Maria Costa Nunes	
Elizangela Weber	
Lucilaine Goin Abitante	
DOI 10.22533/at.ed.21819110924	
CAPÍTULO 25	269
OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS FINANCEIROS DE UMA MADEIREIRA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR	
Brenno Souza de Oliveira	
Edson Patrício Barreto de Almeida	
Vitor Miranda Sousa Brito	
DOI 10.22533/at.ed.21819110925	
CAPÍTULO 26	280
ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA	
Pedro Henrique Martins	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Kaiisson Teodoro de Souza	
Márcio Augusto Tamashiro	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.21819110926	
CAPÍTULO 27	292
FIQUE SABENDO: PLATAFORMA ACADÊMICA DE COMUNICAÇÃO	
Marco Antônio Castro Martins	
Lúcio Flávio de Jesus Silva	
George Miler Gomes Farias	
Diego Lisboa Pires	
DOI 10.22533/at.ed.21819110927	

CAPÍTULO 28 300

INVESTIGAÇÃO ESTRUTURAL, MORFOLÓGICA E FOTOCATALÍTICA DE MICROCRISTAIS DE β -(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO₄

Fabiana de Sousa Cunha
Francisco Henrique Pereira Lopes
Amanda Carolina Soares Jucá
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Júlio César Sczancoski
Francisco Eroni Paz dos Santos
Elson Longo
Laécio Santos Cavalcante
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

DOI 10.22533/at.ed.21819110928

CAPÍTULO 29 325

PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DA TEMÁTICA SANEANTES

Egle Katarinne Souza da Silva
Luislândia Vieira de Figueredo
Felícia Maria Fernandes de Oliveira
Luiz Antonio Alves Fernandes
Edilson Leite da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21819110929

CAPÍTULO 30 339

INFLUÊNCIA DO SnCl₂ NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR RuCl₂(PCy₃)₂CHR

Sâmia Dantas Braga
Aline Aparecida Carvalho França
Vanessa Borges Vieira
Talita Teixeira da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Ravane Costa e Silva
Luís Fernando Guimarães Nolêto
Nouga Cardoso Batista
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.21819110930

CAPÍTULO 31 347

MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

José Henrique Maciel de Queiroz
José Flávio Timoteo Júnior
Rogério de Jesus Santos

DOI 10.22533/at.ed.21819110931

CAPÍTULO 32 357

REDE FEDERAL EM SANTA CATARINA: ORIGEM, TRAJETÓRIA E ASPECTOS GERENCIAIS

Sônia Regina Lamego Lino

DOI 10.22533/at.ed.21819110932

CAPÍTULO 33	371
SISTEMA DE EDUCAÇÃO CORPORATIVA: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS E CHINESES PARA A INOVAÇÃO	
Regina Wundrack do Amaral Aires	
Cleunisse Aparecida Rauen De Luca Canto	
Patricia de Sá Freire	
DOI 10.22533/at.ed.21819110933	
CAPÍTULO 34	385
VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE <i>Eucalyptus microcorys</i>	
Gilmara Aparecida Corrêa Fortes	
Pedro Henrique Ferri	
Suzana da Costa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.21819110934	
CAPÍTULO 35	397
OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR N ₂ O SOBRE CATALISADOR Co,Ce DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES	
Oséas Silva Santos	
Giulyane Felix de Oliveira	
Artur José Santos Mascarenhas	
Heloyza Martins. Carvalho Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.21819110935	
SOBRE O ORGANIZADOR	408
ÍNDICE REMISSIVO	409

O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

Adriana O. Santos

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Danielle P. Freitas

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Fabiane A. Carvalho

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Fernando S. Melo

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Juliana F. C. Eller

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Stéphanie Calazans Domingues

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

Boutros Sarrouh

Departamento de Química Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João Del-Rei, 36420-000 Ouro Branco, MG

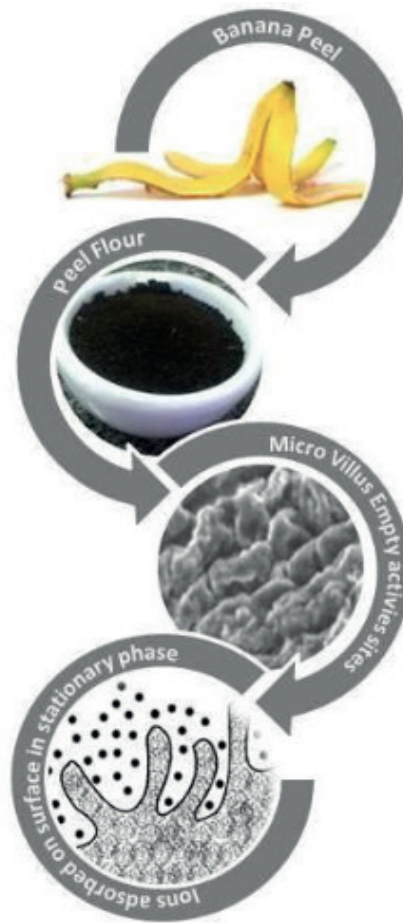
Willian A. Saliba

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

METALLIC IONS ADSORBENTS USING BANANA BARK AS RENEWABLE BIOMASS

ABSTRACT: The increase of industrial waste and the resulting water contamination, especially with metallic ions, which in high concentrations can be harmful to human health and the environment, require treatment processes that are efficient and affordable in cost. The adsorption with activated coal has been the most widely used method, but its high cost and difficulty of regeneration has generated interest in finding alternative adsorbents, also called biosorbents, which are low in cost and easy to access, such as the banana bark. From the production of the banana bark flour, we intend to test the adsorption capacity and efficiency in the removal of metallic ions using this biosorbent chemically modified with citric acid solution ($C_6H_8O_7$) 0,3 M, *in natura*.

KEYWORDS: metal ions, biosorption, biosorbents, banana bark.



Graphical Abstract

Evaluation of the adsorption capacity and efficiency of chemically modified in natura banana bark for the removal of toxic metallic ions.

INTRODUÇÃO

Atuação da água na indústria

Considerando as várias etapas em um processo industrial, a água pode atuar como matéria prima, a qual é incorporada ao produto final, com possíveis variações em sua qualidade, superando até mesmo a do consumo humano (indústrias de bebida, cosméticos, conservas, entre outras). Pode também se comportar como fluido auxiliar no preparo de soluções químicas, reagentes químicos ou operações de lavagem, ou ser fonte de energia, através da transformação de energia cinética, potencial ou térmica presentes na água em energia mecânica e posteriormente em elétrica.¹⁷

A água pode ser também utilizada tanto em processos de limpeza de equipamentos, que requerem um grau de pureza elevado pela existência de processos intolerantes a microrganismos e outras substâncias químicas (indústrias farmacêuticas e fotográficas), quanto no aquecimento e , manganês, ferro, cobalto,

níquel, cobre, zinco, cádmio, mercúrio e o chumbo.

Qualidade da água

A qualidade da água é o resultado de alguns fatores, como fenômenos e condições naturais e a interferência do homem. O contato com substâncias e impurezas do solo através do escoamento superficial ou infiltração da água, mesmo em bacias hidrográficas preservadas, as atividades humanas, como a geração de despejos domésticos e industriais e o uso de agrotóxicos, agregam partículas de sólidos em suspensão e íons dissolvidos provenientes da dissolução das rochas, assim como são responsáveis por introduzir compostos na água.²²

A principal preocupação em relação à qualidade da água, durante muito tempo, restringiu-se a parâmetros estéticos e microbiológicos. O aumento das atividades industriais, a grande participação da água em seus processos e, conseqüentemente, o crescimento de substâncias químicas disponíveis no mercado e sua utilização constante nas indústrias, têm gerado um potencial de despejos industriais que, quando não tratados ou despejados de forma incorreta e unidos a despejos domésticos, tem contaminado de forma potencial os recursos hídricos com poluição orgânica, bacteriológica, física e química.¹²

Como os problemas referentes à poluição das águas ficaram mais complexos, foi necessária a criação de normas que regulamentassem a utilização dos recursos hídricos e o lançamento de efluentes nos corpos d'água. A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos de água receptores, de forma que os resíduos industriais sejam despejados já tratados e a concentração do efluente não cause efeito deletério significativo aos organismos vivos em determinado tempo de exposição.³

No capítulo 3, da mesma Resolução, denominado, nas condições e padrões de qualidade das águas, determina-se que os parâmetros de qualidade das águas devem ser monitorados pelo Poder Público periodicamente, de forma que os resultados sejam analisados estatisticamente, considerando as incertezas de medição.

Dentre os contaminantes presentes nos efluentes, principalmente os de origem industrial, os metais são os que mais influenciam na perda da qualidade da água, já que são utilizados nas linhas de produção e acabam sendo parcialmente lançados em concentrações acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA.

De acordo com o Artigo 16 da Resolução CONAMA nº 430/2011, os efluentes, de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor se obedecerem às seguintes condições: pH entre cinco e nove, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis com concentração 1 mL/L, regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, com exceção somente nos casos permitidos pelas autoridades competentes, e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a

20°C) com remoção mínima de 60 %.³

A partir dos padrões de lançamento de efluentes, as respectivas concentrações máximas permitidas para os cátions e ânions mais encontrados estão descritas na Tabela 1.

Metal	Valor máximo
Arsênio total	0,5 mg L ⁻¹ As
Bário total	5,0 mg L ⁻¹ Ba
Boro total	5,0 mg L ⁻¹ B
Cádmio total	0,2 mg L ⁻¹ Cd
Chumbo total	0,5 mg L ⁻¹ Pb
Cianeto total	1,0 mg L ⁻¹ CN
Cianeto livre	0,2 mg L ⁻¹ CN
Cobre dissolvido	1,0 mg L ⁻¹ Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg L ⁻¹ Cr ⁺⁶
Cromo trivalente	1,0 mg L ⁻¹ Cr ⁺³
Estanho total	4,0 mg L ⁻¹ Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg L ⁻¹ Fe
Fluoreto total	10,0 mg L ⁻¹ F
Manganês dissolvido	1,0 mg L ⁻¹ Mn
Mercúrio total	0,01 mg L ⁻¹ Hg
Níquel total	2,0 mg L ⁻¹ Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg L ⁻¹ N
Prata total	0,1 mg L ⁻¹ Ag
Selênio total	0,30 mg L ⁻¹ Se
Sulfeto	1,0 mg L ⁻¹ S
Zinco total	5,0 mg L ⁻¹ Zn
Benzeno	1,2 mg L ⁻¹
Clorofórmio	1,0 mg L ⁻¹
Dicloroetano	1,0 mg L ⁻¹
Estireno	0,07 mg L ⁻¹
Etilbenzeno	0,84 mg L ⁻¹
fenóis totais	0,5 mg L ⁻¹ C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg L ⁻¹
Tricloroetano	1,0 mg L ⁻¹
Tolueno	1,2 mg L ⁻¹
Xileno	1,6 mg L ⁻¹

Tabela 1. Valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA para cátions e ânions presentes em efluentes

(Art. 16, Resolução CONAMA n° 430/2011).

Quando esses íons estão presentes acima dos valores estabelecidos podem apresentar grande risco à saúde humana, podendo causar doenças e sérios problemas fisiológicos, uma vez que não são metabolizados pelo organismo e se tornam acumulativos. Sua toxicidade, dependendo da substância envolvida

e da intensidade da intoxicação, pode acarretar desde manifestações locais na pele, problemas pulmonares e intestinais, a distúrbios afetivos, câncer, irritação neuromuscular e desmaios. ¹

METAIS, SUAS PRINCIPAIS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

Os elementos classificados como metálicos possuem propriedades bem típicas e se ligam de um modo especial e particular, formando estruturas cristalinas de forma bem definida e brilho característico quando polida. Todos os metais têm uma característica em comum, pois os elétrons mais externos formam uma espécie de nuvem que permeia toda a sua estrutura, o que os caracteriza como materiais condutores de corrente elétrica e calor. Outro fator importante é sua capacidade de serem dúcteis e maleáveis ao mesmo tempo, o que dá a eles a facilidade de se transformarem em fios finos. ^{10,13}

Podem ser divididos em duas categorias, aqueles que em pequenas quantidades são essenciais no ciclo vital de algumas plantas e animais e participam de processos metabólicos importantes no organismo humano, sendo chamados de Oligoelementos ou Micronutrientes, e aqueles que não possuem função biológica e podem afetar a saúde humana como o cádmio e o chumbo, por exemplo. ^{14,23}

MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES

A legislação ambiental e os padrões de qualidade de água mais exigentes, o aumento da concorrência, a busca pela redução dos custos de produção e pelo desenvolvimento sustentável, têm demandado o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e a melhoria nos processos de tratamento de efluentes e reciclagem da água existente, objetivando o cumprimento da legislação ambiental vigente e o aumento da credibilidade frente ao mercado consumidor.⁹

Existem vários métodos que possibilitam a remoção e recuperação de íons metálicos em efluentes industriais, tais como, precipitação química, coagulação, floculação, oxidação, tratamento biológico, separação por membranas, troca iônica e adsorção. ¹⁸

A adsorção é considerada um dos métodos mais importantes no controle de qualidade da água, tendo em vista que tem sido constantemente utilizada, tanto no tratamento de água de abastecimento, quanto na recuperação de águas contaminadas. Trata-se de um processo físico-químico, baseado na separação de componentes de uma mistura através da transferência de massa, na qual uma substância é acumulada em uma interface entre fases, de forma que o soluto seja removido de uma fase e acumulado na outra, explorando, dessa forma, a habilidade do líquido de se concentrar na superfície do sólido. ²

Nos processos de adsorção de moléculas cria-se na interface sólido-líquida uma região de transição que contém aparentemente uma concentração de moléculas maior que no seio do líquido, sendo isto um indicativo da adsorção ou solvatação da superfície sólida. Portanto, na adsorção sólido-líquido, há uma substância diluída na fase líquida e o sólido adsorvente. Quando essas duas fases entram em contato, o composto que está diluído se difunde indo do seio da fase fluida para a superfície do sólido, de forma que a diferença de concentração entre a solução e a superfície do adsorvente seja a força motriz dessa difusão. ²¹

Caso ocorra a adsorção entre as moléculas do líquido e do sólido, as moléculas adsorvidas poderão sofrer uma orientação específica, resultando-se em uma mudança da densidade, constante dielétrica ou outra propriedade física ou química perto da interface. O método convencional para se determinar as quantidades adsorvidas em um dado sistema é da medição da mudança da concentração do soluto na fase líquida. ^{4,21}

O primeiro passo para se alcançar a eficiência do processo é a escolha de um adsorvente com alto poder de adsorção e remoção do adsorvato. Logo, uma boa adsorção depende da alta área superficial do sólido e do volume dos poros, já que a estrutura dos poros limita as dimensões das moléculas que podem ser adsorvidas e a área superficial disponível limita a quantidade de material que pode ser adsorvido.

19

O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado por possuir maior poder de adsorção, que ocorre quando as moléculas do contaminante a ser removido se aproximam da superfície do carvão e lá se alojam. Porém, seu alto custo e dificuldade de regeneração limitam seu uso, o que tem gerado um grande interesse pela busca de adsorventes de origem natural de baixo custo e fácil acesso como a casca de banana, o bagaço da laranja, o bagaço da cana de açúcar, entre outros. ⁷

Fatores que influenciam na adsorção

Além das interações intermoleculares, há outros fatores que também podem influenciar, como a área superficial do adsorvente, o tamanho da partícula, o tamanho dos poros, a temperatura, o pH, a concentração inicial e o tempo de contato entre o adsorvente e o adsorvato: ^{8,20}

- Temperatura: quanto menor a temperatura, maior é a quantidade adsorvida;
- Área superficial do adsorvente: quanto maior a área superficial disponível, maior será a quantidade de metal adsorvido;
- Tamanho dos poros: quanto maiores os poros do adsorvente, maior quantidade de metal será adsorvido;
- Concentração Inicial: a velocidade da adsorção é proporcional à concentração inicial;

- Tamanho das partículas: quanto menor o tamanho das partículas, maior é a área (superfície de contato) disponível, resultando em maior adsorção;
- Tempo de contato: varia de acordo com as forças e interações existentes no processo.

Etapas de adsorção

O mecanismo de adsorção envolve quatro etapas interdependentes, que compreendem: ¹¹

1. Difusão das moléculas de adsorvato da solução para a superfície externa do adsorvente, denominado de camada limite;
2. Difusão das moléculas do adsorvato na superfície externa da partícula sólida através de interações moleculares;
3. Difusão pelos poros interconectados do adsorvato;
4. Interação do adsorvato com a superfície do adsorvente.

Bioadsorção ou biossorção

O Brasil possui uma grande capacidade de produção agrícola, gerando um grande volume de resíduos que muitas vezes são descartados nos corpos d'água. A decomposição desses resíduos pode ocasionar a geração de vários compostos químicos e micro-organismos, podendo resultar em um desequilíbrio ambiental uma vez que eles podem contaminar o ambiente de maneira desequilibrada. A utilização desses resíduos agroindustriais como biossorventes para a remoção de agentes tóxicos de efluentes industriais pode reduzir os custos dos adsorventes comerciais e é vantajoso economicamente e do ponto de vista ambiental. ^{8,20}

A bioadsorção é um método que utiliza biomassas, termo utilizado para denominar materiais alternativos, como resíduos agrícolas (sabugo de milho, serragem de madeira, mesocarpo de coco, bagaço de cana-de-açúcar e casca da banana) e materiais orgânicos que podem ser utilizados para a geração de combustíveis de forma direta ou indiretamente e para remoção de contaminantes orgânicos. Esse processo é o resultado de interações eletrostáticas e também da formação de complexos entre os íons metálicos e os grupos funcionais presentes na superfície da biomassa. ⁴

É um método alternativo de tratamento que tem despertado interesse pelo fato de associar baixo custo e grande capacidade de retenção de metais. A sua eficiência está relacionada com o tipo de adsorvente utilizado e mecanismos físico-químicos como tipo do metal e sua forma iônica na solução e o tipo de ligação responsável pela retenção do metal. Logo, esse método tem apresentado boa capacidade de adsorção para diversos íons metálicos, e os biossorventes podem ser utilizados tanto na forma *in natura* quanto modificados por algum agente químico que possibilite o

aumento do seu poder de adsorção. ⁶

Sendo assim, a técnica de bioadsorção pode ser considerada superior tanto para o tratamento e reutilização da água, quanto pela regeneração de alguns adsorventes ao final do processo. O adsorvente natural que será utilizado e apresentado é a casca de banana.

A farinha da casca da banana não possui aplicação no setor industrial, tem 65 % de umidade, 35 % de amido, 31 % de açúcares totais, 13 % de cinzas, 10 % de lipídeos, 8,80 % de proteínas, vários grupos funcionais que indicam a presença de celulose, lignina, ácido pécico, ácidos orgânicos e ésteres amílicos pequenos, apresenta grande número de sítios de adsorção já ocupados por íons metálicos adsorvidos durante a formação da fruta, sendo assim, para que a adsorção possa ocorrer de forma mais eficiente, é necessário liberar o maior número de sítios ocupados.¹⁵

O processo de adsorção acontece através de troca-iônica entre as espécies em solução e o hidrogênio, presentes então nos ácidos orgânicos que formam os sítios ativos de sorção do bioadsorvente e nos ácidos pécicos. Alguns biomateriais, no processo de adsorção têm a capacidade de reter íons metálicos, podendo assim ser modificado quimicamente com soluções apropriadas. Quando isso acontece a capacidade de adsorção pode aumentar e o ácido cítrico é utilizado com esse objetivo. Utiliza-se também ácido clorídrico a fim de desobstruir orifícios com ligeira presença de íons metálicos. ⁷

PARTE EXPERIMENTAL

Vidrarias utilizadas

Na Tabela 2 estão descritas as vidrarias utilizadas em todo o processo.

Vidrarias utilizadas	Unidade de medida
Balão volumétrico de fundo chato	1000 mL
Béquer	25 mL
Béquer	100 mL
Béquer	250 mL
Béquer	600 mL
Bastão de vidro	-
Pipeta graduada	2mL
Kitassato	125 mL
Erlenmeyer	50 mL
Erlenmeyer	75 mL
Erlenmeyer	250 mL
Funil	50 mm
Funil	75 mm

Tabela 2. Vidrarias utilizadas

Fonte: Autores.

Produção da farinha da casca da banana

Coletaram-se cascas de banana maduras em lanchonetes de Açaí da região do Vale do Aço. As cascas de bananas deram origem a tipos de farinha, Tipo A e Tipo B, pois, passaram por processos de secagem distintos. A farinha Tipo A, primeiramente, foi seca ao sol por 48 horas e, posteriormente, na estufa a uma temperatura de 160 °C por aproximadamente duas horas. Já a farinha Tipo B passou por secagem somente na estufa a 160 °C por aproximadamente 16 horas. A etapa de secagem tem como principal objetivo retirar umidade das cascas de banana, sendo essencial para o processo de fabricação da farinha.

Os materiais secos, tanto Tipo A, quanto Tipo B, foram triturados em liquidificador e dispersos em solução de HCl 0,05 M a temperatura ambiente por aproximadamente 10 minutos. Após este tempo, as farinhas foram lavadas com água deionizada exaustivamente, secas por mais 12 horas em estufa a 160 °C, e devidamente identificadas. Produziram-se 604,63 g de farinha Tipo A e 533,53 g de farinha Tipo B, sendo que metade de cada tipo foi utilizada na sua forma *in natura*, e o restante foi modificado quimicamente. Os tipos de farinha foram identificados como descritos na Tabela 3.

Farinha Tipo A (Sol/ Estufa)		Farinha Tipo B (Estufa)	
<i>In Natura</i>	Modificada	<i>In Natura</i>	Modificada
FINA	FMA	FINB	FMB

Tabela 3. Identificação das amostras Tipo A e Tipo B: In natura e Modificada Quimicamente

Fonte: Autores.

Para preparar a farinha modificada quimicamente, as farinhas *in natura* do Tipo A e Tipo B foram dispersas em solução de ácido cítrico 0,3 M até que toda a farinha fosse coberta pelo líquido. A mistura foi mantida na estufa a 90 °C por 24 h e em seguida por mais 90 min com um aumento da temperatura para 125 °C. O material retirado do aquecimento foi lavado exaustivamente com água deionizada e seco por mais 24 h na estufa, formando, assim, a farinha da casca da banana modificada quimicamente Tipo A e Tipo B. A Figura 1 e Figura 2 apresentam um fluxograma da fabricação das farinhas *in natura* e modificada quimicamente para os Tipos A e B, respectivamente.

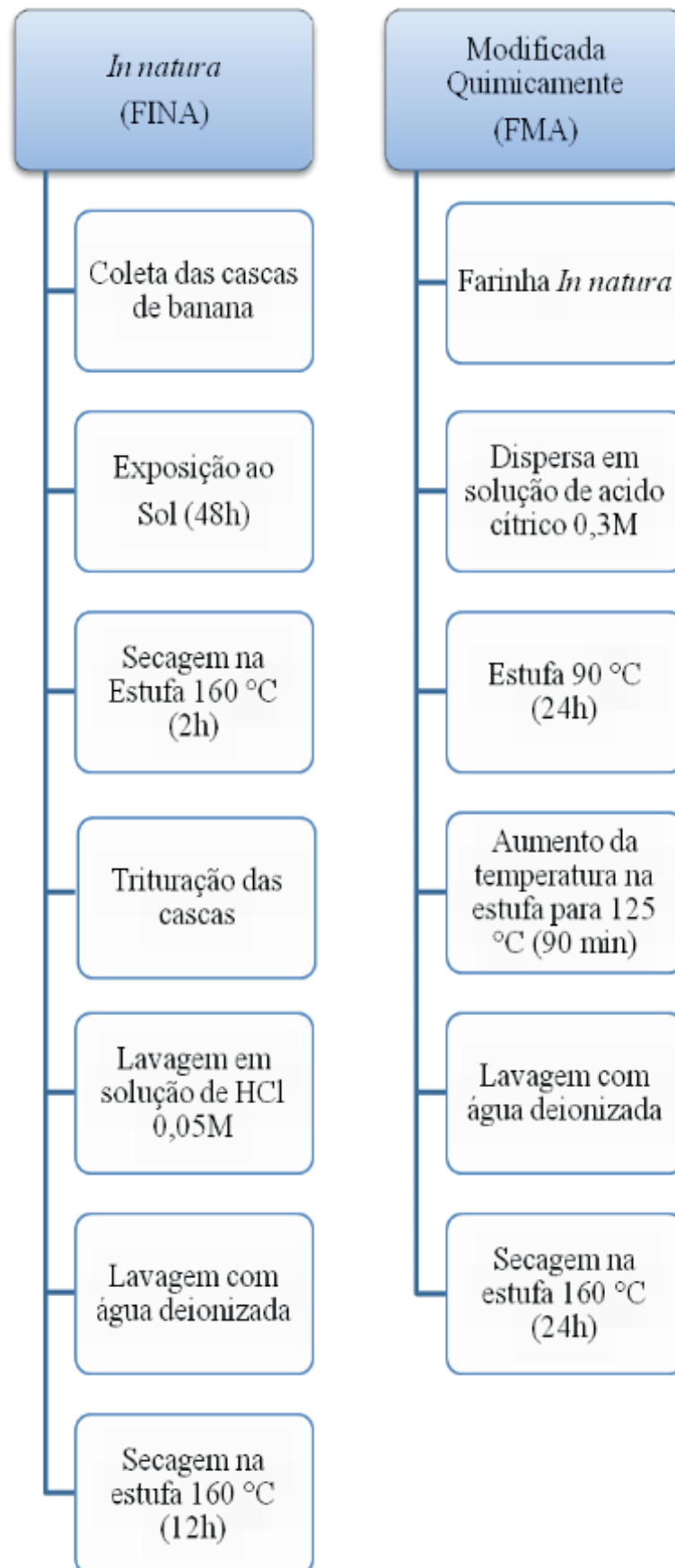


Figura 1. Fluxograma de fabricação da farinha da casca da banana Tipo A (Fonte: Autores)

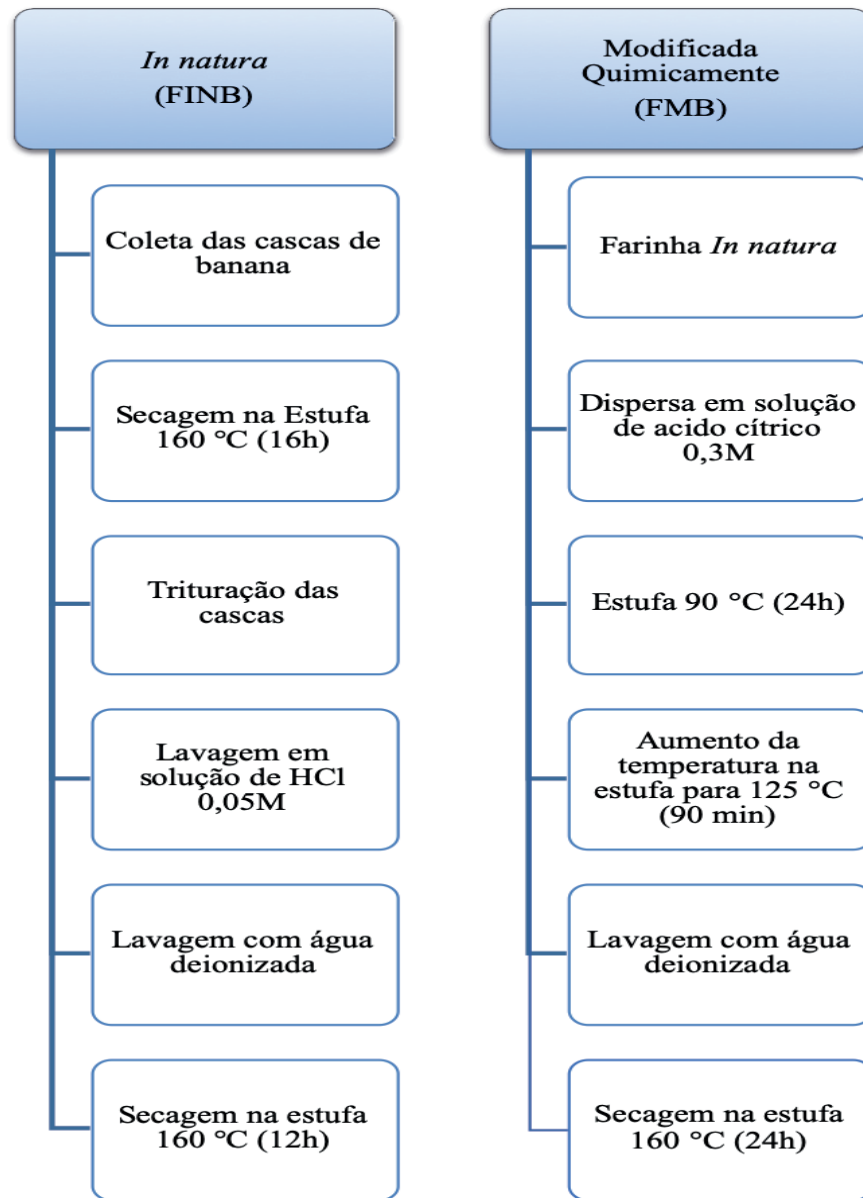


Figura 2. Fluxograma de fabricação da farinha da casca da banana Tipo B (Fonte: Autores)

Para evitar uma possível absorção de umidade do ar pelas farinhas, ao final do processo de fabricação, as mesmas foram armazenadas em béqueres em um dessecador até a realização de todos os testes.

Testes de adsorção utilizando as farinhas da casca da banana Tipo A e Tipo B

Materiais utilizados

Os materiais utilizados na etapa de testes foram béqueres, bureta, balão volumétrico, espátulas, kitassatos, bastões de vidro, funis de vidro, funis de porcelana, papéis de filtro melita, papéis de filtro qualitativos, papéis de pH, agitador da marca KUIMIS, ímã para o agitador, filtro a vácuo QUIMIS, balança shimadzu modelo AY220 de peso máximo 220 g e estufa.

Soluções utilizadas nos testes

Preparou-se 2,5 litros de solução de nitrato de cádmio $1 \cdot 10^{-3}$ M e 2,5 litros de nitrato de chumbo II $1 \cdot 10^{-3}$ M.

Com as soluções de cada metal já previamente preparadas e armazenadas em balões volumétricos de um litro, utilizaram-se das seguintes análises adimensionais para determinar a quantidade necessária de solução para cada teste.

$$\begin{aligned}\text{Equação (7)} &= \text{volume de solução (mL)} / \text{quantidade de testes para cada solução} \\ &= 1000 / 6 \\ &= 166,67 \text{ mL}\end{aligned}$$

Logo, foram utilizadas nos testes com a farinha da casca da banana as soluções de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, ambas de concentração $1 \cdot 10^{-3}$ M.

Realização dos testes

Os testes foram realizados utilizando-se o mesmo procedimento, tanto para a farinha do Tipo A quanto para a farinha do Tipo B. Basearam-se na pesagem de 20 g da farinha em um béquer, no qual se acrescentou a solução com íons metálicos, mediu-se o pH e, em seguida, colocou-se a mistura em um agitador durante duas horas. Após o tempo de agitação, a solução com a farinha passou por uma primeira etapa de filtração com papel de filtro tamanho 103.

O precipitado retido no papel foi devidamente descartado e a solução do filtrado foi remetida a uma segunda etapa de filtração no filtro a vácuo, onde se utilizou papel de filtro qualitativo, para retirar possíveis impurezas ainda presentes, mesmo após a primeira filtração.

Os testes foram realizados em triplicata com a farinha *in natura* e com a farinha modificada quimicamente tanto utilizando a solução de nitrato de cádmio quanto a solução de nitrato de chumbo II, resultando em 12 amostras. Como se produziram dois tipos de farinha, os 12 testes foram realizados com a farinha Tipo A e com a farinha Tipo B, ocasionando 24 amostras de filtrados.

Com o objetivo de verificar se as etapas de testes poderiam alterar de alguma forma nos parâmetros a serem analisados posteriormente através dos resultados, como concentração inicial e pH, fez-se o teste somente com as soluções de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, sem que estas houvessem entrado em contato com as farinhas, gerando mais duas amostras, denominadas de branco, resultando dessa forma 26 amostras.

Foi necessário realizar o procedimento de decomposição da matéria orgânica para evitar possíveis interferências na leitura do equipamento de ICP OES, submetendo as amostras à digestão por via úmida, em que foram medidos 50 mL de

cada amostra já filtrada, e em seguida transferidos para béqueres de 100 mL. Logo após, estas foram levadas para a capela de exaustão, onde se adicionaram 2,5 mL de ácido nítrico.

Ainda na capela as amostras foram aquecidas em uma chapa a temperatura de 110 °C até que seu volume fosse reduzido a aproximadamente 20 mL, permanecendo em observação constante para assegurar a não ebulição das mesmas.

Em seguida, as amostras foram transferidas primeiramente para uma proveta de 50 mL com o auxílio de um funil, e aferidas com água deionizada até o menisco. Posteriormente, foram transferidas para béqueres de 100 mL devidamente homogêneos, finalizando o processo. Além das 26 amostras, foram retiradas duas alíquotas das soluções iniciais de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, respectivamente. As 26 amostras, juntamente com as duas alíquotas, foram armazenadas em vidros âmbar de 20 mL, totalizando 28 amostras. As mesmas foram encaminhadas ao laboratório do departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa para análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação entre a concentração inicial e o branco

De acordo com o Gráfico 1, foi possível verificar que ao relacionarmos a concentração inicial das soluções com o branco, tanto para solução com íons de cádmio quanto para a solução com íons de chumbo, ocorreu uma redução da concentração com uma variação muito pequena, não interferindo de forma significativa no procedimento de adsorção do metal pela farinha.

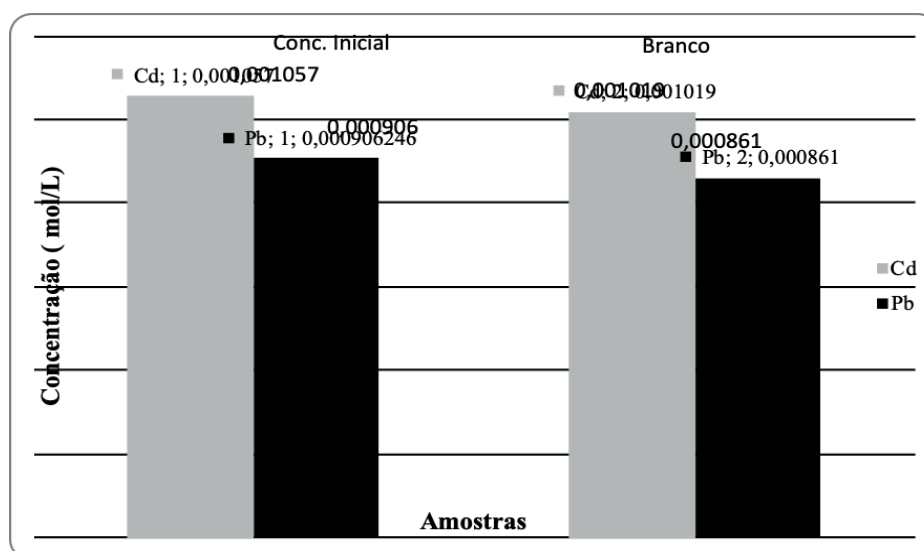


Gráfico 1. Relação entre a concentração inicial e o branco (Fonte: Autores)

Análise das amostras da farinha *in natura*

De acordo com o Gráfico 2, a farinha *in natura* tipo A foi mais eficiente na remoção de íons de cádmio, apresentando 92,8% de adsorção enquanto a farinha *in natura* tipo B foi mais eficiente na remoção de íons de chumbo, com 97% de adsorção.

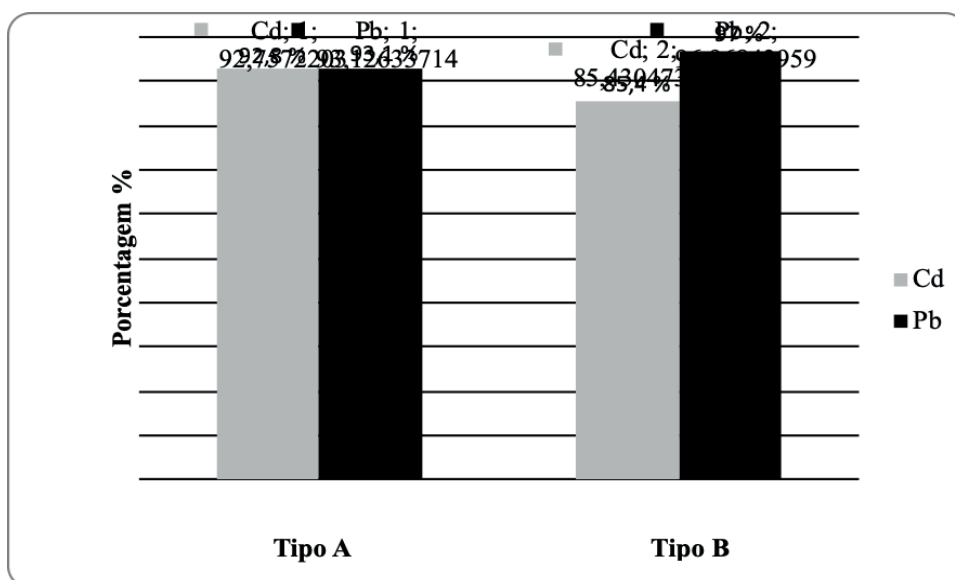


Gráfico 2. Adsorção dos metais pela farinha *in natura* (Fonte: Autores)

Análise das amostras da farinha quimicamente modificada

Como está descrito no Gráfico 3, a farinha modificada quimicamente, tanto tipo A quanto tipo B apresentaram maior eficiência na remoção de íons de chumbo, com 91,9% e 94,5% de adsorção, respectivamente. Na remoção de íons de cádmio, a farinha modificada tipo A foi mais eficiente.

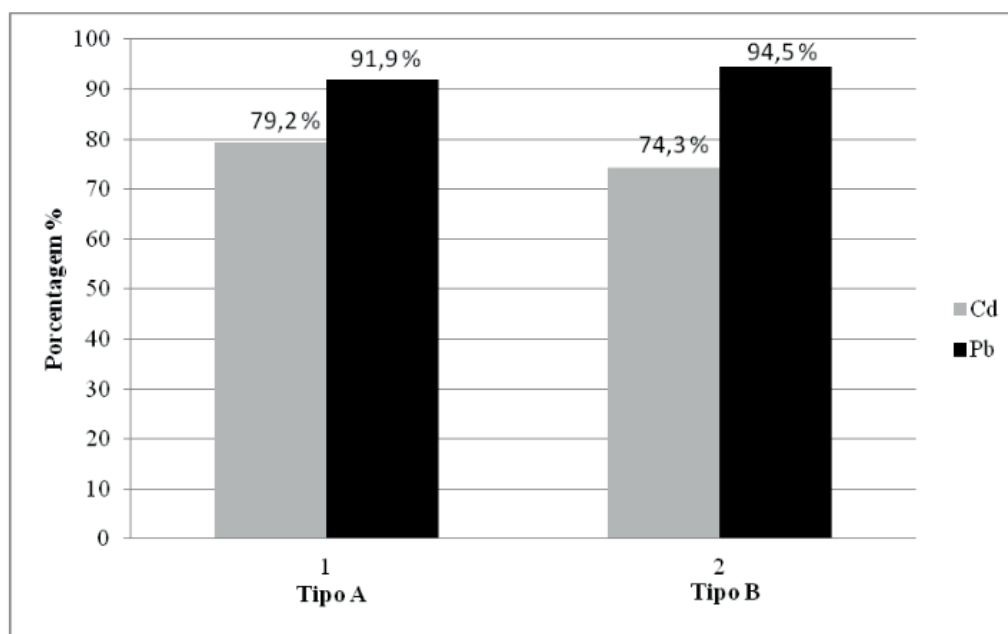


Gráfico 3. Adsorção dos metais pela farinha modificada (Fonte: Autores)

Análise geral das amostras

No Gráfico 4, está descrita a média de todos os resultados obtidos através da análise no ICP OES em concentração (mol L^{-1}), em que a redução desta comprovou a adsorção dos metais pela farinha. Os melhores resultados para adsorção de íons de chumbo foram das amostras, nas quais se utilizou a farinha do Tipo B (Estufa), que, por sua vez, alcançou a maior porcentagem de adsorção tanto do metal chumbo pela farinha, quanto em relação a todos os outros testes realizados, equivalendo assim, a um aproveitamento de 94,5 % (modificada) e 97 % (*in natura*); enquanto que os maiores resultados para adsorção de íons de cádmio se deram com o emprego da farinha Tipo A (sol/estufa), atingindo um valor de adsorção do metal cádmio pela farinha de 79,2 % (modificada) e 92,8 % (*in natura*).

Portanto, o chumbo foi adsorvido com mais eficiência pela farinha do que o cádmio e a farinha *in natura* apresentou excelente capacidade de reter metais em solução. Dessa forma, deduz-se que o ácido nítrico, agente químico utilizado na modificação da farinha, não foi efetivo na desobstrução dos poros da farinha, como esperado.

Em relação à produção da farinha na etapa de secagem, no qual se produziram dois tipos de farinha, compreendidos o Tipo A (sol/estufa) e o Tipo B (Estufa), ocorreram ótimos resultados com os dois tipos. Logo, a diferença na etapa de secagem não alterou significativamente a capacidade da farinha de adsorver metais.

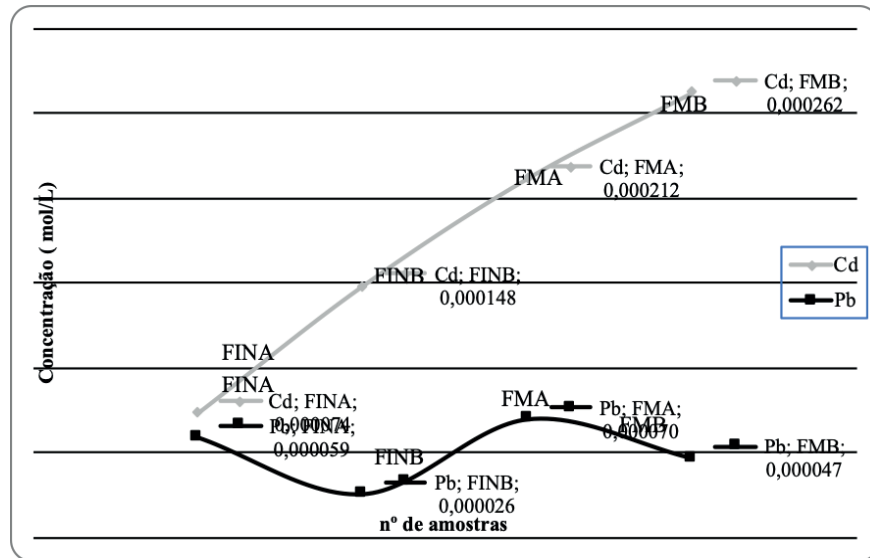


Gráfico 4. Análise geral das amostras (Fonte: Autores)

Análise do pH das amostras

O valor ideal de pH para alcançar boa eficiência do processo de adsorção varia entre três e cinco.⁷ Como é possível perceber através do Gráfico 5 todas as amostras apresentaram faixa de pH ideal para ocorrência de adsorção e apesar de o pH da solução inicial contendo cádmio ter sido seis, ao incorporar a farinha, o pH se tornou ideal em todas as amostras, com exceção de uma das amostras da farinha *in natura* tipo A. Porém, essa faixa de pH não prejudicou a adsorção dessa amostra de farinha.

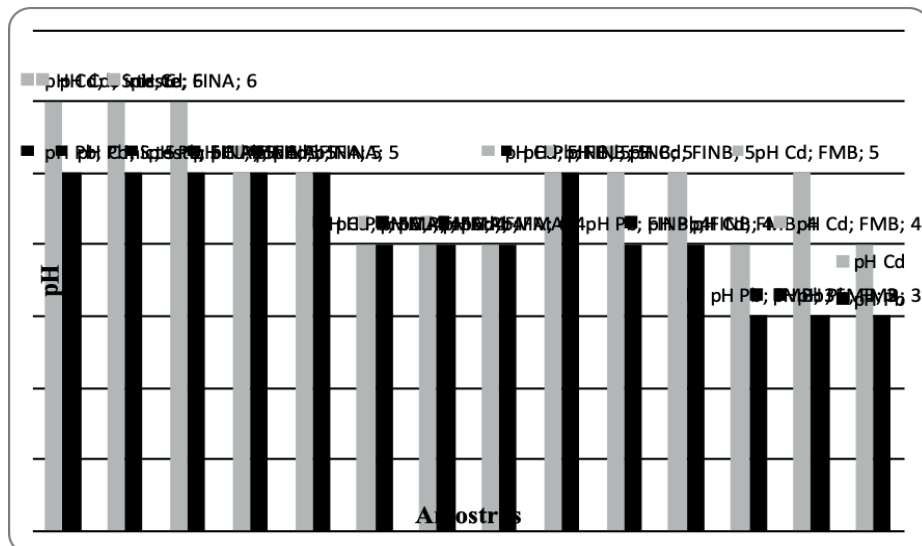


Gráfico 5. Análise do pH das amostras (Fonte: Autores)

CONCLUSÃO

Pela análise de todos os dados apresentados, percebeu-se que os dois métodos de preparação da farinha foram adequados, tendo em vista que a farinha da casca

da banana *in natura* apresentou excelentes resultados de adsorção de forma geral e a farinha modificada quimicamente com solução de ácido nítrico, que demonstrou baixa eficiência como agente químico, apresentou bons resultados, apesar de se esperar que estes fossem melhores do que os da farinha *in natura*.

Considerou-se que a casca da banana, o biossorvente utilizado, é de fácil acesso, possui baixo custo e apresentou excelentes resultados devido as suas propriedades e sítios ativos. Têm-se dessa forma, um método de biossorção de grande potencial a ser utilizado e explorado.

REFERÊNCIAS

1. Andreoli, V. C.; Sperling, V. M.; Fernandes, F.; *Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final*, 1th ed., Belo Horizonte, 2001.
2. Boniolo, R. M.; *Dissertação de Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2008.
3. BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011.
4. Chaves, F. T. *et al.*; *Química nova*, **2009**, 32, 1378-1383.
5. Cervelin, C. P.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química na área de concentração em Desenvolvimento de Processos*, Universidade do Oeste do Paraná, Brasil, 2010.
6. Cossich, S. E.; *Dissertação de Doutorado em Engenharia Química*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2000.
7. Cruz, F. R. A. M.; *Dissertação de Pós-graduação em Química dos Recursos Naturais*, Universidade Estadual de Londrina, Brasil, 2009.
8. Dotto, L. G. *et al.*; *Química Nova*, **2011**, 34, 1193-1199.
9. Fernandes, P.; Oliveira, N. P. A.; Hotza, D.; *Cerâmica Industrial*, **2003**, 8, 26-34.
10. Guerra, F.; Raggazzi, M.; *Química*, **2013**, 2, 112.
11. Homem, M. E.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2001.
12. Jimenez, S. R.; Bosco, D. M. S.; Carvalho, A. W.; *Química Nova*, **2004**, 27, 734-738.
13. Junior, S. C.; Sasson, S.; Sanches, B. S. P.; *Ciências: Entendendo a natureza: a matéria e a natureza*, 23th ed., Saraiva, 2009.
14. KAWAI, B. *et al.* Disponível em <<http://ambientalsustentavel.org/2012/poluicao-ambiental-por-metais/>>. Acessado em Outubro de 2013.

15. Lima, B. G. A.; Nebra, A. S.; Queiroz, R. M.; *Revista brasileira de Produtos Agroindustriais*, **2000**, 2, 87-101.
16. Mierzwa, J. C.; Hespanhol, I.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2005.
17. Mierzwa, J. C.; *Tese de Doutorado em Engenharia na área de Engenharia Hidráulica e Sanitária*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2002.
18. Montanher, F. S.; *Tese de Pós-graduação em Química*, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2009.
19. Nunes, L. D.; *Dissertação de Mestrado em Ciências de Alimentos*, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2009.
20. Royer, B.; *Dissertação de Mestrado em Química*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.
21. Silveira, V. S.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2001.
22. Sperling, V. M.; *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 2th ed., Belo Horizonte, Brasil, 1996.
23. Vaghetti, P. C. J.; *Tese de Doutorado em Química*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Química, Porto Alegre, Brasil, 2009.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura 30, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 77, 106, 110, 112, 141, 280, 281, 286, 287, 289, 333, 408

Agricultura de precisão 56, 289

Astrobiologia 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Atividade fotocatalítica 301

B

Bagaço de cana 64, 230, 233

C

Campo magnético estático 77, 83

Catalisador ácido sólido 157, 159

Celulose 65, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Compostos fenólicos 36, 385, 386, 387, 393, 394

Copolímeros 339, 340, 341, 342, 343, 344

Cromatografia 96, 97, 100, 105, 233, 234, 387, 399

D

Desenvolvimento tecnológico 373

E

Educação 1, 11, 25, 28, 30, 35, 37, 39, 41, 49, 50, 51, 52, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 137, 148, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 177, 178, 179, 245, 246, 260, 261, 262, 263, 268, 290, 291, 325, 327, 328, 329, 337, 338, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 380, 381, 382, 383, 384

Eletroforese 96, 97, 102

Energia solar 347, 348, 349, 350, 354, 355

Ensino de matemática 51, 114

Estratégias regionais de inovação 20, 21

G

Geotecnologias 52, 53, 56, 57

H

Hidrólise 96, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

I

Íons metálicos 62, 64, 65, 69, 400

M

Metátese 339, 340, 341, 346

Minigeração 347, 349, 350, 354, 355

N

Nanopartículas 186

Norborneno 339, 340, 341

O

Oxidação seletiva de metanol 397, 399

P

Planejamento territorial 52, 53, 55

Planetário 116, 117, 118, 119, 122, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Poliméricas 157, 159, 161, 163, 183, 188

R

Resina polimérica 157, 159, 160, 163, 164

S

Saber popular 1, 3, 4

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-621-8

