

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
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. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª 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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
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. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-423-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.235213108>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume II é constituído por quinze capítulos de livro que foram reunidos em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* química analítica: determinação, otimização e validação; *ii)* desenvolvimento de adsorventes e catalisadores para remoção de diferentes classes de contaminantes e aplicação industrial e *iii)* temas diversos.

A primeira temática é constituída por seis capítulos e apresentam diversos estudos, entre os quais: *i)* determinação quantitativa de glicazida em comprimidos e os problemas provenientes do uso de comprimidos pelo sistema de partição não homogêneo; *ii)* a determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) empregando-se a técnica de voltametria; *iii)* a validação de um sistema fotocolorímetro em análises para o ensino de química na Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora na cidade de Vera Cruz no México; *iv)* a importância da otimização para melhor entendimento dos estudos cinéticos em uma reação de hidrologenação; *v)* a triagem fitoquímica e análise de propriedades antioxidantes e *vi)* avaliação de estruturas metálicas orgânicas como fase estacionária em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

A segunda temática é composta por cinco capítulos e apresentam: estudo de revisão que demonstram: *i)* o potencial de extração de fósforo em efluentes líquidos; *ii)* estudo de Montmorilonita como potencial adsorvente e aplicação em sistemas de fluxo contínuo e *iii)* avaliação e estudo de diferentes catalisadores para remoção de inúmeras classes de poluentes em matrizes aquáticas e reforma do etanol com vapor d’água.

Por fim, a terceira temática que apresenta quatro diferentes estudos que contemplam a corrosão obtida por pulverização de gás frio, a importância e utilização de supressores de poeira na mineração, preparação de nanopartículas poliméricas enriquecidas com óleos essenciais poliméricas e estudo de revisão das propriedades químicas da série de lantanídeos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICLAZIDA EM COMPRIMIDOS SULCADOS

Jacqueline Cristinne Guimarães Vidal

Maria Amélia Albergaria Estrela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131081>

CAPÍTULO 2..... 13

DETERMINAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO UM ELETRODO DE PASTA DE CARBONO MODIFICADO COM FTALOCIANINA DE ZINCO

Daniel Jackson Estevam da Costa

Rhayane Silva Rodrigues do Nascimento

Larissa da Silva Pereira

Janete Clair da Silva Santos

Camila Luciana Silva de Mesquita

Fátima Aparecida Castriani Sanches-Brandão

William Farias Ribeiro

Francisco Antonio da Silva Cunha

Mário César Ugulino de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131082>

CAPÍTULO 3..... 25

VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Raúl Alejandro Limón Hernández

Verónica López Hernández

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Arsenio Sosa Fomperosa

Oscar Enrique Morales Moguel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131083>

CAPÍTULO 4..... 40

OTIMIZAÇÃO NUMÉRICA E ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE HIDROALOGENAÇÃO DO ALFA-PINENO

Vladimir Lavayen

Thágor Moreira Klein

Chádia Schissler

Leticia Antunes Natividade

Alexandre Chagas

Jacqueline Arguello da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131084>

CAPÍTULO 5..... 50

TRIAMEN FITOQUÍMICA E ANÁLISE QUALITATIVA DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS FOLIARES DE *Cinnamomum zeylanicum* E *Cinnamomum burmannii*

Ana Francisca Gomes da Silva

Valéria Flávia Batista da Silva

Carolina Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131085>

CAPÍTULO 6..... 58

MOFs (METAL ORGANIC FRAMEWORKS) AS A STATIONARY PHASE IN LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Tamires dos Reis Menezes

Kátilla Monique Costa Santos

Sílvia Maria Egues Dariva

Juliana Faccin de Conto Borges

Cesar Costapinto Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131086>

CAPÍTULO 7..... 76

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTES LÍQUIDOS – REVISÃO DE LITERATURA

Luciana Faria Caetano de Souza

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

Ana Carolina Ribeiro Aguiar

Ana Paula Cardoso Gomide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131087>

CAPÍTULO 8..... 84

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Kathely Priscila de Souza Trindade

Graciele Vieira Barbosa

Alberto Adriano Cavalheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131088>

CAPÍTULO 9..... 97

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES Fe₂O₃

Matheus de Araújo Moura

Henrique Rebouças Marques Santos

Márcio Souza Santos

Rennan Noronha de Franca

Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131089>

CAPÍTULO 10..... 107

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO

Júnior da Silva Camargo
Sonia Tomie Tanimoto
Fernando Alves Ferreira
Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro
Regineide de Oliveira Lima
Ricardo Faustino Rits de Barros
José Alfredo Valverde
Layssa Aline Okamura
Paulo Renato dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310810>

CAPÍTULO 11 120

REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D' ÁGUA: AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO PRÉVIA DO CATALISADOR Cu/Ni/Na₂O-Nb₂O₅

Laura dos Santos Costa
Maria Eduarda Bogado dos Santos
Marília de Oliveira Camargo
Marcos de Souza
Isabela Dancini Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310811>

CAPÍTULO 12..... 129

STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS

Fernando Santos da Silva
Sergi Dosta
Assis Vicente Benedetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310812>

CAPÍTULO 13..... 144

SUPRESSORES DE POEIRA DE MINERAÇÃO

Stéphane Miranda Francisco
Enio Nazaré de Oliveira Júnior
Ana Maria de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310813>

CAPÍTULO 14..... 156

PREPARATION OF SUB-50 NM POLYMERIC NANOPARTICLES LOADED WITH ESSENTIAL OILS

Hened Saade Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310814>

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 15..... | 160 |
| QUÍMICA DE LANTANÍDEOS | |
| Jorge Fernando Silva de Menezes | |
| Rodrigo Galvão dos Santos | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR..... | 192 |
| ÍNDICE REMISSIVO..... | 193 |

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Data de aceite: 23/08/2021

Kathely Priscila de Souza Trindade

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
LIMAN
Naviraí – MS

Graciele Vieira Barbosa

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
LIMAN
Naviraí – MS

Alberto Adriano Cavalheiro

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
LIMAN
Naviraí – MS

RESUMO: As argilas sintéticas vêm recebendo cada vez mais atenção visando aplicação em processos de purificação de água por adsorção. No entanto, as argilas naturais são um recurso não renovável e a disponibilidade de argilas com alto teor de esmectita, um grupo dos filossilicatos com grande potencial de adsorção já está comprometida. A capacidade de troca iônica e adsorção de moléculas orgânicas deste tipo de filossilicato, uma característica química que a torna vantajosa para sua aplicação como adsorvente, também é uma desvantagem quando se trata de argilas naturais a serem aplicadas em processos de purificação de água. Isso porque, as jazidas são susceptíveis a contaminação mais facilmente, incorporando metais pesados e outros poluentes orgânicos que as tornam

inadequadas para este tipo de processo. Dentro deste contexto, obter argilominerais sintéticos análogos se tornou imperativo em muitos campos de aplicação e neste trabalho é apresentado um processo de obtenção deste tipo filossilicato adsorvente, a montmorilonita, através de procedimentos simplificados, como precipitação em meio aquoso. Demonstrou-se que se forem considerados aspectos químicos e físico-químicos da matéria prima e de seus constituintes, é possível estabelecer parâmetros de obtenção de um material com boa capacidade adsorvente.

PALAVRAS-CHAVE: Argilomineral, esmectita, adsorção, purificação de água.

STUDY OF OBTAINING MONTMORILLONITE BY SEQUENTIAL PRECIPITATION FOR USE AS AN ADSORBENT FOR CONTINUOUS FLOW SYSTEMS

ABSTRACT: Synthetic clays have been receiving more and more attention for application in water purification processes by adsorption. However, natural clays are a non-renewable resource and the availability of clays with a high content of smectite, a group of phyllosilicates with great adsorption potential, is already compromised. The ion exchange and adsorption capacity of organic molecules of this type of phyllosilicate, a chemical characteristic that makes it advantageous for its application as an adsorbent, is also a disadvantage when natural clays are applied in a water purification process. This is because deposits are more easily susceptible to contamination, incorporating heavy metals

and other organic pollutants that make them unsuitable for this type of process. Within this context, obtaining analogous synthetic clay minerals has become imperative in many fields of application and this work presents a process for obtaining this type of phyllosilicate adsorbent, montmorillonite, through simplified procedures, such as precipitation in an aqueous medium. It was demonstrated that if chemical and physical-chemical aspects of the raw material and its constituents are considered, it is possible to establish parameters for obtaining a material with good adsorbent capacity.

KEYWORDS: Clay mineral, smectite, adsorption, water purification.

1 | INTRODUÇÃO

As argilas representam materiais de grande interesse tecnológico com aplicações em diversas áreas. Entretanto, cada aplicação requer um conjunto de características das argilas, como composição, morfologia e cristalinidade. Mas, a aplicação de argilas em processos avançados requer controle de outra característica, sua interação química com o meio, em especial, a capacidade adsorptiva e de troca iônica (SCHULZ-EKLOFF et al., 2002; CRINI et al., 2006).

Grande parte dos argilominerais que constituem as argilas é baseada em algum tipo de filossilicato, um grupo da classe dos silicatos que possui uma estrutura organizada em camadas alternadas de silicatos tetraédricos e cátions de alumínio com arranjos octaédricos. Algumas destas estruturas são expansíveis, o que as tornam bons adsorventes, denominados de esmectitas, mas o caráter covalente das ligações O-Si-O dos tetraedros leva a polimerização, gerando sítios octaédricos onde não maiores que 160 pm. Esta característica dificulta a recristalização. Por isso, as etapas iniciais de formação determinam as propriedades finais (BRINDLEY, 1984; LINSSEN et al., 2003).

Uma das alterações importantes que pode ocorrer durante a etapa de formação da rede de tetraedros é a substituição parcial heterovalente do silício por alumínio, levando a um desequilíbrio de cargas nas camadas. Em muitos casos, este desequilíbrio não pode ser anulado pelos cátions dos sítios octaédricos, provocando a adsorção de outras espécies no espaço intercamadas (DANA, 1986; BERGAYA et al., 2006; ISMAIL, 2018).

A montmorilonita é um argilomineral do grupo das esmectitas e possui composição variável devido a substituições parciais dos cátions de maior estado de oxidação por outro de menor estado de oxidação que criam o excesso de carga negativa nas lamelas e conferem ao material sua capacidade de adsorção para espécies catiônicas. O controle destas substituições em amostras sintéticas é muito complexa, o que consequentemente afeta a estrutura final e suas propriedades de troca iônica e adsorção. Na Figura 1 é possível observar o grau de complexidade estrutura apresentada pela montmorilonita e outras estruturas esmectíticas (ARIGA et al., 2007; CAO & YU, 2010; MARTINS et al., 2015).

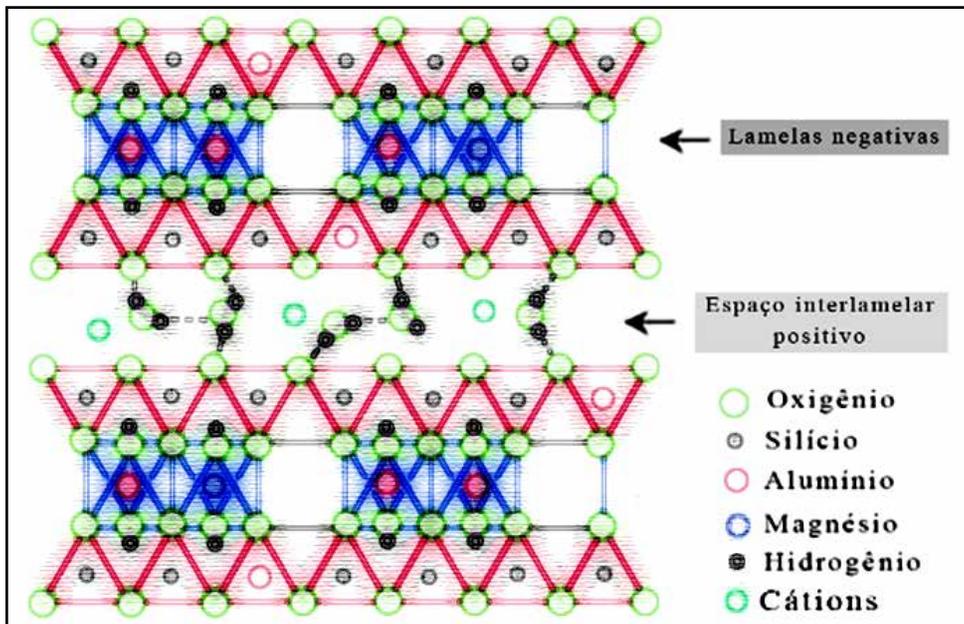


Figura 1: Ilustração do arranjo estrutural do argilomineral montmorilonita.

A demanda por tecnologias mais baratas e eficientes de purificação de água tem aumentado na mesma proporção do aumento da industrialização e da produção agropecuária, devido a um grande aumento da poluição ambiental associado a estes tipos de atividades (ROBINSON et. al, 2001; BARROS & AMIN, 2008, ISLAM et al., 2015). Muitos destes poluentes podem ser removidos com eficácia utilizando argilas adsorventes, em especial aquelas formuladas para conter um tipo específico de argilomineral de alta capacidade adsorptiva (WANG & LI, 2006; CRINI, 2006; EL-SAFETY et al., 2011).

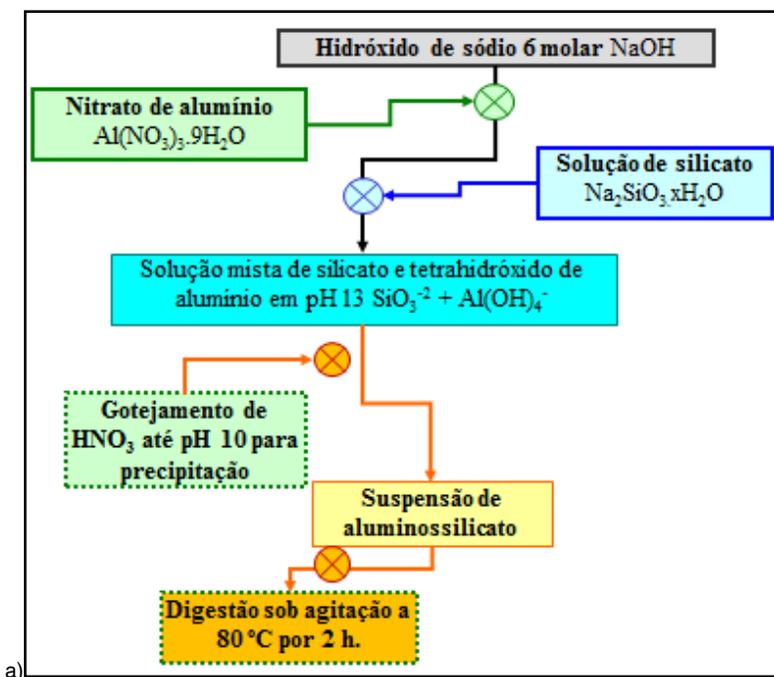
O objetivo deste trabalho foi investigar o processo de obtenção do argilomineral de montmorilonita de composição por precipitação sequencial e purificação por controle de condutividade iônica para obter um material com boa capacidade de adsorção para micropoluentes orgânicos usando o corante catiônico azul de metileno como molécula modelo.

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Um dos aspectos mais importantes neste processo de obtenção está relacionado ao reagente precursor de silício, sendo o metassilicato de sódio hidratado $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ o reagente mais indicado para obtenção de filossilicatos por reação de precipitação em meio aquoso. Este reagente tem menor custo do que outros reagentes de silício devido ao seu uso disseminado na indústria do cimento e há formulações de maior pureza destinadas a análises e processos mais avançados de síntese (BRYKOV et al., 2002).

Condicionado a rota de síntese ao uso do metassilicato de sódio hidratado, algumas informações químicas sobre sua estabilidade em meio aquoso e sua interação com sais de alumínio e magnésio passam a ser importantes para propor uma rota de síntese para a montmorilonita de composição $[Al_{(3,75)}Mg_{0,25}Si_{(7,50)}Al_{0,50}O_{20}(OH)_4]^{0,75}$. Uma delas se refere à incongruência das formas solúveis de sais de alumínio e metassilicato de sódio em faixas moderadas de pH, requerendo a conversão do alumínio a tetra-hidróxido para sua coexistência com silicato de sódio em solução.

A outra informação importante se refere à presença de alumínio tanto nos tetraedros como nos sítios octaédricos em proporção controlada, o que demanda um processo de estruturação prévia da rede de tetraedros de silicato já com alumínio inserido. Isso implicou em um segundo processo de cristalização para inserção dos cátions do sítio octaédrico, que também contém alumínio, mas também magnésio. Com base nas informações levantadas, foi proposto um fluxograma de procedimento de síntese mostrado na Figura 2.



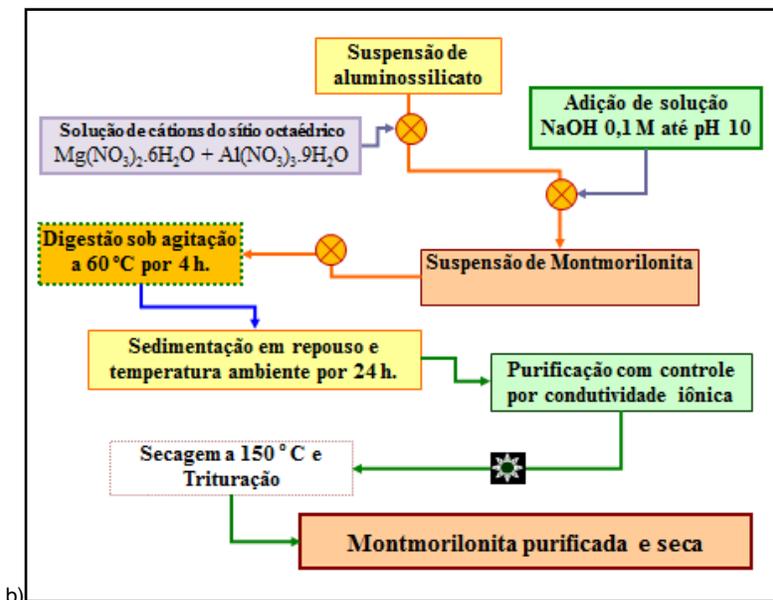


Figura 2: Fluxograma do procedimento de obtenção da montmorilonita: a) estruturação da rede de tetraedros e b) intercalação dos cátions octaédricos.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido a sua natureza propositiva, este trabalho se organiza de modo distinto de outros na literatura, pois traz sua parte experimental interpretada e discutida, uma vez que os procedimentos aqui expostos são basicamente a demonstração de êxito da proposição experimental.

3.1 Padronização do Reagente Metassilicato de Sódio Hidratado

A forma hidratada do silicato de sódio é mais facilmente dissolvida em água do que a forma anidra deste silicato Na_2SiO_3 , mas apresenta grau de hidratação variável, requerendo uma padronização por gravimetria. Pelo fato do processo de desidratação deste reagente poder apresentar gradiente do topo para a base do recipiente, a amostragem também é importante. Por isso, o sólido foi retirado do frasco e transferido para um recipiente de vidro limpo e seco e um processo de trituração em almofariz, peneiramento e homogeneização foi feito antes de retorná-lo ao frasco, também limpo e seco, de forma a garantir que cada alíquota retirada represente a estequiometria média de todo o conteúdo (ZHANG, 2007).

O procedimento de padronização teve início com a preparação de 3 cadinhos de porcelana previamente tratados em temperatura superior ao da calcinação a ser executada para eliminar umidade e contaminantes voláteis da superfície e poros do recipiente e impedir que alterações químicas do recipiente interfiram na padronização. Assim, considerando que a calcinação das amostras é feita na temperatura de 550 °C (SHAO et al., 2013), a

temperatura do tratamento prévio foi ajustada para 600 °C.

Para isso, os cadinhos vazios são colocados em um forno tipo mufla programado para aquecer a uma razão de 10 °C min⁻¹ até atingir o patamar de 600 °C, onde permanece durante 4 horas e esfria livremente até atingir a temperatura de 60 °C. Em seguida, os cadinhos foram retirados do forno com tenaz recoberta com fibra de amianto nas pontas e transferidos para dessecador de vidro contendo dessecante, sendo mantidos neste ambiente até alcançar temperatura ambiente.

Cada cadinho foi então retirado do dessecador com tenaz e colocado na balança analítica, onde é pesado para determinação de seu peso. Em seguida, cada cadinho recebeu uma quantidade diferente do reagente metassilicato de sódio hidratado, da marca Dinâmica e o novo peso foi determinado. Então, os cadinhos com as amostras foram transferidos para o forno mufla, agora programado para o patamar de 550 °C por 2 horas (Figura 3.a), nas mesmas condições de aquecimento e resfriamento utilizadas no tratamento prévio dos cadinhos vazios. Ao fim do procedimento, cada cadinho foi pesado novamente, determinando o peso do cadinho com o resíduo de calcinação (Tabela 1).

A contração de volume e a agregação do pó ao final do processo indica um severo processo de desidratação (Figura 3.b), devido a perda de água considerável do reagente na forma, conforme cálculos mostrados na Tabela 2. O valor do título percentual do reagente de metassilicato de sódio hidratado da marca Dinâmica, considerando seu grau de hidratação, foi de 62,12 %, com desvio padrão de 0,11. Cálculos estequiométricos adicionais, considerando o resíduo de calcinação como sendo 100 % de silicato de sódio anidro Na₂SiO₃, com massa molar 122,062 g mol⁻¹, indicam que o grau de hidratação deste reagente é significativamente menor (x = 4,12) do que o indicado no rótulo da embalagem do produto (x = 5), considerando a fórmula química Na₂SiO₃.xH₂O.



Figura 3: Imagens do processo de padronização do reagente metassilicato de sódio hidratado: a) durante calcinação e b) após pesagem final.

| Cadinho | m_c = massa do cadinho vazio (g) | m_{ca} = massa do cadinho com amostra (g) | m_{cr} = massa do cadinho com resíduo (g) |
|---------|------------------------------------|---|---|
| A | 45,3412 | 46,5682 | 46,1048 |
| B | 43,0694 | 44,5814 | 44,0084 |
| C | 46,0872 | 47,8918 | 47,2064 |

Tabela 1: Resultados das pesagens de cada cadinho na padronização.

| Alíquota | m_a = massa da amostra ($m_{ca} - m_c$) (g) | m_r = massa do cadinho com resíduo ($m_{cr} - m_c$) (g) | Título percentual $\%T = 100 \cdot (m_s/m_a)$ (%) |
|-------------|---|---|--|
| A | 1,2270 | 0,7636 | 62,23 |
| B | 1,5120 | 0,9390 | 62,10 |
| C | 1,8046 | 1,1192 | 62,02 |
| Valor médio | | | 62,12 * |

* Desvio padrão de 0,11.

Tabela 2: Cálculos de massa e título percentual de silicato anidro no resíduo.

3.2 Obtenção da Montmorilonita

De acordo com o fluxograma proposto na Figura 3, o procedimento tem início pela preparação da solução de tetra-hidróxido de alumínio, adicionando-se em um béquer contendo solução 6 molar de hidróxido de sódio a quantidade estequiométrica calculada de nitrato de alumínio $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$. Uma eventual precipitação é revertida com adição de uma maior quantidade de solução de hidróxido de sódio 6 molar até obter uma solução

estável com pH 13.

Em paralelo, uma solução de metassilicato de sódio é preparada, já considerando o título percentual determinada na padronização. É um sal de fácil dissolução, gerando uma solução de pH normalmente acima de 13. A adição de uma pequena quantidade de solução 6 molar de hidróxido de sódio nesta solução de metassilicato pode evitar eventual turvamento durante a mistura com a solução de tetrahidróxido de alumínio, mas este procedimento também pode ser executado após a mistura, caso haja turvamento. Esta preparação já é feita em um béquer de maior capacidade e já contendo uma barra magnética para agitação, evitando transferências ao longo do processo.

Uma vez obtida a mistura homogênea (Figura 4.a), tem início a redução de pH com gotejamento de ácido nítrico concentrado. Ao longo desta etapa, a suspensão é mantida em agitação vigorosa e é possível observar o início da precipitação quando o pH se reduz abaixo de 12. Na sequência de adição, ocorre a formação de um precipitado que forma uma suspensão pesada, demandando aumento na potência de agitação (Figura 4.b).

Devido ao equilíbrio do produto de solubilidade do hidróxido de magnésio estar em pH abaixo de 10,5 (LIDE, 2007), a adição de ácido nítrico segue até que o pH esteja em 10. A partir deste ponto, o aquecimento é acionado para atingir a temperatura de 80 °C, permanecendo por 2 horas, antes da adição da solução de cátions do sítio octaédrico, preparada com a dissolução dos nitratos de alumínio e de magnésio em água destilada.

Após a adição da solução de cátions do sítio octaédrico, a carga de sólidos aumenta consideravelmente e o valor de pH tende a se reduzir a 9, o qual é corrigido para 10 com adição de solução de hidróxido de sódio. A temperatura do sistema é ajustada para 60 °C e mantida por 4 horas para cristalização final (Figura 4.c). Finalmente, esta suspensão é esfriada ainda sob agitação até temperatura ambiente e depois sedimentada por 24 horas, cobrindo-se o béquer com filme plástico (Figura 4.d).



Figura 4: Imagens do processo de obtenção: a) mistura de silicato e tetrahidróxido de alumínio, b) precipitação do aluminossilicato, c) incorporação dos cátions octaédricos e d) sedimentação final antes da purificação.

3.3 Purificação da Montmorilonita

O procedimento de purificação iniciou preparando a bomba de vácuo acoplada a um sistema trap de segurança (Figura 5.a), o qual é conectado a um frasco kitassato com funil Buchner acoplado (Figura 5.b). A filtração inicial foi feita com duas folhas de papel filtro de 15 dm e no mesmo sistema, foram adicionadas porções de 500 mL de água destilada em ciclos, coletando os filtrados e submetendo-os a medidas de condutividade iônica. A curva obtida para este processo de purificação é apresentada na Figura 6.



Figura 5: Imagem do processo de purificação da montmorilonita; a) bomba á vácuo e sistema de Trap e b) funil de Buchner acoplado ao Kitassato.

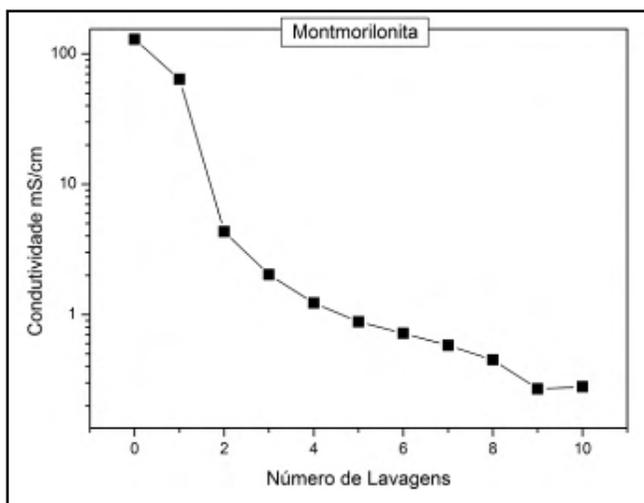


Figura 6: Controle da purificação por condutividade iônica do filtrado.

Observa-se pelo gráfico que foram necessários 9 ciclos de lavagem até que o valor de condutividade iônica atingisse $0,2 \text{ mS cm}^{-1}$. Apesar da água destilada usada no

processo de lavagem apresentar condutividade muito inferior a este valor ($0,01 \text{ mS cm}^{-1}$), o equilíbrio de solubilidade do hidróxido de magnésio e alumínio em pH próximo da neutralidade promovem a lixiviação do precipitado a partir de certo ponto do processo. Por isso, é importante o controle de condutividade iônica, indicando que a condutividade do filtrado não pode mais se reduzida por redução da quantidade de sais residuais no filtrado.

Após a purificação, transferiu-se o precipitado para um recipiente de vidro e levou-se à primeira etapa de secagem em estufa a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas (Figura 7.a). O material seco foi então triturado em almofariz de porcelana (Figura 7.b) e transferido para um béquer de vidro, o qual foi levado a nova secagem a $150 \text{ }^\circ\text{C}$ em forno mufla (Figura 7.c), sendo finalmente triturado em almofariz de porcelana e armazenado para o teste de adsorção (Figura 7.d).



Figura 7: Imagens do processo final: a) secagem a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, b) trituração em almofariz, c) secagem a $150 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas e d) trituração final em almofariz.

3.4 Teste como adsorvente para micropoluentes orgânicos

Para avaliação da capacidade adsorptiva do material, preparou-se uma solução padrão do corante catiônico Azul de Metileno a 10 g L^{-1} . Este corante é um sal solúvel em água (20 g L^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$) e tem absorvidade molar da ordem de $10^5 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, servindo como um bom modelo de micropolvente. O teste de adsorção foi feito em fluxo contínuo, como mostrado na Figura 8. A quantidade de 100 mg de amostra foi inserida uma seringa e uma mangueira de saída de fluxo coleta as alíquotas de 10 mL ao longo do processo.

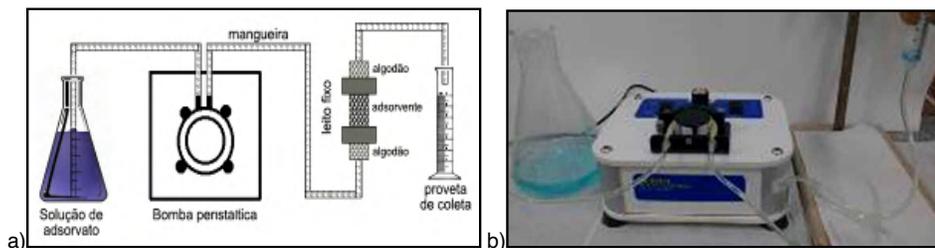


Figura 8: Imagem do sistema utilizado nos teste de adsorção: a) esquema ilustrativo e b) imagem do aparato.

Na Figura 9 são mostradas as soluções coletadas após adsorção. Observa-se que mesmo depois que 50 mL de solução atravessaram o adsorvente, o que significa 5 g de corante por grama de adsorvente, a solução filtrada seguiu incolor, indicando que o material adsorvente de montmorilonita ainda não tinha sido saturado com o adsorvato de azul de metileno.



Figura 9: Imagens dos filtrados do teste de adsorção do adsorvato de azul de metileno a 6 g L^{-1} para 100 mg do adsorvente montmorilonita.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi proposto um procedimento de obtenção de uma amostra de

montmorilonita para aplicação como adsorvente em processo de purificação de água. Foi demonstrado que um adequado estabelecimento do estado da arte permite alcançar inovações tecnológicas sem a necessidade de extenuante prática experimental. A convergência de dados químicos e físico-químicos sobre matéria prima, mecanismos reacionais e outros aspectos experimentais permitiu propor um procedimento de síntese do argilomineral de montmorilonita com bom potencial de adsorção para micropoluentes, tendo como referência estes resultados para o corante catiônico de azul de metileno.

SUPORTE FINANCEIRO E AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT, CNPq, CAPES e FINEP pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa concedidas.

REFERÊNCIAS

ARIGA, K.; VINU, A.; HILL, J. P.; MORI, T. Coordination chemistry and supramolecular chemistry in mesoporous nanospace. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 251, n. 21-24, p. 2562-2591, 2007.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008.

BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G. **Handbook of Clay Science**, Elsevier: Amsterdam, 2006.

BRINDLEY, G. W. Order-Disorder in Clay Mineral Structures, Chapter 2. In: Brindley G.W. and Brown, G. Crystal Structure of Clay Minerals and their X-ray Identification. **Mineralogical Society**, p.125-195, 1984.

BRYKOV, A. S.; DANILOV, V. V.; KORNEEV, V. I.; LARICHKOV, A. V. Effect of Hydrated Sodium Silicates on Cement Paste Hardening. **Russian Journal of Applied Chemistry**, v. 75, n. 10, p. 1577-1579, 2002.

CAO, M.; YU, Y. Synthesis and characterization of montmorillonite inorgano-intercalation compound assisted by microwave irradiation, **Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.**, v. 25, n. 3, p. 444-448, 2010.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review, **Bioresource Technology**, v. 97, p.1061-1085, 2006.

DANA, J. D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: LTC, 642 p. 1986.

EL-SAFETY, S. A.; SHAHAT, A.; AWUAL, M. R. Efficient adsorbents of nanoporous aluminosilicate monoliths for organic dyes from aqueous solution **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 359, p. 9-18, 2011.

ISLAM, M. S.; AHMED, M. K.; RAKNUZZAMAN, M.; HABIBULLAH, A.; MAMUN, M.; ISLAM, M. K. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 282-291, 2015.

ISMAIL, S. **Soil Colloidal Chemistry**. Compiled and Edited by Dr. Syed Ismail, Marthwada Agril. University Parbhani, MS, India, 2018.

LIDE, D. R. **Handbook of Chemistry and Physics**, 87th Edition, ed., Taylor and Francis, Boca Raton, FL, 2007.

LINSSEN, T.; MEES, F.; CASSIERS, K.; COOL, P.; WHITTAKER, A.; VANSANT, E. F. Characterization of the Acidic Properties of Mesoporous Aluminosilicates Synthesized from Leached Saponite with Additional Aluminum Incorporation. **The Journal of Physical Chemistry B**, v. 107, n. 33, p. 8599-8606, 2003.

MARTINS, M. G.; MARTINS, D. O. T. A.; CARVALHO, B. L. C.; MERCANTE, L. A.; SORIANO, S.; ANDRUH, M.; VIEIRA, M. D.; VAZA, M. G. F. Synthesis and characterization of montmorillonite clay intercalated with molecular magnetic compounds. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 228, p. 99-104, 2015.

MONTEIRO, M. I. C.; FRAGA, I. C. S.; YALLOUZ, A. V.; OLIVEIRA, N. M. M.; RIBEIRO, S. H. Determination of total chromium traces in tannery effluents by electrothermal atomic absorption spectrometry, flame atomic absorption spectrometry and UV-visible spectrophotometric methods. **Talanta**, v.58, p. 629-633, 2002.

ROBINSON, T.; MCMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 247-255, 2001.

SCHULZ-EKLOFF, G.; WHRLE, D.; VAN DUFFEL, B; SCHOONHEYDT, R. A. Chromophores and porous silicas and minerals: preparation and optical properties. **Microporous Mesoporous Materials**, v. 51, p. 91-138, 2002.

SHAO, Z.; LUO, F.; CHENG, X.; ZHANG, Y. Superhydrophobic sodium silicate based silica aerogel prepared by ambient pressure drying. **Materials Chemistry and Physics**, v. 141, p. 570-575, 2013.

WANG, S.; LI, H. Structure directed reversible adsorption of organic dye on mesoporous silica in aqueous solution. **Microporous Mesoporous Materials**, v. 97, n.1-3, p. 21-26, 2006.

ZHANG, C. **Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis**. 456p. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA. 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 84, 85, 86, 93, 94, 95, 98, 99, 151
Adsorvente 84, 94, 95
Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 15
Agência Nacional de Mineração - ANM 145, 153
Aguas residuales 25
Águas superficiais 98
Ambiente aquático 98
Análise qualitativa 50
Análise quantitativa 1
Antioxidante 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
Argilominerais sintéticos 84

B

Biocombustíveis 108, 116
Biomassa 81, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 118

C

Câncer 15, 54
Catalisador 42, 99, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127
Combustíveis fósseis 120, 121
Compostos tóxicos 98
Comprimido 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Contaminantes ambientais 13
Corantes 17, 97, 98
Corrosion 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
Cromatografia gasosa 41, 42, 46, 47, 112, 116

D

Degradação térmica 109
Desenvolvimento sustentável 144
Destilação 40, 41
Doseamento 1, 6

E

Ecosistemas aquáticos 79

Efeito estufa 121

Efluentes industriais 98

Electrochemical Impedance Spectroscopy -EIS 130

Eletrodo 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24

Espectrofotometria 25, 26

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FT IR 109

Essential oils 48, 156, 157

Etanol 43, 50, 52, 120, 121, 126, 127, 184

Eutrofização 79

F

Farmacocinéticos 2

Fármacos 12, 98, 106

Fertilizantes 76, 77, 81, 98

Fitoquímica 50, 52, 53, 54, 55

Flora 51, 150

Fósforo 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Fotocolorímetro 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

G

Green diesel 108, 116

H

Hidroalogenação 40, 42, 43

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 13, 14, 15, 23

High Performance Liquid Chromatography - HPLC 60, 66, 69, 73, 74

I

Impacto ambiental 16, 144, 153

L

Lantanídeos 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 176, 180, 181, 183, 184, 185

Legislação ambiental 98

M

Material particulado em suspensão 145

Medicamentos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10
Meio ambiente 13, 14, 23, 81, 98, 107, 120, 121, 146, 148, 152, 153
Metais pesados 84
Metais traços 98
Metal Organic Frameworks - MOF's 58
Métodos eletroanalíticos 14
Micro-organismos 152
Mineração 78, 144, 145, 153

N

Nanoparticles - NP 156, 157, 158, 159, 186
Normas Reguladoras de Mineração - NRM 145, 153

P

Partículas totais em suspensão - PTS 145
Pirólise 15, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118
Planejamento fatorial 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49
Plantas medicinais 51, 56, 57
Poluentes orgânicos 84, 98
Poluição atmosférica 145
Potencial carcinogênico 14

R

Reação de Fenton 97, 99, 101
Recursos hídricos 81, 98

S

Solução tampão 14, 18
Supressores químicos 144, 145, 146, 153
Sustentabilidade 76, 82, 107, 149

T

Taninos 50, 52, 53, 54, 56
Terpeno 40, 42
Toxicidade 5, 15, 16, 56, 184
Troca iônica 84, 85, 147

V

Voltametria 14, 16, 24

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2

 **Atena**
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2