



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2021

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

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.



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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
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. 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 Salvador
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 Federacl 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 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 Miraniide 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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

A geração de novos conhecimentos na química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 A geração de novos conhecimentos na química 2 /
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-170-8

DOI 10.22533/at.ed.708212206

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca
(Organizadora). II. Título.

CDD 540

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.

APRESENTAÇÃO

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)

Natasha Alves Rocha
Valdiléia Teixeira Uchôa
Camila Alves Rocha
Maria Karina da Silva
Maciel Lima Barbosa
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Luis Fernando Guimarães Noletto
Penina Sousa Mourão
Francisco Henrique Pereira Lopes
Camila da Silva Ibiapina
Aline Estefany Brandão Lima
Marta Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.7082122061

CAPÍTULO 2..... 14

APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva
Lhaira Souza Barreto
Mirian Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Franco Dani Rico Amado
Vera Rosa Capelossi

DOI 10.22533/at.ed.7082122062

CAPÍTULO 3..... 26

AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA

Izabella Fernanda Ferreira Domingues
Camila Santos Dourado
Jez Willian Batista Braga
Ana Cristi Basile Dias

DOI 10.22533/at.ed.7082122063

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER

Syme Regina Souza Queiroz
José Maria Braga Pinto
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa
Nilton Cesar Almeida Queiroz
Emerson Rodrigues Bastos Junior
Vera Lúcia Dias da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7082122064

CAPÍTULO 5	45
AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO	
Diene de Barros Ferreira	
Felipe Staciaki da Luz	
Gideã Taques Tractz	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Letícia Fernanda Gonçalves Larsson	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Everson do Prado Banczek	
DOI 10.22533/at.ed.7082122065	
CAPÍTULO 6	55
CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM Sr(OH)₂-SrCO₃@CoFe₂O₄	
Pelry da Silva Costa	
Jussara Moraes da Silva	
Itaciara Erliny Maria da Silva Melo	
Carla Verônica Rodarte de Moura	
Edmilson Miranda de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.7082122066	
CAPÍTULO 7	69
DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY	
Jonatas Schadeck Carvalho	
Sueli Pércio Quináia	
DOI 10.22533/at.ed.7082122067	
CAPÍTULO 8	81
DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA	
Taís Port Hartz	
DOI 10.22533/at.ed.7082122068	
CAPÍTULO 9	85
DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA	
Francisco Raimundo da Silva	
Weverton Campos Nozela	
Diógenes dos Santos Dias	
Clóvis Augusto Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7082122069	
CAPÍTULO 10	96
DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA	
Nayra Micaeli dos Santos Sousa	

Patrícia e Silva Alves
Paulo Sousa Lima Junior
Joaquim Soares da Costa Junior
Christian Rilza Silva de Melo
Nerilson Marques Lima
Antônia Maria das Graças Lopes Citó
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

DOI 10.22533/at.ed.70821220610

CAPÍTULO 11..... 104

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)

Sandra Kelle Souza Macêdo
Emanuela Chiara Valença Pereira
Isabela Araújo e Amariz
David Fernandes Lima
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida
Larissa Araújo Rolim
Xirley Pereira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.70821220611

CAPÍTULO 12..... 130

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO CoFe_2O_4

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220612

CAPÍTULO 13..... 142

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA

Suyanne Teske Pires
Rodrigo Geremias

DOI 10.22533/at.ed.70821220613

CAPÍTULO 14..... 150

FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Renata Paula Herrera Brandelero
Evandro Martim Brandelero
Guilherme Landim Santos

DOI 10.22533/at.ed.70821220614

CAPÍTULO 15..... 161

FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS

Mariana de Rezende Bonesio
Francisco Guilherme Esteves Nogueira
Daiana Teixeira Mancini
Teodorico de Castro Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.70821220615

CAPÍTULO 16..... 163

RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER Ag_3PO_4 /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDS LIGHT

Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Marta Silva de Oliveira
Maria Karina da Silva
Camila da Silva Ibiapina
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
João Ferreira da Cruz Filho
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Maria Joseíta dos Santos Costa
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.70821220616

CAPÍTULO 17..... 183

LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS

Edson Ferreira da Silva
Milena Bandeira de Melo
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes
Sonia Salgueiro Machado
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

DOI 10.22533/at.ed.70821220617

CAPÍTULO 18..... 195

NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220618

CAPÍTULO 19.....207

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ($\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Alexandre Zirpoli Simões
Glenda Biasotto
Maria Aparecida Zaghete
Elson Longo
Leinig Antonio Perazolli

DOI 10.22533/at.ed.70821220619

CAPÍTULO 20.....220

PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION

Aline Geice Silva de Oliveira
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos
Peter George Weidler
Wander Luiz Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.70821220620

CAPÍTULO 21.....231

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA

Lais Angelice de Camargo
Monica Cristina Ferro Martins
José Manoel Marconcini
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

DOI 10.22533/at.ed.70821220621

CAPÍTULO 22.....237

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA

João Otávio Donizette Malafatti
Thamara Machado de Oliveira Ruellas
Letícia Ferreira Lacerda Schildt
Marcelo Ávila Domingues
Bruna Santostaso Marinho
Mariana Rodrigues Meirelles
Elaine Cristina Paris

DOI 10.22533/at.ed.70821220622

CAPÍTULO 23.....250

QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRAFICAS

Anna Maria Deobald
Maísa Silveira
Aline Machado Zancanaro

DOI 10.22533/at.ed.70821220623

CAPÍTULO 24.....263

REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO

Carlos Taryk Bessa da Silva
Juliana Moreira Barreto
Paula Marcelly Alves Machado
Elizabeth Roditi Lachter

DOI 10.22533/at.ed.70821220624

CAPÍTULO 25.....274

SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2

Micael Davi Lima de Oliveira
Kelson Mota Teixeira de Oliveira
Jonathas Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220625

CAPÍTULO 26.....296

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO

Thais Castro Silva
Alessandra Stevanato
Adriana Pereira Duarte
Cláudio Rodrigo Nogueira
Janksyn Bertozzi
Valéria da Silva Cavania
Cristiana da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220626

CAPÍTULO 27.....309

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de Fe_3O_4/SiO_2 E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO

Vanessa Cezar Ribas
Jacqueline Arguello da Silva
Thágor Moreira Klein
Larissa Leffa Fernandes
Vladimir Lavayen

DOI 10.22533/at.ed.70821220627

CAPÍTULO 28.....320

TUNGSTATO DE MAGNÉSIO ($MgWO_4$): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE

Vitória Eduardo Mendes Vieira
Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Marta Silva de Oliveira
Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Maria Karina da Silva
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Maria Josefa dos Santos Costa
Amanda Carolina Soares Jucá
Yáscara Lopes de Oliveira
Laécio Santos Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.70821220628

SOBRE A ORGANIZADORA.....	334
ÍNDICE REMISSIVO.....	335

FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Data de aceite: 01/06/2021

Renata Paula Herrera Brandelero

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Dois Vizinhos – PR
<http://lattes.cnpq.br/8224810447671282>

Evandro Martim Brandelero

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Dois Vizinhos – PR
<http://lattes.cnpq.br/6782539987829841>

Guilherme Landim Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Dois Vizinhos – PR
<http://lattes.cnpq.br/96189011144860>

RESUMO: Filmes de quitosana e amido apresentam alta hidrofiliçidade, a adição de fibras deve auxiliar na redução da afinidade destes filmes por água. O objetivo foi obter as isotermas, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água (PVA) de filmes de amido/quitosana adicionados de fibras naturais e cristais de celulose obtidas da palha residual da colheita de trigo ou sorgo. Os filmes foram adicionados 7% de fibra ou nanocelulose, sendo produzidos pela mistura de 66% de amido e 34% de quitosana. Os valores de monocamada (m_0) para filmes adicionados de fibras variaram de 0,108 a 0,050 g água/g de filme, enquanto filmes sem fibra apresentaram valor de m_0 de 0,27 g água/g de filme. A solubilidade também foi menor em filmes com fibras naturais que apresentaram 5,68% de

solubilidade em comparação com filmes sem fibra que apresentaram 30,62%. A solubilidade reduziu em duas vezes nos filmes com nanocelulose. A PVA reduziu, significativamente de 2,31 para $0,98 \times 10^{-12}$ g água/ Pa.m.s com adição de cristais de celulose da palha do trigo e para $1,25 \times 10^{-12}$ g água/Pa.m.s nos filmes com fibra de sorgo. Os resultados mostraram que a adição de fibras ou nanocelulose resultou em filmes menos hidrofílicos.

PALAVRAS - CHAVE: filmes finos, resíduo agrícola, polímeros naturais.

ABSTRACT: Films the of chitosan and starch present great hydrophilicity, the addition of the fibers can decrease the affinity these films by water vapor. The aim this work was to obtain the isotherms, solubility, and water vapor permeability (WVP) of the starch/chitosan films added of natural fibers and crystals of nanocellulose obtained of the residual straw of the harvest of wheat or sorghum. The films were added 7% of fiber or nanocellulose, being produced by the mixture of 66% of starch and 34% of chitosan. The monolayer values for films added with nanocellulose or fiber varied from 0,108 to 0,050 g water/g films, while films without fiber presented value of monolayer of 0,27 g water/ g films. Films with natural fibers and nanocellulose was less soluble that without addition of the fiber, the solubility decrease of 30,62% to 5,15% in films with sorghum natural fiber. The WVP reduced, significantly, of 2,31 for $0,98 \times 10^{-12}$ g water/Pa.m.s. with addition from nanocellulose obtained of the straw of the wheat and to $1,25 \times 10^{-12}$ g water/Pa.m.s in the films with natural

fiber of sorghum. The result show that he addition of the natural fibers or nanocellulose result in films less hydrophilic.

KEYWORDS: fines films, agricultural residue, natural polymers.

1 | INTRODUÇÃO

Resíduos de filmes plásticos não biodegradáveis tem contribuído para aumentar a contaminação ambiental pelo acúmulo de deste em aterros e nos ambientes aquáticos como rios e mares. Filmes biodegradáveis podem ser metabolizados pelos microrganismos do ambiente em CO₂ e água, reduzindo a contaminação ambiental. Os polímeros naturais como o amido perfazem um ciclo ecologicamente correto e sustentável, pois o CO₂ liberado no processo de biodegradação é utilizado pelas plantas para produzir o próprio polímero, a presença de alta quantidade de amido (pelo menos 50%) na formulação dos filmes pode resultar em materiais ecológicos e sustentáveis. (MA et al. 2017)

O amido é um polímero biodegradável, abundante e relativamente de baixo custo, sendo que por técnicas de extrusão e casting resulta em filmes muito semelhantes aos filmes plásticos. Os filmes de amido apresentam solubilidade elevada 30% em 24 horas de contato com a água e apresenta alta higroscopicidade a partir de 75% de umidade relativa no ambiente, absorvendo água através de interações do tipo ligações de hidrogênio que ocorre entre água e hidroxila do amido. A água adsorvida pode atuar como um plastificante, ocasionando prejuízos nas propriedades mecânicas dos filmes e nas propriedades de barreira ao vapor de água, limitando a aplicabilidade de filmes de amido (BRANDELERO, 2016; SUEIRO et al., 2016).

A quitosana é o segundo polímero mais abundante, ficando atrás apenas da celulose. Este polímero é obtido da quitina que está presente no exoesqueleto de insetos e de crustáceos, sendo industrialmente um resíduo da pesca. A quitosana é extraída através da desacetilação dos grupos acetaminas da quitina, resultando na formação de grupos aminos que em meio ácido são protonados. A presença de carga positiva nestes grupos gera uma repulsão entre as cadeias poliméricas, facilitando à incorporação da água em meio ácido e a associação desta com os grupos hidroxilas da quitosana. A maior solubilidade da quitosana em comparação com a quitina possibilitou a aplicação deste polímero na área farmacêutica, na agricultura, na indústria de alimentos e na confecção de biomateriais. (LARANJEIRA e FÁVERE, 2009).

A quitosana em água comporta-se como um hidrogel, absorvendo água sem solubilizar-se, assim filmes de quitosana/amido são menos solúveis e menos hidrofílicos, devido a associação entre os grupos hidroxilas dos dois polímeros, porém o efeito é dependente da quantidade. Filmes de amido e quitosana são amplamente estudados na área de alimentos, devido ao efeito da quitosana na proliferação de microrganismo patogênicos, além de melhorar as propriedades mecânicas dos filmes de amido, reduzir a

pegajosidade em condições de alta humidade, conferindo resistência térmica, opacidade e melhorando a processabilidade em processos de extrusão. No entanto, estes filmes são ainda muitos hidrofílicos o que limita as aplicações em muitas áreas, como em alimentos, limitada pela absorção de água em condições de alta umidade (REN et al. 2017, DANG e YOKSAN, 2016).

A solubilidade de filmes poliméricos pode ser reduzida pela incorporação de fibras lignocelulósicas em materiais poliméricos, uma vez que as fibras são materiais hidrofílicos, praticamente insolúvel em água. As fibras podem melhorar as propriedades mecânicas dos filmes atuando como um reforço nas propriedades mecânicas. O emprego das fibras lignocelulósicas em materiais tem sido objeto de muitos estudos uma vez que estes materiais são abundantes e podem ser obtidos por diferentes resíduos industriais. As fibras vegetais são compostas de celulose, hemicelulose e lignina, além disso podemos encontrar substâncias como resinas, saponinas, polifenóis entre outras (MARÍA et al. 2011).

Um dos problemas de utilizar as fibras naturais é a fraca interação com a matriz polimérica. Processos químicos e físicos podem ser utilizados para separar a celulose dos demais componentes das fibras. Assim podemos separar a celulose por via química adicionando as fibras naturais em soluções alcalinas, este processo é conhecido na indústria como mercerização. Neste processo a celulose é separada da lignina e da hemicelulose, além do hidróxido de sódio promover a ionização dos grupos OH para alcóxidos, a presença destes grupos químicos aumenta o contato da fibra na matriz dos filmes e a associação com a matriz polimérica (BELTRAMI et al. 2014).

A hidrólise ácida das fibras ocorre com a adição de ácido sulfúrico às fibras, grupos sulfatos são carregados negativamente e introduzidos nas mesmas, aumentando a repulsão entre as cadeias poliméricas. O ácido promove a desestruturação das regiões amorfas das fibras. As regiões cristalinas não são afetadas pelo ácido e aumentam ao longo das mesmas. A fibra resultante tem alta cristalinidade, e apresentam de 2-20 nm de diâmetro com comprimentos de 500-600 nm, chegando até a 1µm, sendo chamados de nanofibras, nanowhiskers, nanorods ou cristais de celulose. A adição de cristais de celulose em filmes pode melhorar as propriedades mecânicas e a barreira à permeabilidade ao vapor de água, no entanto, existe uma grande atração superficial entre os cristais, ocasionando a formação de agregados, neste caso não resultando nos efeitos esperados quando adicionados aos materiais (MARÍA et al, 2011).

A solubilidade dos filmes é uma propriedade importante uma vez que estes são hidrofílicos, a redução da água de sorção dos filmes em diferentes condições de umidade pela adição de fibras pode indicar uma maior associação entre as fibras e os polímeros, pois indicam que grupos hidroxilas do amido estão associados por ligações de hidrogénios aos grupos químicos da celulose. Entretanto a solubilidade dos filmes também pode ser influenciada pela presença das fibras, pois a solubilidade aumenta quando a água entra em contato com as cadeias poliméricas, assim quanto mais afastadas as cadeias o contato

com a água melhora, sendo os filmes mais solúveis.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a hidrofiliabilidade de filmes de amido/quitosana quando adicionados de fibras naturais obtidas da palha de trigo e sorgo e fibras após hidrólise ácida (cristais de nanocelulose) das fibras, estabelecendo as isotermas de sorção e a solubilidade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O amido utilizado foi amido de mandioca (Pinduca, Paraná) contendo 21% de amilose. A quitosana de peso molar médio, 75-85% de desacetilação foi obtida da Sigma-Aldrich (USA). O glicerol com 98% de pureza obtido da empresa Alphatec (Brasil). O hidróxido de sódio com 98% de pureza foi obtido da marca Synth (Brasil). O ácido sulfúrico 98% de pureza marca Synth (Brasil). As fibras naturais foram obtidas da palha residual produzida durante a colheita de grãos de trigo ou sorgo.

2.2 Métodos

2.2.1 *Preparo das fibras naturais e obtenção dos cristais de celulose*

As fibras naturais foram secas em estufa a 40°C por 24 horas, após foram moídas em moinho elétrico, tipo *willey* utilizando a peneira de 250 mesh. O material triturado foi submetido ao processo de mercerização, utilizando uma solução de NaOH 40% na proporção de 50 g de fibra para 500 mL de solução, sendo a solução aquecida à 50°C por 30 minutos. Após aquecimento a solução foi filtrada, o filtrado foi lavado com água até que o pH das fibras abaixasse para 7,0. Após as fibras foram lavadas novamente e encaminhadas para secagem em estufa a 65° C por 2 dias. Os cristais de nanocelulose foram obtidos pesando 10g de fibra mercerizada e submetendo-a a hidrólise ácida, utilizando 90 mL ácido sulfúrico e aquecendo a solução à 50° C por 30 minutos. Após a solução foi esfriada e decantada, retirou o excesso de sobrenadante por filtração, utilizando papel de filtro para soluções coloidais. Acrescentou solução de hipoclorito 2% por 5 minutos até à fervura. O processo de adição de água, decantação foi repetido por várias vezes até que o pH da solução de fibra foi igual a 3,0. A solução foi encaminhada à estufa à 65° C por 2 dias para secagem das fibras. Na Figura 1 está apresentada a aparência geral das fibras naturais, e dos cristais de celulose obtidos após a hidrólise das fibras.

2.2.2 *Obtenção dos filmes de amido/quitosana adicionados de fibras*

Os filmes de amido/quitosana foram elaborados na proporção de 66% de amido para 34% de quitosana, sendo os filmes adicionados de 7% sobre a massa total de polímero de fibras naturais (FLC) ou cristais de nanocelulose (FNC), o glicerol foi adicionado nos filmes

na proporção de 20% sobre a massa dos polímeros. A solução de amido foi gelatinizada sob agitação à 75° C por 10 minutos. Após a gelatinização do amido a solução de quitosana foi adicionada para obter uma mistura homogênea. As fibras foram adicionadas neste momento. Os filmes sem adição de fibras serviram de controle (FSF), sendo comparados aos filmes com fibras naturais de sorgo (FLCS) ou trigo (FLCT), e aos filmes adicionados de nanocelulose de sorgo (FNCS) ou trigo (FNCT). A solução filmogênica foi depositada sobre placas de periglass de 25x54 cm que foram secas em estufa a 50°C por cerca de 24 horas.

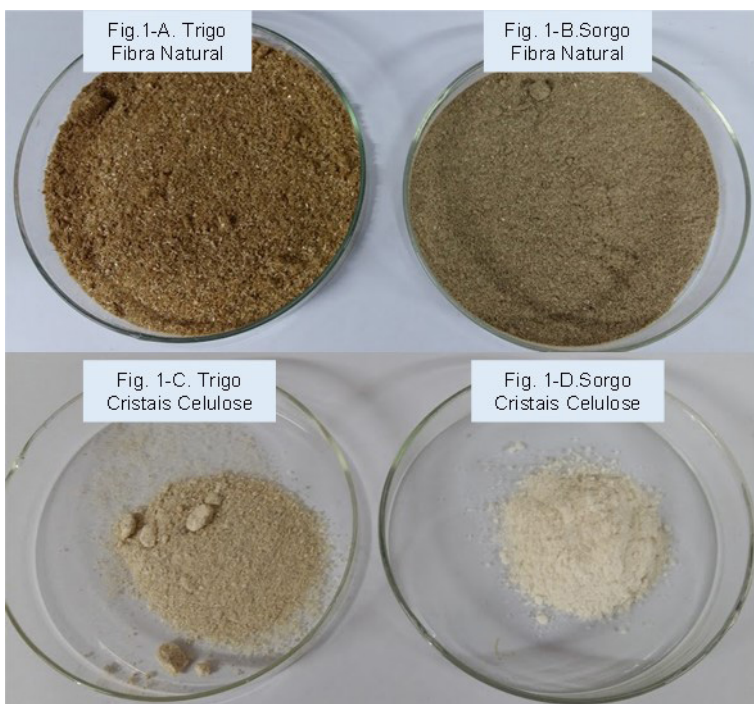


Figura 1. Aspecto geral das fibras naturais (Fig. 1-A trigo e Fig. 1-B, sorgo) e dos cristais de nanocelulose (Fig. 1-C trigo e Fig. 1-D- sorgo) obtidas da palha residual da colheita do trigo ou sorgo.

2.2.3 Determinação das Isotermas de Sorção

As isotermas de sorção dos filmes foram determinadas em diferentes umidades relativas (11,8%, 32,8%, 43,2%, 52,9%, 64,5 e 90%) a 25°C. Corpos de provas (20 mm x 20 mm) foram condicionados por 30 dias em cloreto de cálcio. Posteriormente foram colocados em recipientes fechados contendo soluções salinas saturadas para obter a URE desejada. Os filmes foram pesados em intervalos regulares até obter três pesagens consecutivas iguais (condição de equilíbrio). A umidade absoluta (em base seca) foi determinada pelo método em estufa (105°C, 4 horas). Todos os testes foram conduzidos em triplicata. As

isotermas foram modeladas a partir dos valores de umidades obtidos em 11,8% de UR utilizando o modelo de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) conforme equação A. O programa Statistica 6.0 foi utilizado para realizar a modelagem. Os parâmetros convergiram pelo método de Quasi-Newton.

$$X_w = \frac{C.k.m_o.a_w}{[(1 - k.a_w)(1 - k.a_w + C.k.a_w)]} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: **C** (calor de sorção da monocamada), **k** (calor de sorção da multicamada) e **m_o** (monocamada dada em g água/g sólidos) são os parâmetros do modelo, **X_w** é a umidade em base seca (g água/g sólidos) e **a_w** é a UR/100.

2.2.4 Determinação da solubilidade dos filmes

A solubilidade dos filmes foi determinada em triplicata, para cada tratamento foram obtidos corpos de provas de 20 mm x 20 mm. Os corpos de provas foram secos em estufa a 105° C por 6 horas. Após cada corpo de prova foi pesado em balança analítica para determinar a massa seca inicial (P₁). Os corpos de provas foram colocados em erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada (pH 7,2). O erlenmeyer foram colocados em BOD a 25° C sem agitação por 24 horas. Após as soluções de cada erlenmeyer foram filtradas em papel de filtro. A massa não solúvel foi seca em estufa da 105° C por 6 horas. As amostras foram pesadas em balança analítica para determinar a massa não solubilizada (P₂). A solubilidade foi determinada em gramas solúvel por 100 g do filme pela equação B.

$$\%S = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 10 \quad (\text{Eq. 2})$$

2.2.5 Determinação da Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

Na determinação da permeabilidade dos filmes foi utilizado o método gravimétrico adaptado da normativa E 96-95 da ASTM (ASTM, 1995). A PVA foi determinada mantendo o gradiente de umidade relativa (UR) próxima a 30% porém, optou-se por variar os valores absolutos das UR. Os intervalos de UR utilizados foram iguais a (2% - 32,8%), (32,8% - 64,5%) e (64,5 - 90%). Os corpos de prova foram condicionados a 64,5% UR a 25°C por 48 horas e colocados em cápsulas parcialmente preenchidas com CaCl₂ (2% UR), soluções saturadas de cloreto de magnésio (32,8%) e nitrato de sódio (NaNO₂) (64,5%). Os corpos de prova foram fixados na abertura circular da cápsula e seladas com graxa de silicone. As cápsulas foram acondicionadas em dessecador nas condições de UR de 32,8%, 64,5% e 90% a 25°C. A pesagem das cápsulas foi realizada em intervalos de 12 horas por 5 dias consecutivos. A permeabilidade ao vapor de água foi calculada em g.m⁻¹.dia⁻¹.Pa⁻¹ utilizando a equação 6.2. A determinação da permeabilidade foi realizada em duplicata.

$$PVA = \frac{TPVA \cdot \delta}{A \cdot P_s \cdot \left(\frac{UR_1 - UR_2}{100} \right)} \quad (6.2)$$

Onde: TPVA é a taxa de permeabilidade ao vapor de água (g água/dia), δ é a espessura média dos filmes (m), A é a área de permeação da cápsula ($28,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$), P_s é a pressão de saturação do vapor de água a 25°C (163.678,8 Pa) e a UR é a umidade relativa no interior do dessecador (sub-índice 1) e no interior da cápsula (sub-índice 2).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Isotermas de sorção

As isotermas dos filmes foram elaborados e estão apresentadas na Figura 2. Observa-se que as isotermas foram muito similares às obtidas para materiais com alto teor de carboidratos, apresentando curvatura sigmoide e aumento da água de sorção a partir de 75% de umidade relativa. Resultados similares foram obtidos por outros autores (LECETA et al. 2014, MULLER et al. 2009). Os filmes adicionados de fibra lignocelulósica (FLC) ou nanocelulose (FNC) apresentaram menor água de sorção em todas as condições de umidade, com exceção dos filmes com fibras naturais de sorgo (FLCS) que absorveu mais água quando a umidade foi maior ou igual a 80%.

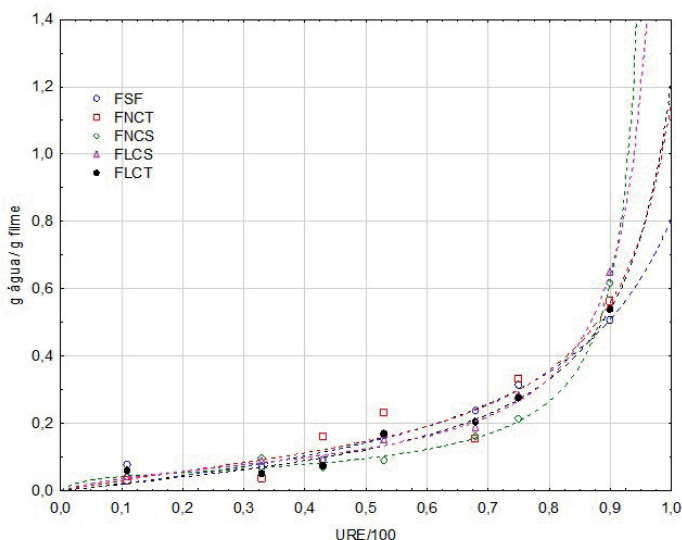


Figura 2. Isotermas dos filmes de amido/quitosana sem adição de fibras (FSF), com adição de fibras naturais lignocelulósicas (FLCS de fonte sorgo e FLCT de fonte trigo) e adição de cristais de celulose (FNCS de fonte de sorgo e FNCT de fonte de trigo).

Os parâmetros do modelo de GAB foram determinados e estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que a adição de fibras reduziu a água de sorção na monocamada dos filmes quando comparamos os valores de m_0 (monocamada) de filmes sem fibras (FSF) (Tabela 1). Outros autores encontraram resultados semelhantes (LENHANI et al. 2021, MULLER et al. 2009).

A redução dos valores de monocamada indica que a presença das fibras FLC e FNC criam regiões de menor afinidade pela água na matriz dos filmes, devido as associações entre grupos hidroxilas dos polímeros com os presentes na fibra contribuindo para reduzir a disponibilidade dos sítios de ligação da água. Muller verificou que em filmes de amido os valores de monocamada diminuíram pela adição de fibras, sendo que a maior redução foi de 0,094 para 0,058 g água/g filme quando os filmes foram adicionados de 50% de fibras lignocelulósicas

Filme	M_0 (monocamada) (g água/ g de filme)	C (calor de sorção)	k (constante de sorção nas multicamadas)	Coefficiente de Regressão (R)
FSF	0,270	1,06	0,76	0,92
FLCS	0,078	5,07	0,98	0,98
FLCT	0,117	1,74	0,90	0,90
FNCS	0,050	25,28	1,01	0,98
FNCT	0,108	3,45	0,9	0,90

Tabela 1. Parâmetros do Modelo de GAB determinados para filmes de amido e quitosana sem adição de fibras (FSF), para filmes adicionados de fibras naturais (FLCS de fonte de sorgo ou FLCT de fonte de trigo) e para filmes adicionados de nanocelulose (FNCS de fonte de sorgo e FNCT de fonte de trigo)

Os filmes que receberam os cristais de celulose (FNC) apresentaram valores de m_0 menores que os filmes que receberam fibras naturais lignocelulósicas (FLC), sendo que o valor de m_0 reduziu de 0,270 para 0,050 quando filmes de amido/quitosana foram adicionados de cristais de celulose obtidos da palha de sorgo.

A presença de celulose cristalina reduziu a absorção da água na matriz do filme sendo mais eficiente que a fibra natural, provavelmente, devido sua maior cristalinidade, conforme Batenburg e Kroon (1997) a hidrólise alcalina pode resultar na formação de celulose do tipo II que além de ser mais cristalina apresenta ligações de hidrogênio intracadeia, resultando em menor hidrofiliidade que a celulose tipo I, com ligações de hidrogênio projetadas para o espaço além das cadeias poliméricas, a cristalinidade deste materiais também podem contribuir para reduzir a ligação da água, segundo Nascimento et al., (2016) as fibras ficam mais cristalinas após tratamento com bases e ácidos, isso se deve a remoção da lignina e da hemicelulose que são responsáveis pela estrutura amorfa da fibra.

3.2 Solubilidade e PVA dos filmes

Os valores de solubilidade foram determinados para os filmes sem fibras e para filmes adicionados de fibras naturais (Tabela 2). Observa-se que a solubilidade reduziu pronunciadamente nos filmes com fibras, principalmente nos filmes com fibras naturais. Comportamento similar foi determinado por Khan et al. (2012) para filmes de quitosana adicionados de fibras, conforme os autores as fibras são materiais mais cristalinos e menos hidrofílicos que a quitosana, desta forma as fibras atuariam como uma barreira a passagem de água.

Filme	PVA ($\times 10^{-12}$) (g/smPa)	Solubilidade (g de sólidos solúveis/100 g de filme)	Densidade ($\times 10^3$ kg/m ³)	Espessura (mm)
FSF	2,31 ^a	30,62 ^a	2,06 ^a	0,077 ^c
FLCT	2,96 ^a	5,78 ^c	0,69 ^b	0,160 ^b
FLCS	1,25 ^b	5,15 ^c	1,85 ^a	0,067 ^c
FNCT	0,98 ^b	18,83 ^b	0,52 ^b	0,303 ^{ab}
FNCS	2,35 ^a	16,04 ^b	0,63 ^b	0,210 ^b

Tabela 2. Valores de solubilidade em água dos filmes de amido/quitosana sem adição de fibras (FSF), para filmes adicionados de fibras naturais (FLCT e FLCS) e filmes adicionados de cristais de celulose (FNCS e FNCT).

No presente trabalho filmes com fibras naturais apresentaram menor solubilidade que os filmes com nanocelulose, o que pode estar relacionado à presença de lignina nas fibras naturais que devido a hidrofobicidade causa repulsão nas moléculas de água, diminuindo a solubilidade. Os nanocelulose também diminuíram o valor de solubilidade uma vez que a celulose não é solúvel em água, formando regiões com menor afinidade pela água.

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) diferenciou estatisticamente para filmes adicionados de cristais de celulose obtidos da palha de trigo e fibras naturais de sorgo. A PVA é influenciada por processos difusivos e pelo coeficiente de solubilidade do vapor de água, o fato é que filmes menos espessos podem apresentar menor vapor de água solubilizado na matriz dos filmes e menor PVA, assim a PVA dos filmes FLCS pode ser um resultado desta propriedade. Já os filmes FNCT diferiram dos demais pela espessura e densidade, sendo que resultaram em filmes com a menor densidade e com a maior espessura, assim o equilíbrio dos processos difusivos e da solubilidade resultou no menor valor para a PVA. Outros autores observaram que a PVA diminuiu com a adição de fibras uma vez que há a diminuição da densidade dos filmes (MULLER et al., 2009).

4 | CONCLUSÃO

A adição de fibras ou nanocelulose reduziu a hidrofiliçidade dos filmes de amido/ quitosana, uma vez que houve redução na água de sorção, na solubilidade e na permeabilidade ao vapor de água. As fibras naturais exerceram maior efeito sobre a solubilidade dos filmes do que nanocelulose, possivelmente, devido a presença de lignina que pode ter exercido efeito de barreira a água. A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi influenciada pela densidade dos filmes uma vez que as fibras alteraram estes parâmetros, filmes menos densos foram menos permeáveis. Os filmes adicionados de nanocelulose de trigo foram os menos permeáveis e os menos densos, já filmes adicionados de nanocelulose da palha de sorgo resultaram em menor valor de monocamada. A adição de fibra ou nanocelulose reduziu a hidrofiliçidade de filmes elaborados com polímeros de amido e quitosana, sendo o efeito dependente da origem da fibra.

REFERÊNCIAS

BATENBURG-KROON, L. M. J.; KROON, J. **The crystal and molecular structures of cellulose I and cellulose II.** *Glycoconjugate Journal*, 14, 677-690, 1997.

BELTRAMI, L. V. R.; SCIENZA, L. C.; ZATTERA, A. J. **Efeito do tratamento alcalino de fibras de curauá sobre as propriedades de compósitos de matriz biodegradável.** *Polímeros*. 24, 3, p.388-394, 2014.

BRANDELERO, R. P. H., YAMASHITA, F., ZANELA J. E. M. BRANDELERO; CAETANO J. C. **Mixture design applied to evaluating the effects of polyvinyl alcohol (PVOH) and alginate on the properties of starch-based films.** *Starch*, 2015, 67, 191.

DANG, K. M.; YOKSAN, R. **Development of thermoplastic starch blown film by incorporating plasticized chitosan.** *Carbohydrate Polymers*, Barking, v. 115, p. 575–81, Jan. 2014.

KHAN, A.; KHAN, R. A.; SALMIERI, S.; TIEN, C. LE; RIEDI, B.; BOUCHARD, J.; CHAUVE, G.; TAN, V.; KAMAL, M. R./ LACROIX, M. **Mechanical and barrier properties of nanocrystalline cellulose reinforced chitosan based nanocomposite films.** *Carbohydrate Polymers*, 90, 1601-1608p. 2012.

LARANJEIRA, M. C. M., FÁVERE, V. T DE. **Quitosana: biopolímero funcional com potencial industrial biomédico.** *Química Nova*, 32, 3, 672-678p., 2009.

LECETA; P. ARANA; P. GUERRERO, K. DE LA CABA. **Structure–moisture sorption relation in chitosan thin film.** *Materials Letters*, 2014, 128, 125

LENHANI, G.C., DOS SANTOS, D.F., KOESTER, D.L.et al. **Application of Corn Fibers from Harvest Residues in Biocomposite Films.** *Jour. Polym Environ*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02078-6>

MA, X.; CHENG, Y.; QIN, X.; G. T.; DENG, J.; LIU, X. **Hydrophilicity modification nanocellulose nanocrystals improves the physicochemical properties of cassava starch-based nanocomposite films.** *Food Science and Technology*, 86, 318-326, 2017.

MULLER, CARMEM M. O.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. **Effect of cellulose fibers addition on mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films.** Food Hydrocolloids, 23, 1328-1333p. 2009.

NASCIMENTO, P. MARIM, R.; CARVALHO, G., MALI, S. **Nanocellulose Produced from Rice Hulls and its Effect on the Properties of Biodegradable Starch Films.**Mat. Res. 2016, vol.19, n.1, pp.167-174.

REN, L. YAN, X.; ZHOU, J.; TONG, J.; SU, X. **Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films.** International Journal of Biological Macromolecules.105, 1636-1643, 2017.

SUEIRO, A. C.; Faria-Tischer, P. C. S.; Lonni, A. A. S. G.; Mali, S. **Filmes biodegradáveis de amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana.** Química Nova, 39, 9, 1050-1064, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

I

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

L

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

M

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

N

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

P

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

Q

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

R

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

S

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329

T

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

V

Voltametria 69, 309

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)