

Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



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 Cremo

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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. 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
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 Miranilde 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. 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. 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
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/UFPA
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 Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Trabalhos nas áreas de fronteira da química

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química / 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 978-65-5706-824-3

DOI 10.22533/at.ed.243212202

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva
(Organizador). 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



Ano 2021

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

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos, promovem a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: melhoria na qualidade e expectativa de vida da sociedade. Esta coleção apresenta trabalhos que proporcionam: (i) melhorar e aperfeiçoar a relação ensino aprendizagem em diferentes níveis de ensino, possibilitando o aprofundamento da compreensão da relação homem e meio-ambiente, por meio do desenvolvimento de uma consciência que coloque o homem como parte integrante do meio; (ii) desenvolvimento de novos materiais com potencialidades de melhorar ou inovar suas aplicações nos diferentes seguimentos da sociedade, despertando a mudança da visão extrativista e fortalecendo a que seja capaz de reduzir impactos ao meio ambiente; (iii) uso da biotecnologia tanto no setor de saúde quanto no de alimentos que buscam aprimorar ou desenvolver novas aplicações; (iv) aplicação e potencialidades do uso de biomassa de resíduos e rejeitos gerados por atividades agroindustriais, possibilitando a incorporação destes como matéria-prima para aplicações em diferentes produtos, diminuindo o impacto gerado na extração de matérias-primas do ambiente que contribui para a preservação de recursos naturais para as gerações vindouras e (v) estudo de novas substâncias potencialmente capazes de melhorar ou desenvolver processos clínicos, tanto do ponto de vista de resolução de imagens em exames quanto de processos terapêuticos, possibilitando maior acessibilidade e disponibilidade a sociedade.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que levem a despertar uma maior consciência da relação do homem e do meio ambiente, a Atena Editora lança o volume I do E-book “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABORDANDO A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM E DA COMPOSTAGEM NA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)

Estefano Poletto da Silva

Joanez Aires

DOI 10.22533/at.ed.2432122021

CAPÍTULO 2..... 14

ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE, AMBIENTE (CTSA) NO ENSINO DE QUÍMICA DO ENSINO SUPERIOR: OFICINAS DE PRODUÇÃO DE SABÃO EM COMUNIDADES PERIFÉRICAS DA CIDADE DE MARABÁ – PARÁ

Aline Maria Viana de Souza

Elieuda dos Reis Santos

Joana D'arc Alexandre Barbosa

Jefferson Dias Vieira

Millena Lima Almeida

Marcos Francisco Ozorio dos Santos

Tatiani da Luz Silva

DOI 10.22533/at.ed.2432122022

CAPÍTULO 3..... 30

O USO DA QUÍMICA DOS PERFUMES NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

Gabriel de Paula Bueno

Olga Maria Schimidt Ritter

Taís Viviane Hanauer

Victor Leonardo Rodrigues Pinheiro

Bruna Sthephany Grassi Magalhães

DOI 10.22533/at.ed.2432122023

CAPÍTULO 4..... 41

OFICINA PEDAGÓGICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA

Marcelo Monteiro Marques

Juliana Pereira da Costa

Rayanne Cristina da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.2432122024

CAPÍTULO 5..... 52

A NANOTECNOLOGIA NA LUTA CONTRA O CÂNCER: UMA REVISÃO

Angélica de Brito Sousa

Jéssica Randel da Silva Alves

Darlisson Slag Neri Silva

Juracir Francisco de Brito

Nelson Nunes da Silva Lopes Júnior

DOI 10.22533/at.ed.2432122025

CAPÍTULO 6..... 64

CELULOSE BACTERIANA PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Ricardo Barbosa de Sousa
Amanda Maria Claro
Hernane da Silva Barud
Sidney José Lima Ribeiro
Edson Cavalcanti da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.2432122026

CAPÍTULO 7..... 88

ENSAIOS PARA PRODUÇÃO DE UM SORVETE PROBIÓTICO A PARTIR DO USO DE EXTRATO DE *Theobroma grandiflorum* (CUPUAÇU) E CEPAS COMERCIAIS DE *Lactobacillus acidophilus*

Elaine Isabel Melo Alves Coelho
Lívia Maria Pinto Rodrigues
Edailson de Alcântara Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2432122027

CAPÍTULO 8..... 99

NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIODISSIMULADAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Phaeoacremonium* SP. ISOLADO DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa* DUCKE

Edmilson dos S. Moraes
Fabrício H. Holanda
Beatriz L. Ferreira
Iracirema S. Sena
Adilson L. Lima
Victor H. de Souza Marinho
Irlon Maciel Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.2432122028

CAPÍTULO 9..... 112

SÍNTESE HIDROTÉRMICA DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA

Pedro Rafael da Cruz Almeida
Michael Douglas Santos Monteiro
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Carlos dos Santos Junior
José Fernando de Macedo
Anderson Alex Conceição Alves
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Eliana Midori Sussuchi
Lucas dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.2432122029

CAPÍTULO 10..... 123

INFLUÊNCIA DOS HIDRÓXIDOS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO NA ATIVAÇÃO

MECANOQUÍMICA DO SISTEMA MgO-Al₂O₃-SiO₂

Constança Amaro de Azevedo

Francisco Manoel dos Santos Garrido

Jairo Moura de Melo

Marta Eloísa Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.24321220210

CAPÍTULO 11..... 131

IMPLICAÇÕES E APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Marluce Oliveira da Guarda Souza

Carine Pereira da Silva

Fernanda Sales Silva

DOI 10.22533/at.ed.24321220211

CAPÍTULO 12..... 143

ICE TEMPLATE ADAPTADA: A PRODUÇÃO DE POROS ATRAVÉS DO CONGELAMENTO

Natália Reigota César

Jeniffer Silveira Gonçalves

Aparecido Junior de Menezes

Walter Ruggeri Waldman

DOI 10.22533/at.ed.24321220212

CAPÍTULO 13..... 157

CARACTERIZAÇÃO DO INSUMO FARMACÊUTICO ATIVO SULFATO DE ATAZANAVIR

Emiliana Moraes de Carvalho

Erika Martins de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.24321220213

CAPÍTULO 14..... 169

UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA PARA O CASO DA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO, DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS, EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM BATELADA

Rony Peterson da Rocha

Claudilaine Caldas de Oliveira

Eugênia Leandro Almeida

Mauro A.S.S. Ravagnani

Cid Marcos G. Andrade

DOI 10.22533/at.ed.24321220214

CAPÍTULO 15..... 184

EFEITO DE PROTEÍNAS *ZINC-FINGER* EM DOENÇAS HUMANAS: UM FOCO NA CO-CHAPERONA HSP40 E DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

Jemmyson Romário de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.24321220215

CAPÍTULO 16..... 196

NAFTOIMIDAZÓIS COMO POTENCIAIS COMPONENTES TERANÓSTICOS FLUORESCENTES: SÍNTESE E AVALIAÇÃO

Victória Laysna dos Anjos Santos

Helinando Pequeno de Oliveira
Arlan de Assis Gonsalves
Cleônia Roberta Melo Araújo

DOI 10.22533/at.ed.24321220216

SOBRE O ORGANIZADOR.....209

ÍNDICE REMISSIVO.....210

CAPÍTULO 8

NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIOSINTETIZADAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Phaeoacremonium* sp. ISOLADO DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa* DUCKE

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 10/11/2020

Edmilson dos S. Morais

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2211922838351131>

Fabrizio H. Holanda

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8892832864166481>

Beatriz L. Ferreira

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3158135285326495>

Iracirema S. Sena

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0939326659266059>

Adilson L. Lima

Laboratório de Controle Biológico, Empresa
Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3934576346924533>

Victor H. de Souza Marinho

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2869222291196173>

Irlon Maciel Ferreira

Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica
Aplicada, Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal do Amapá
Macapá, Amapá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9897023410899133>
<https://orcid.org/0000-0002-4517-0105>

RESUMO: A biossíntese de nanopartículas metálicas é uma alternativa viável, rápida, de baixo custo quando comparado aos métodos químicos e físicos tradicionais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de biossíntese de nanopartículas de cobre pelo fungo endofítico *Phaeoacremonium* sp. isolado de *Bertholletia excelsa* (Castanha-do-Brasil). As nanopartículas de cobre foram obtidas com excelentes valores de até 66.84 nm e potencial zeta de -34 mV, demonstrando a capacidade metabólica deste metal pelo o fungo endofítico endofítico *Phaeoacremonium* sp. O uso desses fungos para tal finalidade não só valoriza a biodiversidade amazônica, mas também utiliza processos mais limpos e baratos, fazendo parte do conceito de Química Verde.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos endofíticos; Nanopartículas de cobre; Nanopartículas metálicas; Castanha-do-Brasil; Biocatálise.

COPPER NANOPARTICLES BIOSYNTHESIZED BY THE ENDOPHYTIC FUNGUS *Phaeoacremonium* sp. ISOLATED FROM THE ALMONDS OF *Bertholletia excelsa* DUCKE

ASBTRACT: The biosynthesis of metallic nanoparticles is a viable alternative, fast, low-cost when compared to traditional chemical and physical methods. In this sense, the objective of this work was to evaluate the capacity of biosynthesis of copper nanoparticles by the endophytic fungus *Phaeoacremonium* sp. isolated from *Bertholletia excelsa* (Brazil nut). Copper nanoparticles were obtained with excellent values up to 66.84 nm and zeta potential of -34 mV, demonstrating the metabolic capacity of this metal by the endophytic endophytic fungus *Phaeoacremonium* sp. The use of these fungi for this purpose not only values Amazonian biodiversity, but also uses cleaner and cheaper processes, being part of the Green Chemistry concept.

KEYWORDS: Endophytic fungi; Copper nanoparticles; Metallic nanoparticles; Brazil nuts; Biocatalysis.

1 | INTRODUÇÃO

A síntese biológica, de nanopartículas metálicas, pode ser realizada por diferentes microrganismos como: bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Os fungos apresentam algumas vantagens neste processo, entre elas facilidade de isolamento e cultivo, capacidade de adaptação aos meios contendo metais pesados, bioacumulação de íons, dentre outros (Vijayanandan e Balakrishnan 2018). Outro fator interessante é a participação de enzimas extra- e intracelulares no processo de biotransformação: polipeptídeos, proteínas, açúcares ou cofatores do tipo redutase orgânica, produzidos por processos metabólicos que agem sobre o sal metálico reduzindo-o a nanopartículas metálicas, tal processo pode ocorrer de duas formas: intracelular, quando o fungo engloba o sal metálico para ação de suas enzimas e extracelular, ocorre na ação dos metabólitos secundários, indiretamente, sobre o sal metálico (Nayak, Nanda e Prabhakar 2018, Nanda, Nayak e Krishnamoorthy 2018, Hassan et al., 2018).

Dentre os fungos utilizados para síntese “verde” de metais, os endofíticos se destacam-se, principalmente por ser patogênicos ao homem, e podem se ambientar por todo ou parte do seu ciclo reprodutivo em associação com plantas, sem causar graves danos ou doenças (Yang et al. 2018, Kusari, Pandey & Spiteller 2013).

Assim, os fungos endofíticos são recursos potentes para a síntese de nanopartículas metálicas, quando comparados com plantas, bactérias, leveduras e até mesmo com outros métodos químicos e físicos, pois apresentam vantagens como: rapidez no seu processo, adaptabilidade, bom rendimento, temperaturas brandas e o não uso de substâncias tóxicas (Seetharaman et al. 2018).

Neste sentido, este estudo teve como objetivo a biossíntese de nanopartículas metálicas de cobre pelo fungo endofítico *Phaeoacremonium* sp. Isolado de amêndoa de *Bertholletia excelsa* Ducke (Castanha-do-Brasil).

2 I EXPERIMENTAL

2.1 Reagentes químicos, solventes e meios de cultura

O sal de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (98,5%) utilizado foi adquirido pela Synth. Todos os sais utilizados no preparo do tampão fosfato foram adquiridos da Vetec. O meio de cultura utilizado foi o extrato de Malte obtido da HiMedia RM004B. Etanol (99%), D-glucose ($\geq 99,5\%$) e ascorbato de sódio (99%), foram adquiridos da Sigma-Adrich.

2.2 Isolamento de fungos endofíticos *Phaeoacremonium* sp. a partir das sementes de *Bertholletia excelsa*

O isolamento do fungo endofítico foi realizado pelo método descrito por Yang et al., (2018) e armazenado de acordo (Kelly et al., 2017) no Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica Aplicada da Universidade Federal do Amapá (Unifap). As sementes de *Bertholletia excelsa* (castanha-do-Brasil) foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amapá, Brasil, em duas áreas: 1 - W 52 ° 18'20,976 "e S 0 ° 33'44,44" e 2 - W 51 ° 57'53,338 "e S 0 ° 25'21,39" (Ao sul do Estado do Amapá, no município de Laranjal do Jarí). Após a coletas, retirou-se as amêndoas e realizou-se o processo de assepsia, sequencialmente com hipoclorito de sódio, álcool 70% e água destilada, seguindo os métodos descrito por Barnet (1998). Após esta etapa, as amêndoas foram transferidas para placas de Petri contendo papel filtro umedecido com água destilada estéril e incubadas em B.O.D a uma temperatura de 28° C por 7 dias. As placas foram avaliadas diariamente até o desenvolvimento das colônias fúngicas.

2.3 Identificação do fungo endofítico de *Bertholletia excelsa* Ducke

O fungo endofítico (*Phaeoacremonium* sp.) utilizado neste trabalho foi identificado por métodos convencionais e moleculares no Centro de Pesquisa Pluridisciplinar Química, Biológica e Agrícola (CPQBA, <https://cbmai.cpqba.unicamp.br>) na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), SP, Brasil.



Figura. 1. Placa de Petri contendo o fungo *Phaeoacremonium* sp. em meio malte 2%.

2.4 Crescimento micelial do fungo *Phaeoacremonium* sp. em um meio sólido

O *Phaeoacremonium* sp. foi cultivado em placas de Petri contendo o extrato de malte (20,0 g L⁻¹), ágar (20,0 g L⁻¹) e água destilada estéril. O pH do meio foi ajustado para 5, com uma solução de KOH (0,1 mol L⁻¹) ou HCl (0,1 mol L⁻¹). A solução contendo o meio sólido foi esterilizada em autoclave (AV-50, Phoenix, Brasil) por 15 min a 121° C para posteriormente realizar a inoculação do fungo endofítico.

2.5 Biossíntese de nanopartículas de cobre de *Phaeoacremonium* sp.

Fragmentos (4 discos de 5 mm de diâmetro) da meio sólido contendo esporos do fungo *Phaeoacremonium* sp. em foram transferidos para um meio líquido (100 mL), contendo extrato de malte a 2% em pH 5. Os micélios foram incubados a 28° C e 150 rpm por 5 dias em agitador shaker (LUCADEMA 222; Brasil), em seguida foram filtrados em funil de Buchner com papel filtro estéril e ressuspensão em quartos diferentes meios contendo co-substratos: etanol, ascobato de sódio e glicose. A biossíntese das nanopartículas foi realizadas com a seguinte descrição: Experimento A (NpCu): 1,5 g (massa úmida) de micélio de *Phaeoacremonium* sp. e 10 mL (0.001 mmol) de solução de Cu(NO₃)₂; Experimento B (NpCu + AscNa): 1,5 g (massa úmida) de micélio de *Phaeoacremonium* sp., 10 mL (0.001 mmol) de Cu(NO₃)₂, 10 mg de ascorbato de sódio; Experimento C (NpCu + Glic): 1,5 g (massa úmida) de micélio de *Phaeoacremonium* sp. e 10 ml de Cu(NO₃)₂ (0.001 mmol), 10 mg de glicose; Experimento D (NpCu + EtOH): 1,5 g (massa úmida) de micélio de *Phaeoacremonium* sp., 10 mL de nitrato de cobre (0.001 mmol), 10 ml de Etanol. Todos os experimentos foram incubados por 5 dias a 28 °C e 150 rpm. Após esse período (5 dias), filtrou-se e analisou-se o tamanho das partículas no equipamento Zetasizer 5000 (Malvern Instruments, Malvern, UK).

2.6 Análise do tamanho de partícula

A análise do tamanho de partícula e a polidispersidade foram determinadas com espectroscopia de correlação de fótons utilizando um Zetasizer 5000 (Malvern Instruments, Malvern, UK). Cada amostra foi diluída utilizando água de injeção ultrapura (2:1) e filtrada em filtro de seringa (0,22 μm), todas as amostras foram analisadas em triplicatas. O tamanho das partículas foi expresso em diâmetro médio e os dados foram tratados com o software Zetasizer 6.20®.

2.7 Determinação do crescimento radial e caracterização morfológica

Fragmentos de 3 cm de diâmetros de *Phaeoacremonium* sp. foram inoculados em placa de Petri (Malte 2%) e nitrato de cobre (água destilada na concentração 0.001 Mmol em pH 5.0) e incubados a 28 °C por 7 dias. Como controle, realizou-se o crescimento do fungo sem a presença da solução do metal. O crescimento foi avaliado através de medição do halo radial, por diâmetro da colônia, em milímetros, a cada vinte e quatro

horas de incubação. Todos os resultados foram expressos em média aritmética de triplicata (Alzahrani, 2016).

Para avaliação morfológica dos efeitos do nitrato de cobre sobre os aspectos microscópicos do *Phaeoacremonium* sp., placas de culturas controle e expostas ao metal foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biossíntese de nanopartículas de cobre por fungo *Phaeoacremonium* sp.

Em contraste com os métodos químicos convencionais para a obtenção de NpCu, que usam frequentemente brometo de cetiltrimetil amônio ou borohidreto de sódio em temperaturas altas que podem chegar a 75 °C (Gawande et al., 2016), os métodos biocatalíticos, utilizam condições mais suáveis e mais brandas. Baseado nisso, utilizou-se células inteiras do fungo endofítico *Phaeoacremonium* sp. na tentativa de obter NpCu. Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que o fungo foi capaz de produzir NpCu de tamanho até 66.84 nm por 7 dias em fermentação (**Figura 2 A**).

Quando a solução de glicose foi adicionada ao meio celular microbiano contendo a solução de CuNO_3 , foi obtida partículas de 96.26 nm. O objetivo da glicose como co-substrato foi de estimular enzimas do tipo glicose oxidase da classe das oxidases (Yoshida et al. 2015) presentes nas células do fungo endofítico *Phaeoacremonium* sp. No entanto, o valor da nanopartícula determinado por DLS para esta condição apresentou valor maior que ao determinado pelas células microbianas somente em meio tamponado. Tal resultado indicou que o meio rico em glicose não foi favorável para a síntese de NpCu pelo fungo endofítico *Phaeoacremonium* sp.

As NpCu a partir do meio microbiano de *Phaeoacremonium* sp. contendo solução de ascobato de sódio apresentaram 153.6 nm, e o potencial zeta determinado foi de -36.6mV (**Figura 2 B**), o alto potencial zeta negativo, neste caso, pode indicar a presença do ácido ascórbico aderida na superfície da NpCu, que devido ao efeito de desprotonação do grupo carboxila derivado do ácido (Jiang et al., 2018).

Já o meio microbiano contendo o etanol como co-substrato apresentou nanopartículas de tamanhos médios de 93 nm e -34 mV de potencial zeta (**Figura 2**). O etanol na reação de biotransformação pode atuar como co-fator pelas células dos fungos filamentosos *Phaeoacremonium* sp. (Schrewe et al., 2013) e paralelamente pode ser usado para purificar e fracionar seletivamente o tamanho modificado hidrofobicamente das nanopartículas (De Waele et al. 2018). O alto valor de potencial negativo observado para a NpCuEtOH, pode estar relacionado ao fato do etanol ou do íon etóxi, forma mais reativa como espécie redutora, no entanto favorável a pH alcalino (Li et al., 2017), pode ser oxidado para o acetaldeído, que conseqüentemente pode ter seu grupo carboxila desprotonado e

agregado a NpCu.

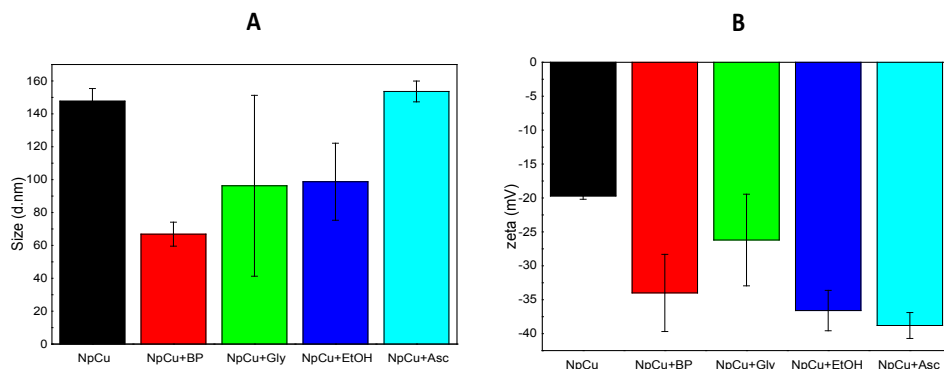


Figura 2: Distribuição do tamanho das nanopartículas biossintetizadas (A); Potencial zeta em diferentes meios (B) partir dos micélios do fungo *Phaeoacremonium* sp.

O melhor resultado para o tamanho de partícula obtidos a partir dos micélios do fungo *Phaeoacremonium* sp. foi em tampão fosfato (pH 5). A distribuição média de tamanho determinada pelas análises de DLS foi de 66.84 nm (**Figura 3**), um excelente resultado quando comparado ao tamanho médio das partículas de NpCu produzidas nas demais condições deste estudo (**Figura 2 A**). Já o potencial zeta das NpCu (Experimento B) foi determinado em -35 mV (**Figura 2 B**), valor relacionado a baixa aglomeração. Geralmente nanopartículas metálicas que apresentam potenciais zeta maiores que + 20 mV e menores que -20 mV são consideradas de alta estabilidade, pois a alta carga dificulta a aglomeração entre as partículas (Vijayanandan and Balakrishnan 2018).

As proteínas extracelulares presentes no filtrado fúngico juntamente com o fosfato são responsáveis pela redução de íons de cobre, Cu^+ em Cu^0 (Siddiqi et al., 2018). Estas proteínas têm forte capacidade de se ligar as CuNPs, atuando como agentes de proteção proporcionaram estabilidade (Reverberi et al., 2016).

No entanto, em todos os meios avaliados, o fungo filamentoso *Phaeoacremonium* sp. isolado das amêndoas de *Bertholetia excelsa*, foi capaz de produzir NpCu em tamanhos <200 nm.

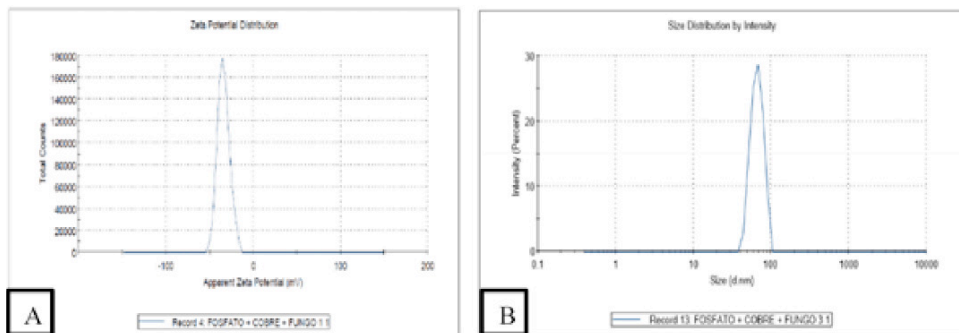


Figura 3: Análise de zeta siser (A) potencial zeta; (B) tamanho de nanopartículas de nitrato de cobre em meio tamponado (pH 5).

A imagem de microscopia eletrônica de transmissão (MET) mostram que, as nanopartículas de cobre obtidas pelo processo de biossíntese pelo fungo filamentosso *Phaeoacremonium* sp. isolado das amêndoas de *Bertholetia excelsa*, apresenta formas alongadas do tipo cilíndricas aglomeradas (Figura 4).

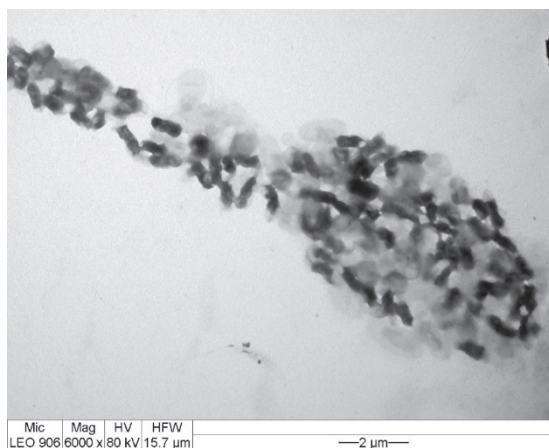


Figura 4: Análise de microscopia eletrônica de transmissão (MET) das nanopartículas de cobre produzidas pelo fungo *Phaeoacremonium* sp. isolado das amêndoas de *Bertholetia excelsa*.

3.2 Efeitos do nitrato de cobre sobre o crescimento e morfologia de *Phaeoacremonium* sp.

Ao analisar o crescimento radial das colônias (Tabela 1), notou-se uma inibição perceptível sobre o crescimento do fungo até o quarto dia de experimento, para o meio contendo a solução metálica. A partir do quinto dia foi possível observar que o crescimento médio das colônias foi maior em comparação ao grupo controle. Provavelmente esse

crescimento deve-se a resistência do fungo na presença do cobre, sugerindo o fenômeno da bioacumulação de íons metálicos nas células (ANAND et al., 2006).

Crescimento radial fúngico (mm)							
Meio de crescimento	Dias						
	1	2	3	4	5	6	7
Malte 2%	0.1	0.52	0.80	0.81	0.81	0.85	0.75
Malte 2% + Cobre*	0.1	0.18	0.47	0.64	0.85	1.12	1.35

*10 mL (0.001 mmol) de solução de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Tabela 1: médias do crescimento radial em milímetros em função do tempo, em um período de 7 dias de cultivo.

Os fungos apresentam mecanismos para o transporte dentro de suas células, utilizando uma série de ativos, como ácidos orgânicos simples, álcoois, macromoléculas, polissacarídeos e ácido fúlvico, mucopolissacarídeos e proteínas para sua própria proteção diminuindo os efeitos tóxicos do metal, através de enzimas específicas (TURPEINEN, 2003). Como exemplo, SILVA et al., 2007, utilizou células de fungos ectomicorrízicos tolerantes a cobre, quando em contatos por meio já contendo o metal, apresentaram melhor desenvolvimento. Conforme houve aumento da dose do cobre, maior foi seu crescimento vegetativo.

Outro estudo de grande relevância foi realizado por GAAD (2000), neste trabalho foi relatado que os fungos apresentaram grande capacidade de adaptação à presença de metais pesados, sendo este mecanismo explicado por mutações genéticas e adaptações fisiológicas dos fungos em contato com o metal, pois a capacidade de um organismo sobreviver em condições adversas depende da rapidez de suas respostas fisiológicas as condições ambientais.

3.3 Caracterização morfológica do *Phaeoacremonium* sp. por MEV

A Figura 5 comprada os aspectos morfológicos do fungo *Phaeoacremonium* sp., por análise de microscopia eletrônica de varredura, na ausência e presença do nitrato de cobre no meio de cultivo malte (2%). Foi possível observar alterações morfológicas nas estruturas dos conídios, onde encontram os conidiosporos, afetando de forma discreta os conídios e sua estrutura, além de intensa ramificação.

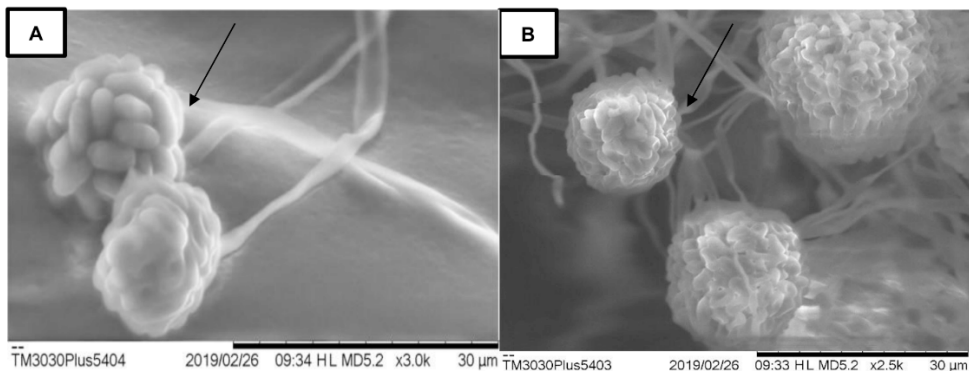


Figura 5: Aspectos morfológicos do fungo *Phaeoacremonium* sp. **A:** Conídios com ausência de nitrato de cobre; **B:** Conídios na presença do metal.

Alanabeh et al., (2017) descreveu explicação para o modo de ação do CuNPs, por depleção do metal, um dos modos de ação de CuNPs que forma buracos irregulares na membrana externa e altera a permeabilidade da membrana, que é causada pela liberação progressiva de moléculas de lipopolissacarídeos e proteínas de membrana (Amro et al., 2000). Embora sua inferência envolva algum tipo de mecanismo de ligação que envolva interação entre nanopartículas de Cu e componente(s) da membrana externa, ainda não está claro, sendo necessário estudos mais aprofundados (Dakal et al., 2016).

Turpeinen (2002) pesquisou os fungos filamentosos e constatou maior resistência deles a metais pesados, o que proporciona seu crescimento e desenvolvimento em meios que contêm altas concentrações desses poluentes e detectou que determinadas proteínas protegem o organismo dos efeitos tóxicos do metal, ligando-o a enzimas específicas, podendo ocorrer o transporte do metal através de gradiente quimiosmótico pela membrana citoplasmática, diminuindo seu potencial tóxico (Fromm & Hargrove, 2011).

Neste estudo, o *Phaeoacremonium* sp. mostrou-se capaz de adapta-se ao meio contendo cobre, mesmo sofrendo alterações morfológicas, seu ciclo reprodutivo não é totalmente afetado (Villamizar-Gallardo et al., 2016). Segundo Gadd and Raven (2010), relataram que metabolicamente, ocorre redução celular para que os gastos energéticos sejam controlados, o que ativa processos direcionados a sobrevivência do fungo em um ambiente com condições diferenciadas, quanto a exposição a metais pesados. O cobre, por exemplo, pode causar alterações estruturais nas hifas, deformações da parede celular, danos na membrana e alterações significativas na forma e germinação de esporos em fungos, dependendo da concentração (Lamsal et al., 2011).

4 | CONCLUSÃO

A biossíntese de nanopartículas de cobre mediadas por *Phaeoacremonium*

sp. isolado da Amazônia brasileira, produziram NpCu na faixa de tamanho <200 d.nm, com destaque para o meio tamponado (pH 5) que produziu partículas de 66.84 d.nm, apresentando baixa agregação e boa dispersibilidade, oferecendo uma rota mais ecológica para produção de nanopartículas de cobre e de custo relativamente baixo, já que usa microrganismos da biodiversidade amazônica em meio aquoso.

A análise morfológica do *Phaeoacremonium* sp. sobre o crescimento em meio sólido na presença do cobre, demonstrou alterações morfológicas perceptíveis nas cepas, destacando também a capacidade de adaptação do fungo, revelando a possibilidade de aplicação do *Phaeoacremonium* sp. como indicativo de poluição ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amapá, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/AP) por ceder às amêndoas de Castanha do Brasil, ao Laboratório de Biologia Estrutural da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia eletrônica de Transmissão (MET) e a CAPES pela bolsa de pós-graduação concedida ao E.S. Morais.

REFERÊNCIAS

Amro, N. A., Kotra, L. P., Wadu-Mesthrige, K., Bulychev, A., Mobashery, S.; Liu, G. (2000). High-Resolution Atomic Force Microscopy Studies of the *Escherichia coli* Outer Membrane: Structural Basis for Permeability. *Langmuir*, 16(6), 2789–2796. doi:10.1021/la991013x.

Anand, p., isar, j., saran, s; saxena, r. (2006). Bioaccumulation of copper by *Trichoderma viride*. *Bioresource Technology*, 97 (8), 1018-1025. doi: 10.1016 / j.biortech.2005.04.046.

Barnet, M.-C. (1998). La femme cent sexes, ou, Les genres communicants : Deharme, Mansour, Prassinou. Bern: Lang.

Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S; Yadav, V. (2016). Mechanistic Basis of Antimicrobial Actions of Silver Nanoparticles. *Frontiers in microbiology*, 7, 1831. doi:10.3389/fmicb.2016.01831.

Dellai, A., Silva, R, F., Andrezza, R. (2018). Ectomycorhyza on the growth of *eucalyptus saligna* in soil contaminated with copper. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 2, p. 624-631. doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832052>

Denny, M. S., Kalaj, M., Bentz, K. C; Cohen, S. M. (2018). Multicomponent metal-organic framework membranes for advanced functional composites. *Chemical Science*. doi:10.1039/c8sc02356e.

De Waele, J., V. V. Galvita, H. Poelman, C. Detavernier; J. W. Thybaut (2018) PdZn nanoparticle catalyst formation for ethanol dehydrogenation: Active metal impregnation vs incorporation. *Applied Catalysis A: General*, 555, 12-19. doi: 10.1016/j.apcata.2018.02.005

Duan, H., Wang, D; Li, Y. (2015). Green chemistry for nanoparticle synthesis. *Chemical Society Reviews*, 44(16), 5778–5792.doi:10.1039/c4cs00363b.

Fromm, H. J; Hargrove, M. S. (2011). Electron Transport and Oxidative Phosphorylation. *Essentials of Biochemistry*, 223–238.doi:10.1007/978-3-642-19624-9_10.

Gaad, G. M. (2000). Bioremedial potential of microbial mechanism of metal mobilization and immobilization. *Current Opinion in Biotechnology*. v. 11, p.271-279. doi:10.1016/s0958-1669(00)00095-1

Gadd, G. M; Raven, J. A. (2010). Geomicrobiology of Eukaryotic Microorganisms. *Geomicrobiology Journal*, 27(6-7), 491–519.doi:10.1080/01490451003703006.

Gawande, MB, Goswami, A., Felpin, F.-X., Asefa, T., Huang, X., Silva, R.,... Varma, RS (2016). Nanopartículas à base de Cu e Cu: Síntese e Aplicações em Catálise. *Chemical Reviews*, 116 (6), 3722-3811. doi: 10.1021 / acs.chemrev.5b00482 .

Hassan, S. E. L. D., S. S. Salem, A. Fouda, M. A. Awad, M. S. El-Gamal; A. M. Abdo (2018) New approach for antimicrobial activity and bio-control of various pathogens by biosynthesized copper nanoparticles using endophytic actinomycetes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 11, 262-270.

Jia, B., Mei, Y., Cheng, L., Zhou, J; Zhang, L. (2012). Preparation of copper nanoparticles coated cellulose films with antibacterial properties through one-step reduction. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 4(6), 2897–2902. doi:10.1021/am3007609.

Jiang, M., L. Kou, L. Zhang, G. Li, Q. Yao, L. Shang; Y. Chen (2018) Ascorbate-conjugated nanoparticles for promoted oral delivery of therapeutic drugs via sodium-dependent vitamin C transporter 1 (SVCT1) AU - Luo, Qiuhua. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 46, 198-208.

Kamnev, A. A., Tugarova, A. V., Dyatlova, Y. A., Tarantilis, P. A., Grigoryeva, O. P., Fainleib, A. M; DE Luca, S. Methodological effects in Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy: Implications for structural analyses of biomacromolecular samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 193, 558-564, 2018.

Kelly, T. J., I. T. Lawson, K. H. Roucoux, T. R. Baker, T. D. Jones; N. K. Sanderson (2017) The vegetation history of an Amazonian domed peatland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 468, 129-141.doi:10.1016/j.palaeo.2016.11.039.

Kusari, S., S. P. Pandey; M. Spiteller (2013) Untapped mutualistic paradigms linking host plant and endophytic fungal production of similar bioactive secondary metabolites. *Phytochemistry*, 91, 81-87. doi:10.1016/j.phytochem.2012.07.021.

Li, F., H. Weng, Y. Shang, Z. Ding, Z. Yang, S. Cheng; M. Lin (2017) Environmentally friendly and facile synthesis of Rh nanoparticles at room temperature by alkaline ethanol solution and their application for ethanol electrooxidation. *RSC Advances*, 7, 3161-3169.

Lamsal, K., Kim, S. W., Jung, J. H., Kim, Y. S., Kim, K. S; Lee, Y. S. (2011). Application of Silver Nanoparticles for the Control of Colletotrichum Species In Vitro and Pepper Anthracnose Disease in Field. *Mycobiology*, 39(3), 194–199.doi:10.5941/myco.2011.39.3.194.

Nagar, N; V. Devra (2018) Green synthesis and characterization of copper nanoparticles using *Azadirachta indica* leaves. *Materials Chemistry and Physics*, 213, 44-51. doi:10.1016/j.matchemphys.2018.04.007.

Nanda, A., B. K. Nayak; M. Krishnamoorthy (2018) Antimicrobial properties of biogenic silver nanoparticles synthesized from phyloplane fungus, *Aspergillus tamarii*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 225-228. doi:10.1016/j.bcab.2018.08.002

Nayak, B. K., A. Nanda; V. Prabhakar (2018) Biogenic synthesis of silver nanoparticle from wasp nest soil fungus, *Penicillium italicum* and its analysis against multi drug resistance pathogens. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 412-418. doi: 10.1016/j.bcab.2018.09.014.

Neethu, S., S. J. Midhun, E. K. Radhakrishnan; M. Jyothis (2018) Green synthesized silver nanoparticles by marine endophytic fungus *Penicillium polonicum* and its antibacterial efficacy against biofilm forming, multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Microbial Pathogenesis*, 116, 263-272. doi:10.1016/j.micpath.2018.01.033.

Reverberi, A., Salerno, M., Lauciello, S. e Fabiano, B. (2016). Síntese de Nanopartículas de Cobre em Etilenoglicol por Redução Química com Sais de Vanádio (+2). *Materiais*, 9 (10), 809. doi: 10.3390 / ma9100809.

Schrewe, M., M. K. Julsing, B. Bühler; A. Schmid (2013) Whole-cell biocatalysis for selective and productive C–O functional group introduction and modification. *Chemical Society Reviews*, 42, 6346-6377. doi:10.1039/c3cs60011d.

Seetharaman, P. K., R. Chandrasekaran, S. Gnanasekar, G. Chandrakasan, M. Gupta, D. B. Manikandan; S. Sivaperumal (2018) Antimicrobial and larvicidal activity of eco-friendly silver nanoparticles synthesized from endophytic fungi *Phomopsis liquidambaris*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 22-30. doi:10.1016/j.bcab.2018.07.006.

Siddiqi, K. S., Husen, A; Rao, R. A. K. (2018). A review on biosynthesis of silver nanoparticles and their biocidal properties. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1).doi:10.1186/s12951-018-0334-5

Turpeinen, R.; Virta, M.; Häggblom, M.M. Analysis of arsenic bioavailability in contaminated soils. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.22, n.1, p.1-6, 2003. doi: 10.1002/etc.5620220101 .

Turpein, R. 2002. Interaction between metals, microbes and plants - Bioremediation of arsenic and lead contaminated soils, PhD, University of Helsinki, Helsinki, Finland.

Vijayanandan, A. S; R. M. Balakrishnan (2018) Biosynthesis of cobalt oxide nanoparticles using endophytic fungus *Aspergillus nidulans*. *Journal of Environmental Management*, 218, 442-450. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.04.032.

Villamizar-Gallardo, R., Cruz, J. F. O; Ortiz-Rodriguez, O. O. (2016). *Fungicidal effect of silver nanoparticles on toxigenic fungi in cocoa*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(12), 1929–1936. doi:10.1590/s0100-204x2016001200003.

Visagie, C. M., J. Houbraken, J. C. Frisvad, S. B. Hong, C. H. W. Klaassen, G. Perrone, K. A. Seifert, J. Varga, T. Yaguchi; R. A. Samson (2014) Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 78, 343-371. doi: 10.1016/j.simyco.2014.09.001.

Yang, G., P. Li, L. Meng, K. Xv, F. Dong, Y. Qiu, L. He; L. Lin (2018) Diversity and communities of culturable endophytic fungi from different tree peonies (geoherbs and non-geoherbs), and their biosynthetic potential analysis. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, 47-58. doi: 10.1016/j.bjm.2018.06.006.

Yoshida, H., G. Sakai, K. Mori, K. Kojima, S. Kamitori; K. Sode (2015) Structural analysis of fungus-derived FAD glucose dehydrogenase. *Scientific Reports*, 5, 13498. doi: 10.1038/srep13498.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 130, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142

Água 16, 19, 20, 21, 26, 27, 32, 34, 35, 55, 56, 66, 73, 95, 101, 102, 114, 115, 116, 123, 125, 133, 135, 136, 139, 143, 144, 145, 146, 148, 152, 153, 160, 191, 200

Aminoácidos 184, 185, 187, 188

Análise térmica 126

Aprendizagem 16, 29, 36, 37, 41, 42, 46, 49, 50

Astronomia 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

B

Bandas 113, 119, 120, 128, 160, 161, 205

Biocatálise 99, 101

C

Câncer 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 74, 185, 186

Carbono 67, 82, 112, 113, 114, 118, 119, 140, 162, 203

Células 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 67, 73, 74, 76, 94, 103, 106, 133, 185, 186, 191, 192

Celulose 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 82, 83, 85, 133, 141

Ciência 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 42, 49, 53, 64, 75, 80, 82, 98, 108, 131, 143, 171, 196

Cobre 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 188

Contexto 13, 23, 28, 89, 90, 131, 134, 157, 158, 159

Corante 131, 136, 137, 138, 139

Cromatografia líquida de alta eficiência 163

D

Descarte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 139

Desenvolvimento 3, 9, 12, 14, 16, 17, 28, 31, 41, 42, 43, 48, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 65, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 82, 83, 88, 89, 94, 96, 101, 106, 107, 115, 153, 157, 158, 159, 167, 170, 188, 193, 209

Diagnóstico 25, 186, 196, 197, 198

Difração de raios X 127, 128, 160, 164

Difratograma 165, 167

Doenças 4, 31, 52, 56, 60, 88, 89, 100, 157, 184, 185, 188, 193, 197

E

Educação 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 16, 23, 28, 39, 43, 46, 47, 49, 50, 64, 96, 209

Educação ambiental 1, 16, 23, 209

Eletroquímicos 114

Espectro de infravermelho 118, 167

Espectroscopia de fluorescência 117

Estabilidade química 113

Estabilidade térmica 67, 157, 159, 164, 167, 190, 191, 193

Estruturas químicas 196

F

Fármacos 52, 54, 55, 56, 58, 60, 66, 71, 74, 75, 77, 160, 164

Fase sólida 144

Fluorescência 114, 117, 120, 196, 199, 202, 206, 207

Fotocatálise heterogênea 131, 134, 136, 138, 139, 209

Fungos 99, 100, 101, 103, 106, 107

H

Hidroxilas 123

Homeostase 184, 185, 186, 188, 193

I

Impacto ambiental 4, 5, 14, 16, 144

Infravermelho com transformada de Fourier 34, 117

Isomorfos 127

M

Medicamentos 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 157, 158, 168

Meio ambiente 3, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 131, 134

Metais 100, 106, 107, 134, 188, 193

Metodologia 3, 6, 12, 22, 26, 30, 34, 35, 43, 44, 45, 47, 68, 116, 146, 151, 169, 170, 172, 200, 209

Moagem 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133

N

Nanomateriais 52, 53, 54, 55, 59, 60, 112

Nanopartículas 53, 54, 55, 60, 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115

Nanotecnologia 52, 53, 59, 60, 149

O

Óxidos metálicos 131, 134, 139, 198

P

Polimórfica 157, 164, 165, 166

Poluentes 66, 107, 134

Poros 55, 76, 139, 143, 144, 145, 153, 155, 188

Potencial zeta 99, 103, 104, 105

Probióticos 88, 89, 90, 94, 98

Proteínas 58, 94, 95, 100, 104, 106, 107, 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 193, 194

R

Rejeitos 14, 16

Resíduos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 66, 132, 134, 159, 184, 187, 188, 192, 193, 209

S

Saúde 16, 52, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 157, 159, 168, 188, 196

Síntese 34, 38, 66, 82, 99, 100, 101, 103, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 130, 131, 159, 196, 199, 200, 202, 208

Sociedade 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 28, 49, 50

Soluto 145, 152

Solvente 26, 32, 115, 144, 145, 160, 192, 199, 200, 201, 202, 205, 206

Superfície 16, 20, 54, 55, 74, 103, 113, 114, 115, 120, 123, 133, 138, 139, 188

T

Técnicas espectroscópicas 161, 196

Tecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 64, 80, 97, 98, 123, 160

Temperaturas 18, 94, 100, 103, 114, 124, 131, 147, 148, 149, 150, 151

Terapêutica 54, 196, 197, 198

Toxicidade 54, 55, 113, 114, 115, 188

Transições eletrônicas 112

Z

Zinco 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 194

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.arenaeditora.com.br
- ✉ contato@arenaeditora.com.br
- 📷 [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/arenaeditora.com.br

