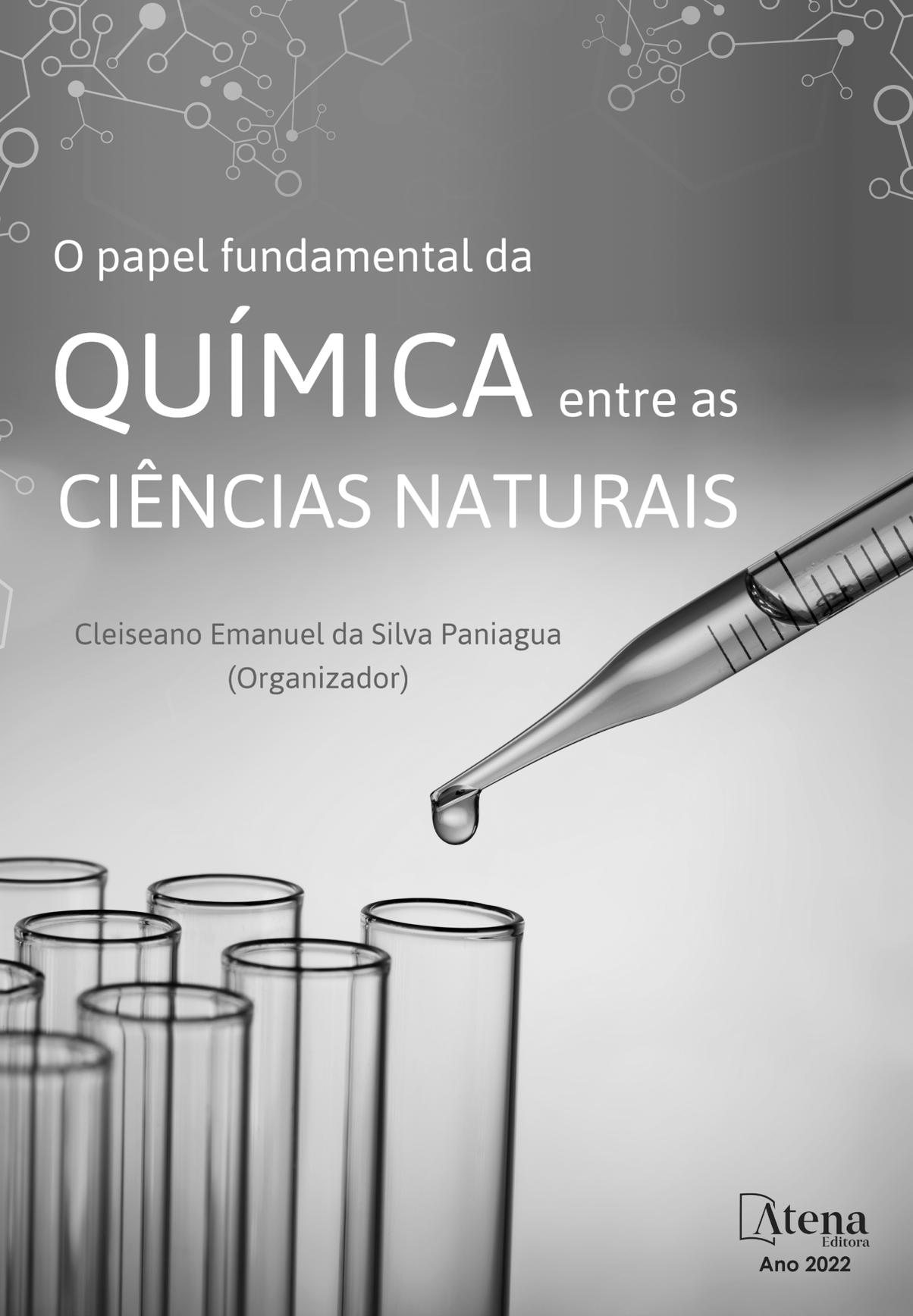
The background features a blue-to-white gradient with faint molecular structures and laboratory glassware. In the foreground, a glass dropper is positioned diagonally, releasing a single drop of liquid into a row of test tubes below it.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



O papel fundamental da

QUÍMICA

entre as

CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



O papel fundamental da química entre as ciências naturais

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-950-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.506222202>

1. Química. 2. Ciências naturais. 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



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

O e-book: “O papel fundamental da química entre as ciências naturais” apresenta vinte e sete capítulos de livros que foram organizados em quatro temáticas: *i)* química e sociedade: em busca da ressignificação e contextualização do processo de ensino-aprendizagem; *ii)* química orgânica e de produtos naturais; *iii)* síntese, caracterização e avaliação de materiais nanoestruturados e *iv)* química e remediação ambiental.

O primeiro tema é constituído por doze capítulos que procuraram avaliar o processo de ressignificação e contextualização do ensino de química a partir: *i)* da percepção dos estudantes em relação ao consumo de água; *ii)* o ensino de química por meio de projetos; *iii)* a visão do aluno em relação ao processo de aprendizagem; *iv)* utilização de recursos tecnológicos e midiáticos como ferramentas facilitadoras no processo de aprendizagem; e *v)* utilização de materiais alternativos para a experimentação no ensino de química.

O segundo tema possui seis capítulos que procuraram avaliar o desempenho de novas substâncias químicas com inúmeras propriedades biológicas, entre as quais: a redução do número de larvas do mosquito *Aedes Aegypti*, bem como propriedades anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras de interesse biológica. O terceiro tema é constituído por três capítulos que investigaram a síntese de nanopartículas de polianilina para composição de tintas utilizadas na impressão e do mineral hidroxiapatita. Por fim, o último tema é composto por seis capítulos que investigaram a remediação ambiental que se utilizou de resíduos de biomassa para remoção de metais pesados, a síntese de nanopartículas de sílica para a remoção de Ba^{2+} em matrizes aquosas, remediação de efluente contaminado com cádmio e chumbo e a aplicação de diferentes Processos Oxidativos Avançados para remoção de contaminantes.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos que são disponibilizados de forma gratuita no site da Editora e em outras plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

QUÍMICA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOBRE O LIXO

Kalebe Pinheiro Ramos
Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Fabricia Oliveira da Silva
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222021>

CAPÍTULO 2..... 10

CARACTERIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NA CONCEPÇÃO DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA QUE DIFICULTAM O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO PROFISSIONAL DOCENTE

Graziele Borges de Oliveira Pena
Nyuara Araújo da Silva Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222022>

CAPÍTULO 3..... 34

A QUÍMICA E O USO CONSCIENTE DA ÁGUA: PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DE ESCOLA DA REDE PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA - MG

Luísa Resende Lobato de Almeida
Carlos Alexandre Vieira
Alexandre Fernando da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222023>

CAPÍTULO 4..... 42

CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca
Maria Fabiana Sousa Rosa
Ronilson Freitas de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222024>

CAPÍTULO 5..... 52

ENSINO DE QUÍMICA: INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE APRENDIZADO SEGUNDO A VISÃO DOS ALUNOS

Alan Stampini Benhame de Castro
Hauster Maximiler Campos de Paula
Cristiana Resende Marcelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222025>

CAPÍTULO 6..... 70

**CONSTRUÇÃO DE JOGOS LÚDICOS E BRINQUEDOS A PARTIR DE GARRAFAS PET'S:
UM PROJETO DE AÇÃO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE PARINTINS, AM**

Clailson Lopes dos Santos
Gabriela Rodrigues Conceição
Ivan Souza Tavares
Pedro Campelo de Assis Junior
Raymara Fonseca dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222026>

CAPÍTULO 7..... 80

CONSTRUÇÃO DE UM KIT ALTERNATIVO PARA TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE

Adriano Olímpio da Silva
Regiane Auzier Coelho
Valeria Lopes Amorim
Luciane Lasle Cordeiro da Silva
Rosângela da Silva Lopes
Aline Alves dos Santos Naujorks

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222027>

CAPÍTULO 8..... 89

**INSTRUMENTOS ALTERNATIVOS PARA AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA NO ENSINO
REMOTO**

Alcy Favacho Ribeiro
Anderson Rogério Beltrão Franco
Geane da Silva de Souza
Karla do Socorro Ramos Gatinho
Natasha de Jesus Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222028>

CAPÍTULO 9..... 100

**APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DE RADIOATIVIDADE E SUA INTERDISCIPLINARIDADE
ATRAVÉS DE UM JOGO LÚDICO NO ENSINO REMOTO**

Celine Eveli Teixeira de Barros
Yasmim dos Santos Barros
Alexsandro Sozar Martins
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte
Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222029>

CAPÍTULO 10..... 107

**O USO DE MÁSCARAS COMO TEMA PARA AULA DE GASES E DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19**

Igor Andrade Ribeiro
Poliane Moreira Pereira
André Luigi Soares de Souza
Matheus Conceição Jacaúna

Rosenir Xavier Tavares
Jackson Guerreiro de Almeida
Crisquelen Guimarães de Souza
José Nilton Almeida da Silva Filho
Alex Izuka Zanelato
Ataiany dos Santos Veloso Marques

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220210>

CAPÍTULO 11..... 111

O ENSINO DE CHUVA ÁCIDA POR MEIO DE MÍDIAS DIGITAIS

Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Fabricia Oliveira da Silva
Kalebe Pinheiro Ramos
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220211>

CAPÍTULO 12..... 119

O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE JOGOS E SIMULADORES DIGITAIS

Fabricia Oliveira da Silva
Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Kalebe Pinheiro Ramos
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220212>

CAPÍTULO 13..... 126

DESENVOLVIMENTO DE UM CARBOIDRATO CONTENDO UMA UNIDADE ACEPTORA DE MICHAEL APLICADO NO COMBATE ÀS LARVAS DO MOSQUITO AEDES AEGYPTI

Herbert Igor Rodrigues de Medeiros
Rodrigo Ribeiro Alves Caiana
Rayane de Oliveira Silva
Jonh Anderson Macêdo Santos
Cláudia Laís Araújo Almeida Santos
Juliano Carlo Rufino de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220213>

CAPÍTULO 14..... 138

MOLECULAR INTERACTION PROFILES OF SOLIDAGENONE WITH INFLAMMATORY MARKERS

Simone Sacramento Valverde
Bruna Celeida Silva Santos
Temistocles Barroso de Oliveira
Orlando Vieira de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220214>

CAPÍTULO 15..... 146

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *Usnea steineri* FRENTE A FITOPATÓGENOS

Lucas Silva Cintra
Marcos Gomide Tozatti
Maria Anita Lemos Vasconcelos
Carlos Henrique Gomes Martins
Márcio Luis Andrade e Silva
Ana Helena Januário
Patricia Mendonça Pauletti
Wilson Roberto Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220215>

CAPÍTULO 16..... 160

USO DE PROCESSOS MULTICOMPONENTES NA SÍNTESE DE NOVOS PEPTOIDES DE INTERESSE BIOLÓGICO

Paulo Marcos Donate
Mike Gustavo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220216>

CAPÍTULO 17..... 172

REAÇÃO DE DEBUS-RADZISZEWSKI – RELEVANTE METODOLOGIA PARA A SÍNTESE DE 1,3-IMIDAZÓIS E 1,3-OXAZÓIS

Sidney Silva Simplicio
Victória Laysna dos Anjos Santos
Cristiane Costa Lima
Matheus Vieira Castro
Arlan de Assis Gonsalves
Cleônia Roberta Melo Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220217>

CAPÍTULO 18..... 189

ATUAÇÃO DOS NEUROTRANSMISSORES NO COMBATE À ANSIEDADE NO CENÁRIO DA PANDEMIA

Wallyson Oliveira de Sousa
Danilo Batistuta da Silva Lopes
Alexsandro Sozar Martins
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220218>

CAPÍTULO 19..... 196

ANÁLISE DE FATORES QUE MELHORAM O ÍNDICE DE FLUIDEZ EM POLIPROPILENO

Juliano Antonio Frizzo

Andrei Goldbach

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220219>

CAPÍTULO 20..... 204

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE POLIANILINA PARA USO EM TINTAS DE IMPRESSÃO

Cristiane Krause Santin

Manuela Arend Prediger

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220220>

CAPÍTULO 21..... 211

AVALIAÇÃO DA ROTA DE SÍNTESE PARA OBTENÇÃO DE HIDROXIAPATITA NANOESTRUTURADA

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damião Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220221>

CAPÍTULO 22..... 218

MONITORAMENTO DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE PRODUZIDOS EM SERGIPE E COMERCIALIZADO NA CIDADE DE ARACAJU

Gislaine Santos Santana Leal

Adalberto Menezes Filho

Antônio Sérgio Oliveira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220222>

CAPÍTULO 23..... 228

REMOÇÃO DE METAL PESADO POR BIOMASSA OBTIDA A PARTIR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL

Helder Lopes Vasconcelos

Isamara Godoi

Divair Christ

Débora Danielle Virginio Silva

Maria das Graças Almeida Felipe

Luciane Sene

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220223>

CAPÍTULO 24..... 239

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SÍLICA

MESOPOROSA PARA REMOÇÃO DE Ba²⁺ DE MEIO AQUOSO

Daniel Walker Tondo

Caroline Mayara Meurer Reolon

Renata Mello Giona

Alessandro Bail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220224>

CAPÍTULO 25.....252

REMEDIAÇÃO DE EFLUENTE CONTAMINADO COM CÁDMIO E CHUMBO: UMA ABORDAGEM ECO AMIGÁVEL

Ana Lúcia Eufrazio Romão

Katiany do Vale Abreu

Dalila Maria Barbosa Davi

Maria Roniele Félix Oliveira

Carlos Emanuel Carvalho Magalhães

Carlucio Roberto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220225>

CAPÍTULO 26.....265

DETECÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO EMPREGANDO DIFERENTES PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA REMOÇÃO DOS FÁRMACOS GEMFIBROZIL, HIDROCLOROTIAZIDA E NAPROXENO EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220226>

CAPÍTULO 27.....280

PROCESSO FOTO-FENTON E FOTO-FENTON SOLAR: FUNDAMENTOS, APLICAÇÃO E PANORAMA CIENTÍFICO

Aline Aparecida Carvalho França

Carlos Ernando da Silva

Leonardo Madeira Martins

Ludyane Nascimento Costa

Gabriel e Silva Sales

Felipe Pereira da Silva Santos

Ana Karina Borges Costa

Kerlane Alves Fernandes

José Milton Elias de Matos

José Luiz Silva Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220227>

SOBRE O ORGANIZADOR.....295

ÍNDICE REMISSIVO.....296

CAPÍTULO 15

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *usnea steineri* FRENTE A FITOPATÓGENOS

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 8/11/2021

Lucas Silva Cintra

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP.
<http://lattes.cnpq.br/2409800960141086>

Marcos Gomide Tozatti

Faculdade Pestalozzi de Franca, Rua José Marques Garcia, 197, CEP 14401-080, Franca - SP.
<http://lattes.cnpq.br/8506469548612581>

Maria Anita Lemos Vasconcelos

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP.
<http://lattes.cnpq.br/4241282867555715>

Carlos Henrique Gomes Martins

Universidade Federal de Uberlândia - Avenida João Naves de Ávila, 2121, CEP 38.400-902, Uberlândia- MG
<http://lattes.cnpq.br/8076024656192550>

Márcio Luis Andrade e Silva

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP.
<http://lattes.cnpq.br/3379459480976790>

Ana Helena Januário

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP
<http://lattes.cnpq.br/5596725243630872>

Patricia Mendonça Pauletti

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP.
<http://lattes.cnpq.br/5900037029288245>

Wilson Roberto Cunha

Universidade de Franca , Avenida Dr. Armando Salles de Oliveira 201, CEP 14404-600, Franca- SP.
<http://lattes.cnpq.br/0167858725923432>

RESUMO: O presente estudo propôs-se a re-isolar, identificar e investigar o potencial antifitopatogênico de uma série de metabólitos secundários obtidos a partir de extrato acetônico obtido do líquen *Usnea steineri*. A partir deste extrato foram obtidos o ácido úsnico, o ácido difractáico, o ácido galbínico e o ácido norstítico. A identificação de todas as substâncias foi realizada com base nos dados obtidos de RMN-¹H, RMN-¹³C e/ou comparação com padrões autênticos. Nos ensaios de avaliação da atividade antimicrobiana frente a seis fungos fitopatogênicos, o ácido úsnico mostrou atividade promissora contra *Pestalotiopsis longisetula* (CIM= 31,25 µg/mL) e o ácido difractáico apresentou atividade antifúngica moderada com valores de CIM de 250 µg/mL frente ao *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*. Os resultados abrem perspectivas para a utilização do ácido úsnico e do ácido difractáico no desenvolvimento de novos fungicidas e para o controle de determinados fitopatógenos.

PALAVRAS-CHAVE: ácido úsnico, atividade antimicrobiana, fitopatógenos.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF COMPOUNDS ISOLATED FROM USNEA STEINERI AGAINST PHYTOPATHOGENS

ABSTRACT: The present study aimed to re-isolate, identify and investigate the antiphytopathogenic potential of a series of secondary metabolites from acetonic extract obtained from the lichen *Usnea steineri*. From this extract, usnic acid, difractaic acid, galbinic acid and norstitic acid were obtained. The identification of all substances was performed based on data obtained from $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$ and/or comparison with authentic standards. In the tests to evaluate the antimicrobial activity against six phytopathogenic fungi, usnic acid showed promising activity against *Pestalotiopsis longisetula* (MIC = 31.25 $\mu\text{g/mL}$) and difractaic acid showed moderate antifungal activity with MIC values of 250 $\mu\text{g/mL}$ against to *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani*. The results open perspectives for the use of usnic acid and difractaic acid in the development of new fungicides and for the control of certain phytopathogens.

KEYWORDS: usnic acid, antimicrobial activity, phytopathogens.

1 | INTRODUÇÃO

Desde a origem da agricultura, a criação de métodos de controle de pragas tem sido um desafio para o homem. As doenças de plantas são causadas por patógenos, como fungos, bactérias, nematoides e vírus, sendo os fungos os parasitas que causam maior impacto no que diz respeito a doenças e perdas na produção agrícola. As doenças fúngicas mais comuns incluem oídio, ferrugem da folha, praga de raiz, podridão da coroa, tombamento, antracnose e murcha vascular (MDEE et al., 2009; FONSECA et al., 2015) acarretando perdas significativas na agricultura, destruição de grãos durante a estocagem, diminuição do valor nutritivo e, algumas vezes, produção de micotoxinas prejudiciais ao homem e aos animais (VELLUTI et al., 2004; NAGHETINI, 2006). Muitas investigações têm sido conduzidas visando detectar novas fontes de bioinseticidas para controle de pragas em plantas cultivadas e em produtos armazenados. No entanto, apesar da crescente demanda por produtos mais seletivos e seguros, poucas formulações têm sido desenvolvidas e disponibilizadas no mercado mundial (CARVALHO et al., 2015).

As espécies *Fusarium* que causam murchas vasculares são todas classificadas como *Fusarium oxysporum* (PEREIRA, 2007). Este fungo é responsável por cerca de 20 doenças de importância econômica e os sintomas incluem: murcha, descoloração vascular, clorose, nanismo e morte prematura de plantas. Entre algumas doenças de importância econômica podem ser citadas a murcha do algodoeiro, murcha de fusário do tomateiro, murcha de bananeira e murcha de fusário do feijoeiro. Este fungo também é responsável pela redução no rendimento de algumas outras culturas comercialmente importantes como a alfafa e batata (RODRIGUEZ et al., 2005). Outro fitopatógeno de mesmo gênero é o fungo *Fusarium solani* em feijoeiro que está relacionado com podridões de raízes e da coroa e cancos em caule (PEREIRA, 2007).

Rhizoctonia solani é um importante fungo fitopatogênico de solo e causa sérios

problemas nas batatas, guandu, arroz e outras culturas. Doenças do tipo cancro da haste, sarna negra de tubérculos, retardamento ou impedimento da emergência, danos em plantas mais velhas e também nas mudas provocam um baixo rendimento da colheita (ANGUIZ, 1989).

Macrophomina phaseolina possui uma ampla gama de hospedeiros e é responsável por causar prejuízos em mais de 500 espécies de plantas cultivadas e silvestres (KHAN, 2007). Sob condições favoráveis, o fungo provoca muitas doenças como tombamento, mudas ferrugem, podridão do colmo e podridão de raízes em várias culturas economicamente importantes como milho, soja, sorgo e feijão (ROSA, 2006; BABU, et al., 2007).

Lasiodiplodia theobromae apresenta uma gama de mais de 500 hospedeiros já catalogados em regiões tropicais e temperadas. Sua capacidade de infectar frutos coloca-o dentre os mais eficientes patógenos disseminados por meio de sementes e causadores de problemas pós-colheita (FREIRE et al., 2004).

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* possui diversos hospedeiros, infectando goiabeira, mangueira, mamoeiro, cajueiro, sendo também responsável pela antracnose que constitui um dos mais sérios problemas que ocorre no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*), principalmente na fase de pós-colheita (MARTINS et al., 2005). A antracnose foliar causada por este fungo ocorre também na cebolicultura (*Allium cepae*), sendo esta uma das culturas de grande importância econômica. Para controle da doença, utilizam-se intensivamente fungicidas, principalmente o Benomyl® (benlate), o qual tem sido pouco efetivo (HADDAD et al., 2003).

Fungos do gênero *Pestalotiopsis* sp. estão amplamente distribuídos, ocorrendo em solos, ramos, sementes, frutos e folhas podendo ser parasitas endofíticos ou sapróbios. Há aproximadamente 234 espécies descritas (KRUSCHEWSKY et al., 2010). Encontrase na fase de pós-colheita de diversas frutas tropicais, como a banana, o mamão, a uva, o pseudofruto do caju e a laranja (VIANA et al, 2003). Em frutíferas, como o kiwizeiro (*Actinidia deliciosa*), espécies de *Pestalotiopsis* provocam lesões em folhas e frutos, comprometendo a produção e a qualidade dos mesmos (KARAKAYA, 2001). No Ceará, Cardoso et al. (2002), descrevem *P. psidii* como o agente etiológico da doença conhecida como podridão no caule da goiabeira assim como lesões no morangueiro foram atribuídas a *P. longisetula* (CAMILLI et al., 2002; KRUSCHEWSKY, et al., 2010).

O controle dessas doenças na agricultura tem se intensificado, sendo realizado basicamente através do emprego de produtos sintéticos. Quando estes produtos são utilizados de maneira racional, podem-se obter resultados satisfatórios, entretanto, sua adoção indiscriminada tem ocasionado problemas de contaminação humana e ambiental e tem provocado o surgimento de patógenos resistentes a esses produtos químicos (GHINI & KIMATI, 2000). Segundo Ribas e Matsumura (2009), os agrotóxicos podem ser definidos como substâncias químicas naturais ou sintéticas, utilizadas para matar, controlar ou combater de algum modo as pragas, doenças e ervas invasoras das lavouras, constituindo

um importante meio de controle sobre os agroecossistemas (DIAS, et al., 2010).

A busca de substitutos para os produtos sintéticos encontra nas plantas uma alternativa de interesse econômico e ecológico bastante promissora (SOUZA et al., 2007), onde o emprego de substâncias extraídas de vegetais e com possível atividade na inibição de fitopatógenos poderiam representar uma opção no controle de doenças no campo.

A agricultura brasileira ocupa uma posição de destaque no abastecimento de produtos de origem vegetal devido aos avanços das pesquisas e tecnologias que permitem o aumento da produtividade, além da elaboração de produtos agrícolas mais sofisticados (PASTRO et al., 2012).

A Química de Produtos Naturais representa, dentro da área de pesquisa com espécies vegetais, um ponto de grande importância e valor. A diversidade de substâncias ativas em espécies vegetais tem motivado o desenvolvimento de pesquisas envolvendo o uso de extratos vegetais, óleos essenciais e substâncias bioativas no intuito de explorar suas propriedades fungicidas e bactericidas. Na literatura tem-se verificado o registro da eficiência de extratos vegetais e substâncias isoladas, na promoção da inibição do desenvolvimento de vários fitopatógenos (CELOTO et al., 2008; CARNEIRO et al., 2008; FERREIRA et al., 2012; SALES et al.; 2016).

2 | OBJETIVOS

Re-isolamento da substância ácido úsnico e outras presentes no extrato acetônico do líquen *Usnea steineri*, visando a avaliação da atividade antimicrobiana das substâncias frente a microrganismos fitopatogênicos.

3 | 3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo químico

3.1.1 Coleta e identificação do líquen

O líquen *Usnea steineri* Zahlbr foi coletado na Reserva de Jataí - município de Luís Antônio-SP e identificado pelo Prof. Dr. Milton Groppo do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia de Ciências e Letras de Ribeirão Preto (USP). Uma exsicata da espécie foi depositada no Herbário do Departamento (SPFR 12661).

3.1.2 Obtenção do extrato de *Usnea steineri*

O material coletado (*U. steineri*) foi seco e estabilizado em estufa de ar circulante (40°C) e triturado em moinho de facas até a forma de pó (300 g), o qual foi posteriormente submetido à extração por maceração com o solvente acetona (3 litros, temperatura

ambiente). O processo de extração foi repetido por três vezes com um intervalo de uma semana entre elas. Todo o material resultante do processo de maceração foi filtrado e concentrado sob pressão reduzida à temperatura de 40°C, utilizando-se um evaporador rotativo até a eliminação completa do solvente. O extrato bruto seco (18,44 g) foi acondicionado em frasco âmbar com tampa e mantido em geladeira.

3.1.3 Re-investigação do extrato acetônico de *Usnea steineri*

Ao ser solubilizado o extrato bruto acetônico de *U. steineri* em acetonitrila foi possível observar a formação de um precipitado, o qual foi separado e codificado como **US-P**. O sobrenadante foi então submetido à CLAE-preparativa, do qual foi possível isolar o (+) - ácido úsnico codificado como **US-1** e outros dois componentes mais polares codificados como **US-2** e **US-E**. Todas as substâncias isoladas e o precipitado foram submetidas à análise por RMN-¹H, RMN-¹³C e EM gerando espectros que permitiram sua identificação.

3.2 Estudo biológico

3.2.1 Avaliação da atividade antimicrobiana

Para o presente estudo, foram realizados vários ensaios para avaliação das atividades antimicrobiana. Todos estes ensaios foram realizados nos laboratórios da UNIFRAN em colaboração com o professor Dr. Carlos Henrique Gomes Martins (Laboratório de Microbiologia).

3.2.2 Cepas de fungos fitopatogênicos

As cepas dos fungos que foram utilizadas no presente estudo foram fornecidas por pesquisadores colaboradores da Embrapa e outras Instituições. O **Quadro 1** abaixo descreve os microrganismos utilizados e os hospedeiros (espécies vegetais) destes.

Microrganismos	Hospedeiro
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Pimenteira
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Melão
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Cajueiro
<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	Morangueiro
<i>Fusarium solani</i>	Maracujazeiro

Quadro 1. Fitopatógenos de interesse agrícola.

3.2.3 Determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) nos ensaios com os fungos fitopatogênicos

A técnica da determinação da CIM foi realizada em placas de microdiluição com 96 poços, onde foram feitas diluições seriadas em concentrações de 2000 $\mu\text{g/mL}$ a 0,98 $\mu\text{g/mL}$. O meio de cultura utilizado foi o caldo RPMI, tamponado com MOPS e pH final de 7,2. Nas linhas da placa de 96 poços, em todos os poços, foram adicionados 100 μL do caldo. Posteriormente no primeiro poço foram adicionados mais 100 μL da solução de trabalho e realizada a homogeneização. Em seguida foram retirados 100 μL do primeiro poço e adicionados ao segundo poço, homogeneizado, e assim sucessivamente até o décimo segundo poço, realizando-se assim a diluição seriada dos extratos e substâncias avaliadas. Para o controle do fármaco padrão realizou-se o mesmo processo, no entanto, para a anfotericina B foram utilizadas as concentrações de 16 $\mu\text{g/mL}$ a 0,031 $\mu\text{g/mL}$ e para o DMSO a concentração utilizada foi de 1%.

Após esse procedimento foram adicionados 100 μL do inóculo, previamente preparado, em todos os poços. Após a montagem das microplacas, estas foram incubadas por 72 horas a 28°C. Decorrido este período, ocorreu a observação a olho nu da microplaca. Em alguns casos, foi necessário o auxílio de uma lupa para que ocorresse melhor visualização do crescimento fúngico. A concentração inibitória mínima foi determinada comparando-se o crescimento fúngico dos poços com o controle de esterilidade do caldo e o controle do inóculo.

O inóculo foi preparado baseado nas normas preconizadas pela CLSI M-38 A2. Primeiramente, os fungos foram cultivados em tubos contendo ágar batata-dextrose por sete dias a 25°C, para que ocorresse a formação de conídios ou esporangiosporos. As espécies de *Fusarium* foram incubadas por 72 horas a 35°C e depois permaneceram em temperatura de 25°C até o sétimo dia.

Após esse período, o inóculo foi feito adicionando-se 1 mL de solução salina estéril 0,85% ao tubo de ensaio contendo o cultivo, formando-se assim uma suspensão. A mistura foi transferida para um tubo estéril e permaneceu em repouso por 5 minutos. Após a sedimentação, o sobrenadante homogêneo foi transferido para outro tubo e sofreu agitação em vórtex durante cerca de 15 segundos.

As densidades das suspensões foram lidas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 530 nm e ajustadas para que atingissem densidade óptica de 0,09 a 0,11 (transmitância de 80% a 82%) e de 0,15 a 0,17 (transmitância de 68% a 70%) para espécies de *Fusarium*. O ajuste foi realizado adicionando-se a quantidade necessária de solução salina 0,85% ou suspensão de conídios. Após o ajuste em espectrofotômetro, a suspensão foi diluída em meio RPMI, na proporção 1:50, que corresponde 2x a concentração necessária de 0,4 x 10⁴ a 5 x 10⁴ UFC/mL.

Como controle foi utilizada o fármaco Anfotericina B, para validação da técnica,

sendo diluída para obter a concentração de 16 $\mu\text{g/mL}$ a 0,031 $\mu\text{g/mL}$, na microplaca de 96 poços.

Para a validação dos ensaios, quanto ao controle da Anfotericina B, foi utilizada a cepa de referência *Aspergillus fumigatus* (ATCC 204305), para se obter faixa de CIM de 0,5 a 2,0 $\mu\text{g/mL}$.

Também foram realizados outros controles como o de esterilidade do meio de cultura (caldo RPMI), controle do inóculo (que deve apresentar crescimento devido à ausência de agentes antimicrobianos), controle de esterilidade dos antifúngicos, controle de esterilidade dos extratos brutos, e controle do solvente (DMSO).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo Químico

4.1.1 Re-isolamento e identificação do ácido úsnico

Estudos prévios realizados pelo nosso grupo relatam o isolamento e a identificação do ácido úsnico presente no extrato acetônico do líquen *Usnea steineri* (TOZATTI et al., 2016). O extrato acetônico de *Usnea steineri* foi analisado por CLAE-DAD (Figura 2) e comparado com padrão de ácido úsnico ($R_t = 7.11$ min) (Figura 3). Parte deste extrato foi aplicado em CLAE-preparativa (Figura 4), sendo possível isolar o ácido úsnico. O ácido único isolado corresponde ao (+)-ácido úsnico ($[\alpha]_D^{22} = +0,410$; $c = 3\text{mg/mL}$). (Figura 1).

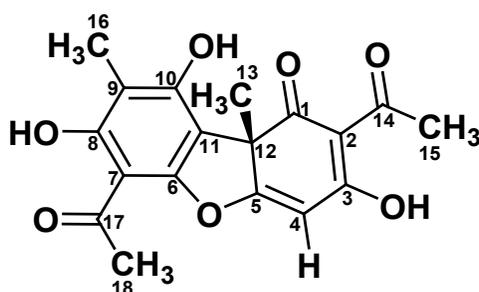


Figura 1: Estrutura química do (+)-Ácido Úsnico

4.1.2 Resultados da re-investigação do extrato acetônico de *Usnea steineri*

Parte deste extrato foi submetido à CLAE-preparativa, no qual ao ser solubilizado foi possível observar a formação de um precipitado codificado como US-P. A partir da CLAE-preparativa foi possível isolar o ácido úsnico (US-1) e outros dois componentes mais polares que foram codificados como US-2 ($R_t = 5.17$ min) e US-E ($R_t = 2.42$ min). Através

dos espectros de RMN-¹H e RMN-¹³C foi possível a identificação de todas as substâncias, sendo elas o ácido norstítico (US-P), ácido galbínico (US-E), ácido difractáico (US-2) e ácido úsnico (US-1).

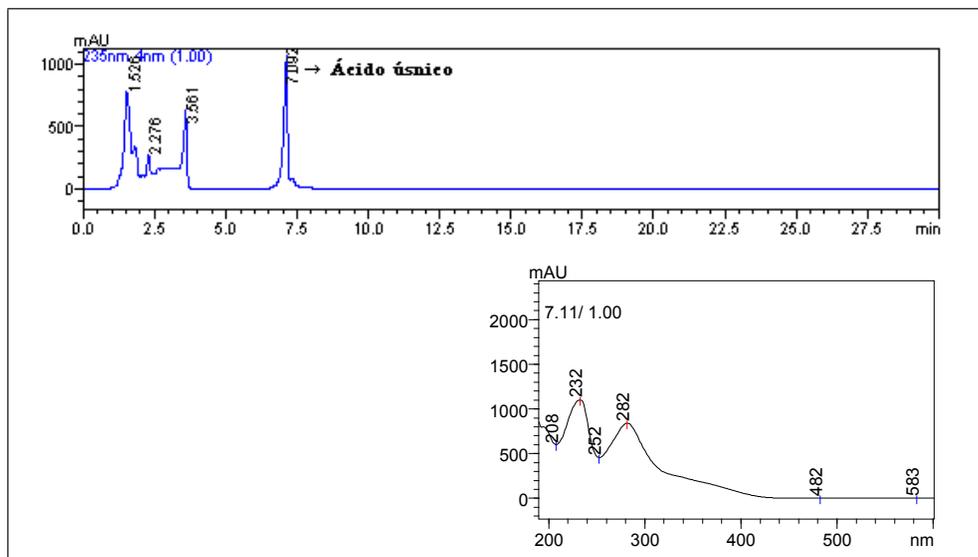
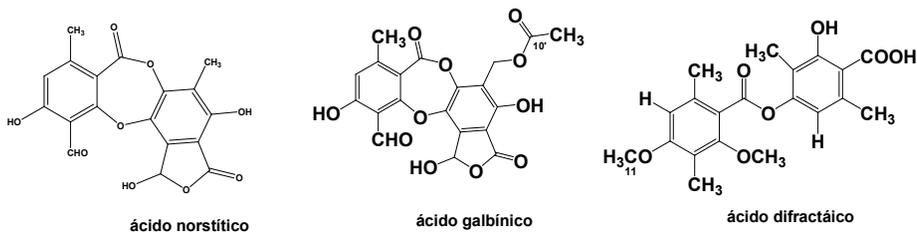


Figura 2: Cromatograma do extrato acetônico de *Usnea steineri* e seu respectivo espectro de UV do pico em 7,09 minutos.

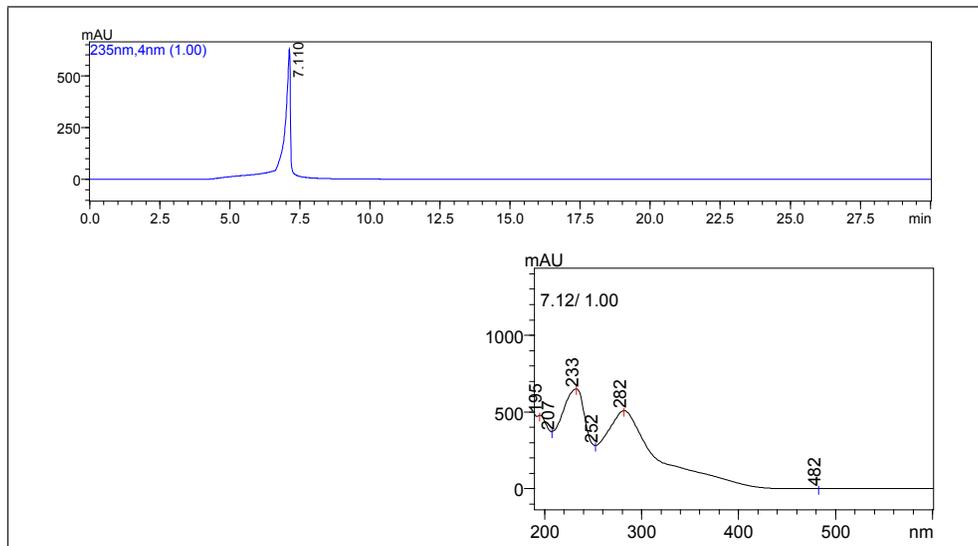


Figura 3: Cromatograma do padrão ácido úsnico e seu respectivo espectro de UV.

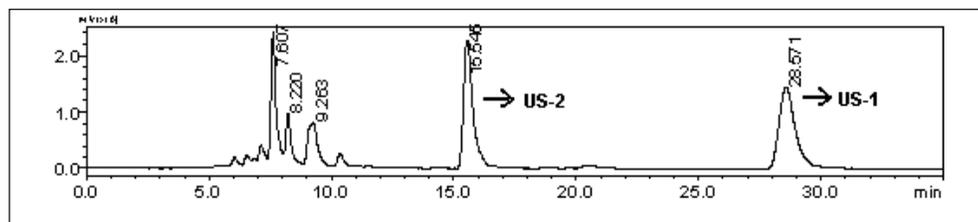


Figura 4: Isolamento do ácido úsnico por CLAE preparativa.

4.2 Estudo biológico

4.2.1 Resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM) das substâncias isoladas frente aos fungos fitopatogênicos

Segundo Holetz *et al.* (2002) na avaliação da atividade antimicrobiana na determinação da concentração inibitória mínima (CIM) de produtos naturais consideramos valores de CIM menores que 100 µg/mL apresentam uma atividade antimicrobiana boa, CIM >100 a 500 µg/mL apresentam moderada atividade antimicrobiana, os valores de CIM de >500 a 1000 µg/mL apresentam fraca atividade antibacteriana, os valores da CIM maiores que 1000 µg/mL, são considerados inativos.

A Concentração Inibitória Mínima (CIM) para cepas *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium solani*, *Pestalotiopsis longisetula*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Rhizoctonia solani* e *Colletotrichum gloeosporioides* demonstram que os resultados obtidos variam de bons a inativos, de acordo com o descrito por Holetz *et al.*, (2002). Sendo os melhores resultados

encontrados sobre a cepa *Pestalotiopsis longisetula*, com valor de CIM de 31,25 $\mu\text{g/mL}$ e 62,5 $\mu\text{g/mL}$ diante da exposição ao Ácido Úsnico. Seguidos pela atividade das mesmas substâncias frente a cepa de *Macrophomina phaseolina*, porém com valores de CIM de 500 $\mu\text{g/mL}$ frente ao Ácido Úsnico.

A inatividade das substâncias testadas, frente aos fitopatógenos pode ser justificada pela resistência natural que estes microrganismos possuem.

Para melhor compreensão, esses, e os demais resultados estão discriminados na Tabela 1, a seguir.

O resultado de CIM da cepa controle frente ao antifúngico controle foi de 2 $\mu\text{g/mL}$ e está de acordo com o descrito pela CLSI, assegurando que a técnica foi realizada de forma correta e os resultados obtidos são verídicos.

Os resultados obtidos também demonstram que o Ácido Difractáico foi o mais eficaz contra os microrganismos testados, apresentando atividade antifúngica moderada com valores de CIM de 250 $\mu\text{g/mL}$ frente ao *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*, e 500 $\mu\text{g/mL}$ frente à *Macrophomina phaseolina* e *Lasiodiplodia theobromae*. Frente às demais espécies avaliadas, as substâncias apresentaram-se inativas.

Embora seja capaz de inibir o crescimento microbiano de algumas espécies, são necessários mais estudos com o Ácido Úsnico e o Ácido Difractáico para garantir o uso seguro.

Microrganismos	Ácido Úsnico	Ácido Difractáico	Ácido Norstítico	Ácido Galbinico
<i>Macrophomina phaseolina</i>	500	500	>2000	>2000
<i>Fusarium solani</i>	2000	250	>2000	>2000
<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	31,25	1000	>2000	>2000
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	2000	500	>2000	>2000
<i>Rhizoctonia solani</i>	>2000	250	>2000	>2000
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	2000	2000	>2000	>2000

Tabela 1: Atividade antimicrobiana de substâncias isoladas frente a fungos fitopatógenos.

Os resultados desse trabalho podem ser comparados ao de Andrade et al., (2014). Neste estudo, os pesquisadores avaliaram a atividade antifúngica de *Pinus ellioti* e *Pinus tropicalis* frente às mesmas espécies de fitopatógenos avaliados nesse trabalho e com a mesma metodologia.

Os resultados obtidos por esses pesquisadores corroboram com os dados observados em nossa pesquisa, visto que os autores também citam a resistência natural do fungo e que também tiveram valores de CIM considerados inativos. Além disso, os

valores de CIM obtido por eles ficaram entre 62,5 µg/mL e 1000 µg/mL, valores próximos aos encontrados nessa pesquisa.

Como mencionado anteriormente, os valores de CIM encontrados em altas concentrações são justificáveis pela resistência natural dos fungos. Essa afirmação é confirmada pelo trabalho de Formighieri et al., (2010), que citam que nas últimas décadas houve aumento da resistência dos fungos fitopatogênicos.

Assim como Formighieri et al., (2010), outros autores como Parreira et al., (2010), Stallbaun et al., (2016), Casado et al., (2018) fazem as mesmas afirmações em relação à resistência fúngica.

Ainda, Amaral e Bara (2005) investigaram a atividade antifúngica do açafrao e do coração negro frente a cinco fitopatógenos, sendo eles: *M. phaseolina*, *S. rolfisii*, *Rhizoctonia solani*, *F. solani* e *F. oxysporum*. Quanto ao açafrao foi possível concluir, pelos autores, que seu extrato em concentração de 1% é eficiente frente ao *F. oxysporum* e *R. solani*. Já o extrato de coração negro foi eficaz contra *F. oxysporum* e *M. phaseolina*.

Nosso estudo se assemelha aos resultados de Amaral e Bara (2005), pois o Ácido Difrataico também apresentou atividade antifúngica frente às cepas de *M. phaseolina*, *Rhizoctonia solani* e *F. solani*.

Face ao exposto, acredita-se no potencial promissor do Ácido Úsnico e Ácido Difrataico para criação de defensivos agrícolas.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio a pesquisa (processo no. 2016/22228-1). Ao CNPq pelas bolsas concedidas. À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AMARAL, M.F.Z.J.; BARA, M.T.F. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento de fitopatógenos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.2, n.2, p.5-8, 2005.

ANDRADE, Gessica et al. Atividade antifúngica da oleorresina e frações de *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus tropicalis* contra fitopatógenos. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 26, pág. 3898, 2014.

ANGUIZ, R.; MARTIN, C. Anastomosis groups, pathogenicity, and other characteristics of *Rhizoctonia solani* isolated from potatoes in Peru. **Plant Disease**, v. 73, n. 3, p. 199-201, 1989.

BABU, Bandamaravuri Kishore et al. Identification and detection of *Macrophomina phaseolina* by using species-specific oligonucleotide primers and probe. **Mycologia**, v. 99, n. 6, p. 797-803, 2007.

BARREIRO, E. J. Strategy of molecular simplification in rational drug design: the discovery of a new cardioactive agent. **Química Nova**, v. 25, n. 6 B, p. 1172-1180, 2002.

- BRINGEL, José Magno Martins; TAKATSU, Armando; UESUGI, Carlos H. Colonização radicular de plantas cultivadas por *Ralstonia solanacearum biovars 1, 2 e 3*. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 497-500, 2001.
- CALDERON, Leonardo de Azevedo et al. Biodiversidade amazônica: uma visão do desenvolvimento de medicamentos para leishmaniose e malária. **Revista da Sociedade Brasileira de Química**, v. 20, n. 6, pág. 1011-1023, 2009.
- CAMILLI, Elisângela C.; CARBONARI, Murilo; SOUZA, N. L. Caracterização de *Pestalotiopsis longisetula* e sua patogenicidade em morango. **Summa Phytopathologica**, v. 28, n. 2, p. 213-214, 2002.
- CARNEIRO, S. M. T. P. G.; PIGNONI, E.; GOMES, J. C. Efeito do nim (*Azadirachta indica A. Juss.*) no controle da mancha angular do feijoeiro. **Rev. Bras. de Plantas Mediciniais**. Botucatu, 10, 3, 6-10, 2008.
- CARVALHO, Sheila Salles de et al. Efeito inseticida sistêmico de nanoformulações à base de nim sobre *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em tomateiro. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 298-306, 2015.
- CASADO, Priscila Santos et al. Método eficiente, baseado em leitores de microplaca, para detecção de resistência a fungicidas triazóis (IDM) e estrobirulinas (IQe) em populações do patógeno do brusone do trigo. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 3, p. 236-244, 2018.
- CELOTO, Mercia Ikarugi Bomfim et al. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2008.
- DIAS, Lucas Pinheiro et al. Toxicidade do extrato metanólico da canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) contra fungos fitopatógenos. **Revista do V CONNEPI**, v. 5, p. 1-6, 2010.
- FERREIRA, Fátima Teresinha Rampelotti; VENDRAMIM, José Djair; FORIM, Moacir Rossi. Bioatividade de nanoformulações de nim sobre a traça-do-tomateiro. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1347-1353, 2012.
- FONSECA, Maira Christina Marques et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 45-50, 2015.
- FORMIGHIERI, A. P. et al. Avaliação do potencial da planta *Adiantum capillus-veneris* (L.) no controle de fitopatógenos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 3, 2010.
- FREIRE, F.O.C.; VIANA, F.M.P.; CARDOSO, J.E.; SANTOS, A.A. Novos Hospedeiros do Fungo *Lasiodiplodia theobromae* no Estado do Ceará. **Comunicado técnico online Embrapa**, 2004.
- GHINI, Raquel; KIMATI, Hiroshi. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000., 2000.
- HADDAD, F.; MAFFIA, Luiz A.; MIZUBUTI, Eduardo SG. Evaluation of fungicides to control *Colletotrichum gloeosporioides* on onion. **Fitopatologia brasileira**, v. 28, n. 4, p. 435-437, 2003.
- HOLETZ, Fabíola Barbiéri et al. Screening of some plants used in the Brazilian folk medicine for the treatment of infectious diseases. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 97, n. 7, p. 1027-1031, 2002.
- KARAKAYA, A. First report of Infection of kiwifruit by *Pestalotiopsis sp.* **Plant Disease**. 85, 1028, 2001.
- KHAN, S. N. *Macrophomina phaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. **Micopath**, v. 5, p. 111-118, 2007

KIM, Jonghoon; KIM, Heejun; PARK, Seung Bum. Privileged structures: efficient chemical “navigators” toward unexplored biologically relevant chemical spaces. **Journal of the American Chemical Society**, v. 136, n. 42, p. 14629-14638, 2014.

KRUSCHEWSKY, M. C. **Taxonomia e ecologia do gênero *Pestalotiopsis* no Brasil, com ênfase para a Mata Atlântica do sul da Bahia**. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus.

MARTINS, I. et al. Produção de *Colletotrichum gloeosporioides* em meios líquidos. **Brasília: EMBRAPA**, p. 6, 2005.

MDEE, Ladislaus Kakore; MASOKO, Peter; ELOFF, Jacobus Nicolaas. The activity of extracts of seven common invasive plant species on fungal phytopathogens. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 2, p. 375-379, 2009.

NAGHETINI, C.C. Caracterização físico-química e atividade antifúngica dos óleos essenciais da cúrcuma. **Dissertação** (Mestrado em Ciências de alimentos). Farmácia da UFMG, 2006.

NCCLS. Método de referência para testes de diluição em caldo para determinação da ridentate de a terapia antifúngica de fungos filamentosos; Norma aprovada. Documento M38-A do NCCLS.NCCLS, Wayne, PA, 2002.

OKUYAMA, Emi et al. Usnic acid and diffractaic acid as analgesic and antipyretic components of *Usnea diffracta*. **Planta Medica**, v. 61, n. 02, p. 113-115, 1995.

PARREIRA, Douglas Ferreira; DOS SANTOS NEVES, Wânia; ZAMBOLIM, Laércio. ARTIGO DE REVISÃO: RESISTÊNCIA DE FUNGOS A FUNGICIDAS INIBIDORES DE QUINONA. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, 2010.

PASTRO, D.C.; PASCUALI, L.C.; SANDRI, D.O.; ZELA, S.P.; SILVA, F.S. Diagnóstico de extratos vegetais com potencial para o controle fúngico. **Enciclopédia Biosfera**, 8, 14, 389-396, 2012.

PEREIRA, M.J.Z. Resistência do feijoeiro a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Tese** (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Minas Gerais, 2007.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

ROSA, J. Seleção de genótipos de guandu para resistência a *Macrophomina phaseolina* e esporulação do fungo. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2006.

SALES, Maria Diana Cerqueira et al. Antifungal activity of plant extracts with potential to control plant pathogens in pineapple. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 1, p. 26-31, 2016.

SILVA, Danielle Mariana MH; BASTOS, Cleber N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de Piper sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 143-145, 2007.

STALLBAUN, Patricia Hellenn et al. Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 459-463, 2016.

TOZATTI, Marcos G. et al. Activity of the *Lichen Usnea steineri* and its Major Metabolites against Gram-positive, Multidrug-resistant Bacteria. **Natural Product Communications**, v. 11, n. 4, p. 493-496, 2016.

UENO, B., COSTA, H. Doenças causadas por fungos e bactérias. Morangueiro. Brasília: **Embrapa**, p. 413-480, 2016

VELLUTI, A. et al. Impact of essential oils on growth rate, zearalenone and deoxynivalenol production by *Fusarium graminearum* under different temperature and water activity conditions in maize grain. **Journal of Applied Microbiology**, v. 96, n. 4, p. 716-724, 2004.

VENTUROSOS, L. dos R. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aedes aegypti 2, 5, 126, 127, 128, 131, 134, 135, 136

Águas 35, 65, 88, 118, 240, 250, 253, 262, 266, 277, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 291, 292, 293, 294, 295

Análise termogravimétrica (TGA) 243

Ansiedade 6, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Antibióticos 7, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 287

Antifitopatogênico 146

Antifúngica 146, 155, 156, 157, 158, 159, 177, 263

Antimicrobiana 2, 6, 146, 149, 150, 154, 155

Atividades experimentais 46, 68, 82, 89, 91

B

Base nacional curricular comum (BNCC) 43

Biocompatibilidade 211, 212

Bioetanol 7, 228

Biomassa 2, 7, 228, 252, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 262

Biomateriais 211, 217

Biorreativas 160

Biossorção 228, 252, 263

Biossorvente 228, 252, 262

Biota aquática 265

C

Cálculos estequiométricos 55, 66, 67, 119, 121, 122, 124

Carboidratos 126, 127, 128, 135, 136, 137, 219

Chuva ácida 5, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118

Clerodanos 138

Compartimentos aquáticos 265, 267, 273

Compostos-alvos 265, 273

Conhecimento químico 11, 52, 82

D

Diterpenos 138

Dopagem 205, 207, 209

E

Educação ambiental 2, 34, 35, 36, 40, 41, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 295

Efeitos deletérios 265

Efluentes industriais 280, 282, 291, 292

Ensino-aprendizagem 2, 2, 8, 12, 27, 42, 43, 46, 49, 69, 89, 91, 94, 95, 98, 100, 113, 120, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Ensino remoto 4, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 117

Epistemológicos 3, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31

Escola 3, 4, 3, 5, 6, 8, 25, 30, 32, 34, 36, 39, 41, 46, 50, 51, 52, 56, 60, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82, 84, 87, 90, 91, 98, 106, 107, 108, 111, 114, 118, 119, 121, 122, 190, 204, 210, 211

F

Fármaco 138, 151, 176, 270, 272, 273

Flavonoides 138, 145

Formação docente 10, 14, 26, 30

Foto-fenton 8, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294

Fungo 147, 148, 155, 157, 158

G

Gastroprotetor 138

Gemfibrozil 8, 265, 266, 268, 269, 274, 275, 276, 277

Google meet 4, 89, 91, 101, 111, 112, 114, 119, 120, 122, 191

H

Hidroclorotiazida 8, 265, 270, 277, 278

Hidroxiapatita 2, 7, 211, 212, 215, 216, 217

I

Impactos ambientais 3, 263, 267, 280, 291

In vitro 160, 163, 167, 168, 169, 170

Isotermas 239, 241, 242, 244, 245, 252, 255, 256, 259, 260

J

Jogo lúdico 4, 100, 101, 103, 105

L

Labdanos 138

Laboratórios 91, 94, 98, 150, 263, 295

Larvicidas 126, 128, 131, 134, 135

Leite 7, 41, 101, 189, 191, 211, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Letramento digital 119

Lignina 228

Lixo 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 265, 267

M

Materiais alternativos 2, 80, 82, 87, 88, 89

Matrizes aquosas 2, 8, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 277

Metais pesados 2, 252, 253, 254, 263, 289

Metodologias ativas 42, 43, 48, 50, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Microscopia eletrônica de transmissão (MET) 239, 242, 246

Mídias digitais 5, 1, 3, 111, 113

Monômero 196, 198, 206

N

Nanopartículas 2, 7, 204, 205, 206, 239, 240, 241, 250

Naproxeno 8, 265, 269, 271, 277

Neurotransmissores 6, 189, 190, 191, 193, 194

P

Pedagogical Knowledge of Chemistry Content (PCKC) 10

Plásticos 4, 6, 196, 198

Poluentes 113, 240, 250, 253, 280, 281, 282, 284, 285, 292

Práticas inovadoras 42, 43

Processos convencionais de tratamento 265, 266

Processos oxidativos avançados 2, 8, 137, 265, 268, 280, 281, 282, 291, 293, 294, 295

Protagonistas 46, 80, 98

R

Radical hidroxila 280, 288

Radioatividade 4, 45, 100, 101, 102, 103

Reação de Debus-Radziszewski 6, 172, 177, 179, 180, 187

Recalcitrantes 280, 282

Reciclagem 2, 9, 70, 71, 72, 74, 79

Recursos didáticos 52, 99

Recursos midiáticos 111, 114, 116, 117

Remediação 2, 8, 252, 253, 280, 283, 294, 295

Reutilização 3, 38, 40, 41, 70, 71, 74, 77, 283, 295

S

Síntese orgânica 128, 137, 160, 163, 173

T

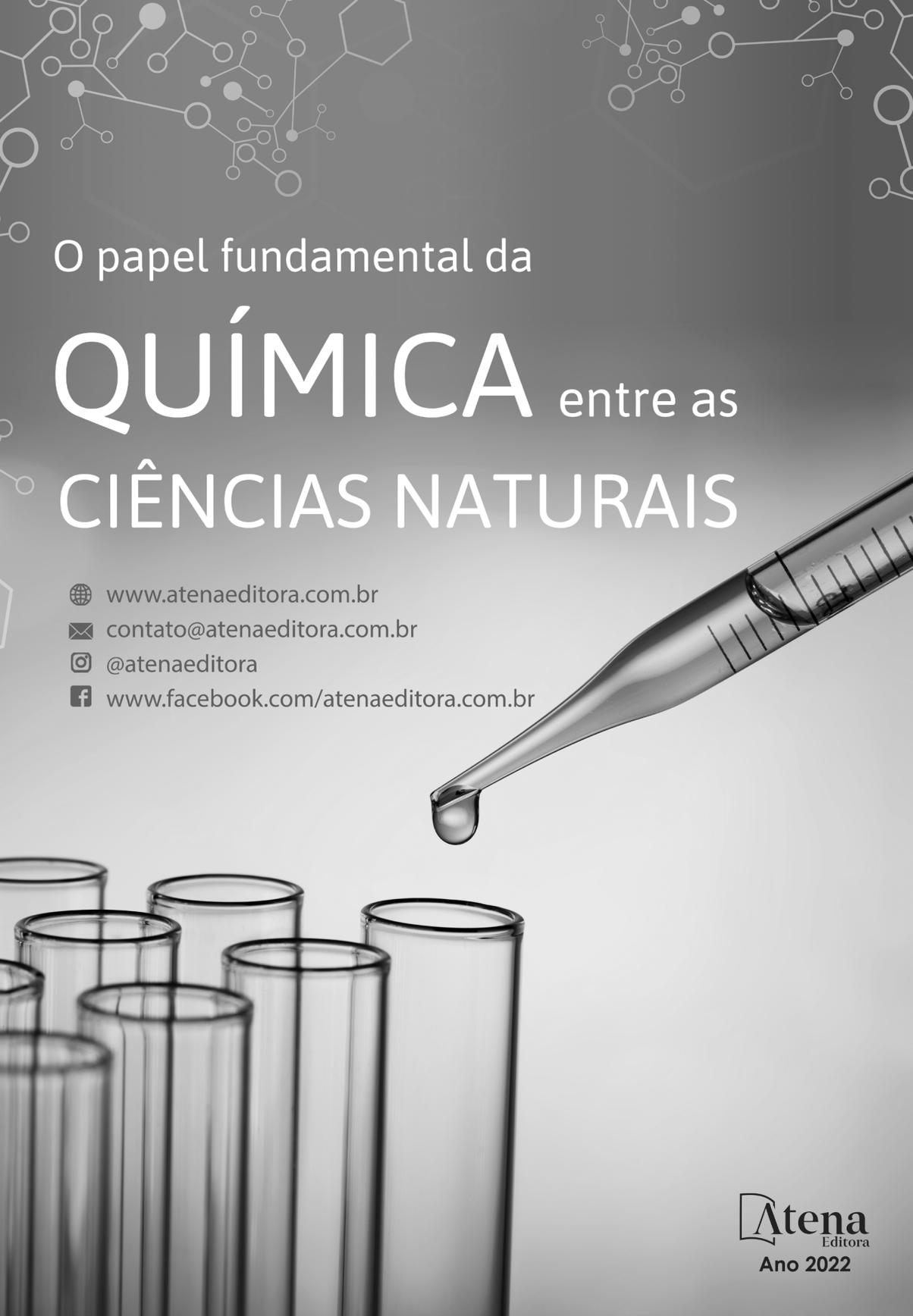
Tecnologias avançadas de tratamento 265

Titulação 4, 80, 82, 85, 86, 87, 88

Toxicidade 126, 131, 135, 157, 163, 273, 282, 283, 287

U

Usnea steineri 6, 146, 147, 149, 150, 152, 153, 158

The background features a light gray gradient with faint, white chemical structures and molecular diagrams scattered across the top. A glass pipette is shown in the upper right, with a single drop of liquid hanging from its tip. In the lower left, several glass test tubes are arranged in a row, slightly overlapping. The overall aesthetic is clean and scientific.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

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

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

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

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

