

Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

3

Atena
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)



Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

3

Atena
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Luiza Batista

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª 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. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A872	<p>Atividades de ensino e de pesquisa em química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-102-2 DOI 10.22533/at.ed.022202206</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger. CDD 540</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados ao desenvolvimento de protótipo de baixo custo, análise do perfil químico de extratos, degradação de resinas, quantificação de flavonoides, estudo de substâncias antioxidantes e avaliação do grau de contaminação das águas. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado ao desenvolvimento, otimização e aplicação, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química 3 tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas de ensino e pesquisa.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIDA DE ÂNGULO DE CONTATO Samanta Costa Machado Silva Jorge Amim Júnior Ana Lucia Shiguihara DOI 10.22533/at.ed.0222022061	
CAPÍTULO 2	9
MONITORING AGEING OF RESOL TYPE PHENOLIC RESIN BY IMPEDANCE SPECTROSCOPY Anderson Ferreira Luiz Claudio Pardini DOI 10.22533/at.ed.0222022062	
CAPÍTULO 3	17
ANÁLISE DO PERFIL QUÍMICO DOS EXTRATOS DAS PARTES AÉREAS DE <i>Peperomia pellucida</i> Gabriela Barbosa dos Santos Manolo Cleiton Costa de Freitas Ana Carolina Gomes de Albuquerque de Freitas Leandro Marques Correia Eduardo Antonio Abreu Pinheiro Anderson de Santana Botelho Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro DOI 10.22533/at.ed.0222022063	
CAPÍTULO 4	33
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO CONTROLADA DE RESINAS USADAS COMO VERNIZES EM OBRAS DE ARTE: A BUSCA POR INIBIDORES DE FOTOOXIDAÇÃO COM MECANISMO DUAL Luisa Malizia Alves Daniel Pais Pires Vieira Daniel Lima Marques de Aguiar DOI 10.22533/at.ed.0222022064	
CAPÍTULO 5	45
TRATAMENTO QUÍMICO NA RECUPERAÇÃO DE MERCÚRIO PRESENTES EM LÂMPADAS FLUORESCENTES Cesar Tatari Marcio Callejon Maldonato Douglas Cunha Siva DOI 10.22533/at.ed.0222022065	
CAPÍTULO 6	50
QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS, FLAVONOIDES E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MEL DE <i>Melipona subnitida</i> D. Maria da Conceição Tavares Cavalcanti Liberato Paulo Roberto Santos de Lima Glemilson Moita de Aguiar Ítalo Ramon Rocha Muniz Renata Almeida Farias Joaquim Rodrigues de Vasconcelos Neto Luziane Rocha da Silva Vanessa Cristina Silva Vasconcelos	

DOI 10.22533/at.ed.0222022066

CAPÍTULO 7 55

O USO DA ACETIL-L-CARTININA (LAC) NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA DEPRESSÃO

Danielle Cristina Gomes
Ascalazan Julio Bartles Marcondes
Beatriz Stefany dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0222022067

CAPÍTULO 8 58

PLANTAS MEDICINAIS COM EFEITOS ANTITUSSÍGENOS E EXPECTORANTES COMO FONTE DE TRATAMENTO RESPIRATÓRIO: UMA REVISÃO

Valdiléia Teixeira Uchôa
Deydiellen Gomes de Sousa
Patrícia e Silva Alves
Gilmânia Francisca Sousa Carvalho
Herbert Gonzaga Sousa
Antônio Rodrigues da Silva Neto
João Paulo Rodrigues da Silva
Katianne Soares Lopes
Maria Lanna Souza da Silva
Maria de Sousa Santos Bezerra
Renata da Silva Carneiro
Tatiana de Oliveira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.0222022068

CAPÍTULO 9 71

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DO IBUPROFENO UTILIZANDO A CELULOSE

Matheus Londero da Costa
Joana Bratz Lourenço
William Leonardo da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0222022069

CAPÍTULO 10 77

DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICAS DE COMPOSTOS COM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM AMOSTRAS DE CHÁS

Miguel Oliveira Silva Santos
Débora de Andrade Santana
Hebert Matos Miranda
Samantha de Souza Cunha
Valesca Juliana Silveira Ferreira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.02220220610

CAPÍTULO 11 87

CONTEÚDO FENÓLICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA INTEGRAL DE AMARANTO

Bárbara Elizabeth Alves de Magalhães
Walter Nei Lopes dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.02220220611

CAPÍTULO 12 95

AValiação DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS E A DETERMINAÇÃO QUALIDADE DAS ÁGUAS DA LAGOA IMARUÍ DO COMPLEXO LAGUNAR

Jair Juarez João
Cintia Souza da Silva

CAPÍTULO 13	109
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA AZITROMICINA USANDO REATOR COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	
Rosecler Ribeiro Franzon	
Sabrina Grando Cordeiro	
Ani Caroline Weber	
Bruna Costa	
Gabriela Vettorello	
Bárbara Parraga da Silva	
Aline Botassoli Dalcorso	
Eduardo Miranda Ethur	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.02220220613	
CAPÍTULO 14	118
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ANALÍTICO PARA PREVISÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE IMPACTO EM COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICOS COMMINGLED REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO	
Ricardo Mello Di Benedetto	
Edson Cocchieri Botelho	
Antonio Carlos Ancelotti Junior	
Edric João Gomes Putini	
DOI 10.22533/at.ed.02220220614	
CAPÍTULO 15	126
ANÁLISE QUANTITATIVA DE CIANETO EM AMOSTRAS DE MANDIOCA	
Igor Feijão Cardoso	
Paulo Sérgio Taube Júnior	
Júlio César Amaral Cardoso	
Sorrel Godinho Barbosa de Souza	
Márcia Mourão Ramos Azevedo	
Emerson Cristi de Barros	
José Augusto Amorim Silva do Sacramento	
Anna Beatriz Farias dos Santos	
Thalia Nascimento Figueira	
Gabriela Polato Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.02220220615	
SOBRE A ORGANIZADORA	138
ÍNDICE REMISSIVO	139

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA AZITROMICINA USANDO REATOR COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 28/02/2020

Rosecler Ribeiro Franzon

Graduada em Química Industrial, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Sabrina Grando Cordeiro

Graduanda em Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Ani Caroline Weber

Graduanda em Química Industrial, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Bruna Costa

Graduanda em Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Gabriela Vettorello

Mestranda em Biotecnologia, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Bárbara Parraga da Silva

Doutoranda em Biotecnologia, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Aline Botassoli Dalcorso

Graduada em Química Industrial, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Eduardo Miranda Ethur

Doutor em Química, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

Lucélia Hoehne

Doutora em Química, Universidade do Vale do Taquari - Univates

RESUMO: A presença de fármacos em águas superficiais tem se tornado uma problemática, principalmente quando se trata de antibióticos, pois as bactérias são capazes de se alterar geneticamente e se tornar resistentes à eles. Como a azitromicina é um dos antibióticos frequentemente prescritos, ela possui potencial risco contaminante. Existem crescentes publicações de trabalhos que utilizam os Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de fármacos, no entanto, poucos que se referem a azitromicina. Dentre os tratamentos, a radiação ultravioleta (UV) se mostra interessante, pois o custo é relativamente acessível e não gera resíduos. Nesse sentido, a fim de inativar o micropolvente, o objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação da azitromicina por radiação UV nos tempos de 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 min, verificando-se ainda a influência da temperatura. Para isso, utilizou-se um reator de batelada equipado com duas lâmpadas UV de 15 W (Philips) e radiação em 254 nm. Na determinação foi utilizada a espectrofotometria UV através da reação da azitromicina com a alizarina. A melhor condição considerando os gastos de energia foi no tempo de 10 min, a qual degradou 10,44% do fármaco. Concluiu-se que a radiação UV é capaz de degradar parte da azitromicina, e que este resultado pode ser

mais satisfatório se aliada a outro POA.

PALAVRAS-CHAVE: Fármaco. Reator de batelada. Toxicidade. POAs.

EVALUATION OF AZITROMYCIN DEGRADATION USING ULTRAVIOLET RADIATION REACTOR

ABSTRACT: The presence of drugs in surface waters has become a problem especially when dealing with antibiotics due to an ability of bacteria to genetically alter and become resistant to antimicrobials. As azithromycin is one of frequently prescribed antibiotics it has a potential contaminating risk. There are growing studies that use Advanced Oxidative Process (AOPs) in the degradation of drugs, but few studies refer to azithromycin. Among the treatments, ultraviolet radiation (UV) is interesting because the cost is relatively low and does not generate waste. In order to inactivate the micropollutant the objective of this work was to evaluate the degradation of azithromycin by UV radiation in the times of 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes, and also to check the influence of temperature. For this, a batch reactor equipped with two 15 W UV lamps (Philips) with radiation at 254 nm was used. For determination, UV spectrophotometry was used through the reaction of azithromycin with alizarin. The best condition considering energy expenditure was 10 min, which degraded 10,44 % of the drug. It was concluded that UV radiation is able to degrade part of azithromycin and this result may be more satisfactory if combined with another AOP.

KEYWORDS: Drug. Batch Reactor. Toxicity. AOPs.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação de águas superficiais por micropoluentes é uma problemática encontrada em várias partes do mundo e cada vez mais preocupante. Dentre estes micropoluentes, estão os fármacos, que chegam ao meio aquático principalmente devido ao uso indiscriminado e descarte inadequado, aliados ao fato de os tratamentos de efluentes convencionais não removerem estas substâncias (MELO et al., 2009).

Em relação aos fármacos, a classe mais preocupante é a dos antibióticos, que de acordo com Goodman e Gilman (2010), englobam os fármacos químicos, naturais ou sintéticos que têm a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos. Um antibiótico altamente prescrito é a azitromicina, um derivado da eritromicina, pertencente ao grupo dos antibióticos macrolídeos (CAO et al., 2020), comumente utilizado em tratamentos de baixa e moderada infecção no trato respiratório, infecções de pele, uretrites, cervicites e doenças sexualmente transmissíveis (American Society of Health System Pharmacists - AHFS, 2002). Conforme Tong et al. (2011) e AHFS (2002), a principal forma de eliminação do fármaco do organismo se dá via biliar (fezes), estando a maior parte de forma inalterada (estrutura original do fármaco).

A maior problemática relacionada à presença de antibióticos em águas superficiais corresponde ao desenvolvimento de bactérias super-resistentes, e conseqüentemente, antibióticos que antes tratavam doenças comuns, passam a ser ineficientes (PERINI et al., 2018). Atualmente, os antibióticos já são encontrados até mesmo em águas tratadas, representando um risco para o meio ambiente e para a população (IATROU; STASINAKIS; THOMAIDIS, 2014).

A partir deste cenário, a busca por processos capazes de degradar os fármacos e que possuam custo acessível são de grande importância. Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) surgem então como uma alternativa, pois de acordo com Stülp e Carvalho (2015), estes processos geram radicais altamente oxidantes e estes por sua vez reagem com os materiais orgânicos transformando em CO₂, água e íons inorgânicos. Para a degradação de fármacos, pode-se utilizar diferentes POAs, dentre eles, a radiação ultravioleta (UV) (PANIAGUA et al., 2019).

A radiação UV pode provocar comportamento diferente da molécula final em relação a inicial, ou seja, com propriedades químicas distintas das moléculas que deram origem, como se fosse uma nova espécie (STÜLP e CARVALHO, 2015). Segundo Veiga (2011), o tratamento com UV é muito energético e pode propiciar a clivagem das moléculas, ocorrendo assim, a degradação da espécie química. Para realização da degradação por radiação UV pode-se utilizar a radiação natural (luz solar) ou artificial, com o uso de lâmpadas (MOTA, 2005), sendo possível a construção de reatores para realização dos experimentos.

Tendo em vista os danos à saúde e ao meio ambiente causados pela presença de fármacos nos corpos hídricos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação do antibiótico azitromicina por processo de radiação UV em diferentes tempos e temperaturas.

2 | METODOLOGIA

2.1 Avaliação da solubilidade da azitromicina

Testou-se a solubilidade da azitromicina di-hidratada (Prati-Donaduzzi) do tipo suspensão em três solventes: água, metanol (Química moderna) e acetonitrila (Merck), na concentração de 80 mg. L⁻¹.

2.2 Radiação UV no reator de batelada

O reator fotoquímico utilizado do tipo batelada foi desenvolvido por Mafioleti (2014), o qual é constituído por duas lâmpadas de baixa pressão (254 nm) de 15 W (Philips), com dimensões de 49 cm de altura e 15 cm de diâmetro, revestido de polietileno e composto por tubo de quartzo com volume de 130 ml. A Figura 1 ilustra o reator tipo batelada que foi utilizado neste trabalho.

As lâmpadas foram ligadas por 30 minutos para estabilização. Depois, a amostra de 100 ml foi acondicionada em tubo de quartzo e introduzida no reator. A temperatura da amostra foi controlada por termômetro com sensor digital no reator.



Figura 1 - Reator de batelada.

Fonte: Mafioletti (2014).

2.3 Análises físico-químicas

Toda a vidraria utilizada foi descontaminada previamente com ácido nítrico 10% (Química moderna) e lavadas em água ultrapura. Para avaliar a concentração da azitromicina e sua possível degradação foi utilizado o método de espectrofotometria de absorção no visível, adaptado de Kasten (2014), no qual se utiliza alizarina e metanol.

Desta forma, preparou-se uma solução padrão de 1000 mg.L⁻¹ de azitromicina di-hidratada (Alembic) com 98% de pureza e a partir dessa solução foram preparadas soluções para curva de calibração nas concentrações 0, 20, 40, 50, 60 70 e 80 mg.L⁻¹, em balão volumétrico de 10 mL. Para aferição foram adicionados 4 mL de água, 1 mL de alizarina e aferido em metanol. Os padrões foram submetidos à varredura no espectrofotômetro UV-VIS e obteve-se o $\lambda_{\text{máx}}$ em 540 nm.

Para solução da alizarina (Synth), pesou-se 19,2 mg de alizarina, diluiu-se em dimetilsulfóxido (Nuclear), transferiu-se para um balão volumétrico de 50 mL e aferiu-se com o mesmo solvente.

A concentração da solução do reator foi de 80 mg.L⁻¹. Para análise da amostra, retirou-se antes e depois de irradiar, uma alíquota de 5 mL, diluiu-se em 4 mL de metanol e 1 mL de alizarina em um balão volumétrico de 10 mL, obtendo um fator de diluição de 2. A partir das concentrações iniciais e finais encontradas, sempre realizadas para cada teste, calculou-se a variação entre elas para verificar se houve degradação do fármaco.

2.4 Temperatura de radiação avaliada

A temperatura foi avaliada nos diferentes tempos de radiação, introduzindo um termômetro no reator, pois conforme Timoumi et al. (2014) a temperatura pode ser um parâmetro importante que pode influenciar na degradação da azitromicina.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, a 95% de confiança, utilizando-se o software Microsoft Excel 2010.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Solubilidade da azitromicina

Dentre os testes realizados, apenas a azitromicina solubilizada em acetonitrila apresentou-se límpida e com $\lambda_{\text{máx}}$ dentro do limite (comprimento de onda 190 nm).

3.2 Método de quantificação da azitromicina por espectrofotometria de absorção no visível utilizando alizarina

Utilizando-se o método da alizarina, obteve-se um espectro com dois máximos de absorção. A curva de calibração apresentou coloração amarelo claro para a solução inicial e foi se intensificando gradualmente para púrpura de acordo com o aumento da concentração. Foi percebido que a adição da azitromicina em meio metanólico com alizarina provoca mudança na coloração. De acordo com Kasten (2014) essa alteração está relacionada à formação de complexo binário, ou seja, a azitromicina funciona como doadora de elétrons formando um monoânion de alizarina e conseqüentemente dando a coloração vermelha.

Deste modo, a solução adquiriu coloração em função da concentração de grupos cromóforos, conforme Martins, Sucupira e Suarez (2015), e a cor visível é diferente da absorvida, nesse caso, a coloração púrpura observada é absorvida no comprimento de onda verde que corresponde à faixa de 500 a 565 nm.

Realizou-se a varredura dos máximos de absorção de 190 a 700 nm das soluções da curva e obteve-se $\lambda_{\text{máx}}$ da alizarina e da azitromicina bem definidos. O $\lambda_{\text{máx}}$ máximo de absorção da azitromicina apresentou-se no comprimento de onda 540 nm, valor próximo encontrado por Kasten (2014), que foi de 536 nm. É importante lembrar que para se determinar a quantidade de uma substância, os reagentes não podem absorver no mesmo comprimento de onda da substância e os comprimentos máximos de absorção devem ser constantes (BRASIL, 2010).

Após verificação do comprimento de onda mais adequado para análise da azitromicina no UV-VIS, fixou-se o comprimento de onda em 540 nm para realizar os testes de radiação por UV nas amostras. Obteve-se uma curva com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9954$, conforme Gráfico 1.

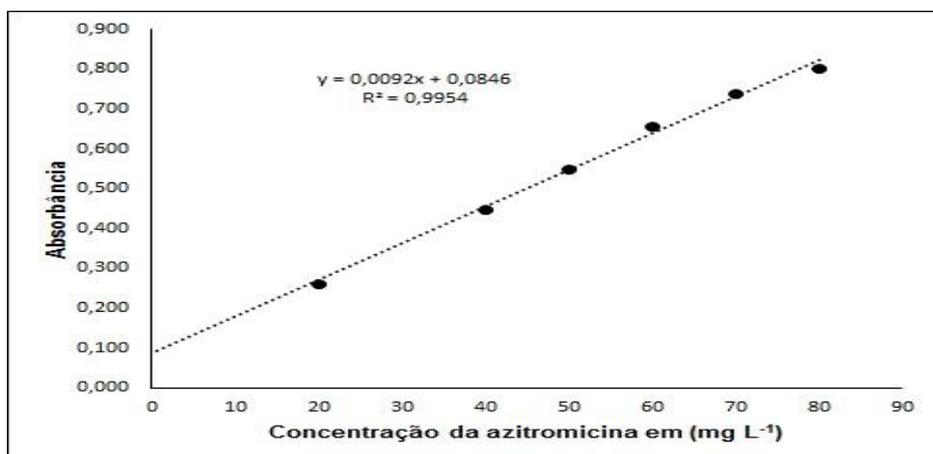


Gráfico 1 - Curva das concentrações da azitromicina no comprimento de onda 540 nm pelo método usando alizarina.

Fonte: Dos autores (2020).

Verificou-se a temperatura das amostras durante os testes, a fim de se avaliar possíveis influências na degradação. A temperatura variou de 24,5 a 38,8 °C e observou-se que não houve degradações em função do aumento da temperatura, provavelmente devido ao fato de que a azitromicina é estável em temperaturas até 70 °C (TIMOUMI et al., 2014).

A partir da curva foi possível verificar as concentrações da azitromicina antes e depois do processo de radiação UV, e assim, calcular as degradações em porcentagem (%) nos diferentes tempos de radiação e temperatura. Tais resultados podem ser visualizados no Gráfico 2.

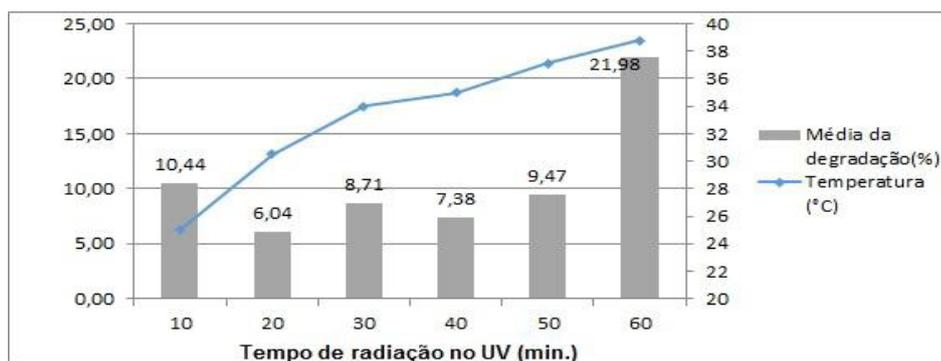


Gráfico 2 - Avaliação da degradação da azitromicina e variação de temperatura versus tempo de radiação no UV.

Fonte: Dos autores (2020).

Os resultados encontrados variaram de 6 até 22%. A partir da análise estatística, observou-se que as médias apresentaram diferenças significativas entre si a 95% de confiança.

Os valores das degradações encontrados no trabalho foram maiores do que Kim,

Yamashita e Tanaka (2009) determinaram. Os autores constataram uma redução de 4 a 7% em concentrações bem menores (nanogramas), utilizando-se lâmpadas com maior potência (60 W) e emissão de radiação no λ 254 nm. Quando De la Cruz et al. (2012) usaram somente lâmpada de 25 W, mesma radiação do trabalho proposto, no tempo de 10 minutos verificaram que não houve degradação da azitromicina. Moreno, Silva e Salgado (2009), usando a lâmpada germicida com comprimento de onda de 254 nm conseguiram degradar apenas 3% da azitromicina. Diante destes resultados, percebe-se dificuldade da remoção do fármaco, e que o valor encontrado neste trabalho foi maior do que estão citados na literatura usando apenas o processo de radiação UV.

Considerou-se o tempo de 10 minutos a melhor degradação, pois mesmo que em 60 minutos tenha se degradado 21,9%, o tempo de radiação foi 6 vezes maior e a degradação não foi proporcional. Uma melhor eficiência pode ser obtida quando combinado com um ou mais POAs, como por exemplo, a degradação UV aliada ao peróxido de hidrogênio.

4 | CONCLUSÃO

Pode concluir que por meio do tratamento UV com radiação em 254 nm, a melhor condição de tratamento corresponde ao tempo de 10 minutos, sendo degradado 10,44% de azitromicina, e que dentro da faixa de temperatura avaliada, não houve influência no resultado. Nota-se que os trabalhos publicados apresentaram menores taxas de degradação e que o processo UV pode ser combinado com outro tratamento de POAs, como por exemplo, fenton, peróxido de hidrogênio ou ozônio, a fim de melhorar sua eficiência na degradação.

O método espectrofotométrico utilizando alizarina se mostrou eficaz no estudo por apresentar linearidade na curva analítica de calibração (obedecendo à lei Beer) e os comprimentos de onda máximos bem definidos. No entanto, para identificação dos subprodutos formados, outras técnicas como cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (LC-MS) ou espectrofotometria no infravermelho podem ser utilizadas para complementar esse estudo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEALTH SYSTEM PHARMACISTS - **AHFS Drug Information** 2002. Bethesda: ASHP, 2002.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**, 5ª ed. v. 1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33832/259143/Segundo+Suplemento+FB+5/9cfb1239-875c-4a77-8741-b59416684d29>. Acesso em: 25 fev. 2020.

CAO, X.; JI, S.; KUANG, W.; LIAO, A.; LAN, P.; ZHANG, J. **Solubility determination and correlation for azithromycin monohydrate and dihydrate in solvent mixtures**. *Journal of Molecular Liquids*, v. 301, p. 112-398, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167732219361288>. Acesso em

27 fev. 2020.

DE LA CRUZ, N.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S; GRANDJEAN, D. DE ALENCASTRO L. F.; PULGARÍN, C. **Degradation of 32 emergent contaminants by UV and neutral photo-fenton in domestic wastewater effluent previously treated by activated sludge.** Water research, v. 46 p.1947 e195, (2012). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412000346>. Acesso em: 25 fev. 2020.

GOODMAN E GILMAN: **As bases farmacológicas da terapêutica.** 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

IATROU, E I.; STASINAKIS, A. S.; THOMAIDIS, N. S. **Consumption-based approach for predicting environmental risk in Greece due to the presence of antimicrobials in domestic wastewater.** Environ Sci Pollut Res, v. 21p. 12941–12950. (2014). Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/263586684_Consumption-based_approach_for_predicting_environmental_risk_in_Greece_due_to_the_presence_of_antimicrobials_in_domestic_wastewater. Acesso em: 26 fev. 2020.

KASTEN, G. **Desenvolvimento de micropartículas poliméricas contendo azitromicina para liberação pulmonar.** Dissertação (mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis, 2014.

KIM, I.; YAMASHITA, N.; TANAKA, H. **Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan.** Journal of Hazardous Materials, v.166, p.1134–1140, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389408018505>. Acesso em: 20 fev. 2020.

MAFIOLETI, J. P. **Avaliação da degradação da cafeína em amostras de água usando espectrofotometria após tratamento com processos oxidativos avançados.** Monografia (Trabalho de conclusão de curso), Centro Universitário Univates, Lajeado/Rs. 2014.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. **A química e as cores.** Revista Virtual Química, v.7, n. 4, p.1508-1534, 2015. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1152/608>. Acesso em: 20 fev. 2020.

MELO, S. A. S.; TROVÓ, A.G.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados.** Química Nova, v.32, n.1 p.188-197, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n1/v32n1a34.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

MORENO, A.H.; SILVA, M. F. C.; SALGADO, H. R.N. **Stability study of azithromycin in ophthalmic preparations.** Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v.45, n.2, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjps/v45n2/v45n2a05.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2020.

MOTA, A. L. N. **Desenvolvimento de um reator fotoquímico aplicável no tratamento de efluente fenólicos presentes na indústria do petróleo.** Dissertação (mestrado em engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.

PANIAGUA, C. E. S. et al. **Simultaneous degradation of the pharmaceuticals gemfibrozil, hydrochlorothiazide and naproxen and toxicity changes during UV-C and UV-C/H₂O₂ processes in different aqueous matrixes.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 7, n. 3, p. 103-164, 2019. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343719302878?via%3>. Acesso em: 27 fev. 2020.

PERINI, J. A. L.; VIDAL, C.; MONTAGNER, C. C.; NOGUEIRA, R. F. P. **Simultaneous degradation of ciprofloxacin, amoxicillin, sulfathiazole and sulfamethazine, and disinfection of hospital effluent after biological treatment via photo-Fenton process under ultraviolet germicidal irradiation.** Applied Catalysis B: Environmental, v. 224, p. 761–771, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.11.021>. Acesso em: 27 fev. 2020.

STÜLP, S.; CARVALHO, L. M. **Aplicação de Fotólise em Alimentos.** Revista Virtual Química, v.7, p.278-291, 2015. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/984/530>. Acesso em: 25 fev. 2020.

TIMOUMI, S.; MANGIN, D.; PECZALSKI, R.; ZAGROUBA, F.; ANDRIEU, J. **Stability and thermophysical properties of azithromycin dehydrate**. *Arabian Journal of Chemistry*, 2014, v.7, p.189–195. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535210002297>. Acesso em: 25 fev. 2020.

TONG, L.; EICHHORN, P.; PÉREZ, S.; WANG, Y.; BARCELÓ, D. **Photodegradation of azithromycin in various aqueous systems under simulated and natural solar radiation: Kinetics and identification of photoproducts**. *Chemosphere*, v. 83, p.340–348, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653510014153?via%3Dihub>. Acesso em: 25 fev. 2020.

VEIGA, M.A.G. **Estudo da eficiência de degradação da isoniazida pelo processo H₂O₂ (UV) e identificação dos intermediários**. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 25, 77, 79, 99, 100, 112, 113, 118, 119, 123, 126

Adsorção 71, 72, 73, 74, 75, 76, 105

Ageing 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 44

Ângulo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 31, 38, 44, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

Antitussive 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Atividade Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 38, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

B

Bandas Cromatográficas 25, 26, 27, 28

Bioativos 20, 77, 78, 85, 87, 88, 92

Biopolímero 71, 72, 73, 75

C

Compósitos 2, 118, 119, 120

compostos cianogênicos 127, 128, 135

Compostos Fenólicos 17, 23, 25, 26, 27, 30, 50, 51, 52, 54, 77, 78, 79, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Contato 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 22, 46, 73, 122, 134

E

Electrical Properties 9, 13, 15

Energia 3, 37, 38, 75, 99, 109, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Espectrofotometria 32, 77, 79, 109, 112, 113, 115, 127

Espectroscopia De Infravermelho Médio 34

F

Farinha De Amarantho 87, 88, 91, 92

Fármaco 43, 71, 72, 73, 109, 110, 112, 115, 137

Fibra De Carbono 118

Fotooxidação 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

I

Impedance Spectroscopy 9

Inibição 34, 37, 38, 39, 52, 83, 84, 85, 87, 90, 92

L

Lâmpadas Fluorescentes 45, 46, 48, 49

M

Manihot esculenta 126, 127, 136, 137

Melipona subnitida D. 50, 51, 52

Mercúrio 45, 46, 47, 48, 49, 105

Metais 95, 98, 99, 105, 106

Método Cromatográfico 23

Mikania Glomerata 59, 60, 61, 62, 68, 69, 70

Modelo Analítico 118

Molhabilidade 1, 2, 7

N

Nitroimidazóis 34, 38

P

Peperomia Pellucida 17, 18, 19, 21, 30, 31, 32

Perfil Químico 17, 18, 21, 30

Phenolic Resin 9, 10, 12, 15

Phytotherapy 59, 61, 64, 70

Pinturas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43

Placa Cromatográfica 24, 25, 27, 28, 29

POAs 109, 110, 111, 115

Q

Qualidade De Água 95, 100, 105, 106

R

Reator De Batelada 109, 110, 111, 112

Regalrez 1094 33, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43

S

Superfície 1, 2, 3, 5, 6, 7, 22, 36, 37, 74, 75, 118, 122, 123, 138

T

Toxicidade 110, 132, 136

 **Atena**
Editora

2 0 2 0