



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País

Júlio César Ribeiro
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020



Ciências Exatas e da Terra:
Conhecimentos
Estratégicos para o
Desenvolvimento do País

Júlio César Ribeiro
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

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: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

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 Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – 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)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra [recurso eletrônico] : conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-160-2 DOI 10.22533/at.ed.602200207</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia e inovação. I. Ribeiro, Júlio César.</p> <p style="text-align: right;">CDD 500</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico do País está assentado primordialmente na inovação baseada no seu desenvolvimento científico e tecnológico.

É notado, principalmente nos últimos anos, que há grande necessidade de fortalecimento e expansão da capacidade de pesquisa e de inovação, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade.

Neste contexto, o E-book “Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País” foi composto por uma coletânea de trabalhos relacionados às Ciências Exatas e da Terra que contemplam os mais variados temas ligados ao desenvolvimento.

Os 20 capítulos que constituem a presente obra, elaborados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, permitem aos leitores analisar e discutir assuntos tais como: importância das ondas eletromagnéticas e transmissão na camada da ionosfera, produção de filmes de polímeros a partir de diferentes complexos para aplicação em células solares, estudo de diferentes metodologias na caracterização de material polimérico, utilização de modelagem numérica na investigação da dispersão de plumas poluentes, aplicação de malhas computacionais para a verificação do transporte de doenças de plantas pelo ar, dentre outros assuntos de relevância para as Ciências Exatas e da Terra.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, esperamos que este E-book possa proporcionar reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Júlio César Ribeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS ORIENTAÇÕES DE COMO DEMARCAR A IMAGINÁRIA LINHA DE PREAMAR MÉDIA DE 1831	
Flavio Boscatto Cesar Rogério Cabral Everton da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6022002071	
CAPÍTULO 2	13
NUMERICAL MODELING OF SEWAGE OUTFALLS PLUMES IN THE COAST OF THE STATE OF PARANÁ – BRAZIL	
Paola Galluzzi Polesi Joseph Harari Tiago Cortez Samuel Hora Yang	
DOI 10.22533/at.ed.6022002072	
CAPÍTULO 3	30
APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD E ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO ESTUDO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO EM ARACAJU/SE	
José Batista Siqueira Thomaz Oliveira Teixeira Samiramisthaís Souza Linhares Luiz Alberto Vedana Paulo Henrique Stefano	
DOI 10.22533/at.ed.6022002073	
CAPÍTULO 4	43
ANÁLISES DE GERAÇÃO DE MALHA NA MODELAGEM NUMÉRICA DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR	
Michel Kepes Rodrigues Jairo Valões de Alencar Ramalho Ruth da Silva Brum Luiz Alberto Oliveira Rocha Elizaldo Domingues dos Santos Liércio André Isoldi	
DOI 10.22533/at.ed.6022002074	
CAPÍTULO 5	55
AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E APLICAÇÃO NA TRANSMISSÃO NA CAMADA DA IONOSFERA	
José Augusto dos Santos Cardoso Wendel Correa dos Santos José Francisco da Silva Costa Antonio Maia de Jesus Chaves Neto Sebastião Gomes Silva Manuel de Jesus dos Santos Costa Alessandre Sampaio Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6022002075	

CAPÍTULO 6 76

DECIFRANDO O ARCO-ÍRIS E O EFEITO GLÓRIA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO SISTEMAS DINÂMICOS

Janaína Dias da Silva

Alberto Tufaile

DOI 10.22533/at.ed.6022002076

CAPÍTULO 7 88

MAGIC: INTERAÇÃO ENTRE HOBBY E LUCRO

Victor Ferreira da Silva

Édipo Menezes da Silva

Kelly Pereira de Lima

João Domingos Scalon

DOI 10.22533/at.ed.6022002077

CAPÍTULO 8 93

A SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E O LIXO ELETRÔNICO: DESAFIOS, REFLEXÕES E OPORTUNIDADES

Fábio Henrique Angelo dos Santos

Luana Maia Woida

DOI 10.22533/at.ed.6022002078

CAPÍTULO 9 109

APLICAÇÃO SIMULTÂNEA DE CALOR E MASSA NO PROCESSO DE SECAGEM DO ABIU

Nathalia Cristina Ramos Lima

Julles Mitoura dos Santos Junior

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho

Ronaldo Maison Martins Costa

Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.6022002079

CAPÍTULO 10 119

BIOCONTROLE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORIGANUM VULGARE FRENTE ÀS LARVAS DE *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Juliana de Sousa Figuerêdo

Felipe Pereira da Silva Santos

Matheus Oliveira do Nascimento

Patrícia e Silva Alves

Lucas Mendes Feitosa Dias

Layana Karine Farias Lima

Aline Aparecida Carvalho França

Edymilaís da Silva Sousa

Pedro Vitor Oliveira Silva Furtado

Veruska Cavalcanti Barros

José Luíz Silva Sá

Chistiane Mendes Feitosa

DOI 10.22533/at.ed.60220020710

CAPÍTULO 11 133

COMPLEXOS B-DICETONATOS LUMINESCENTES BASEADOS EM ÍONS TERRAS RARAS DISPERSOS EM POLÍMEROS TRANSPARENTES PARA APLICAÇÕES EM CÉLULAS SOLARES

Gabriel de Moraes Rodrigues

Ivan Guide Nunes da Silva

Danilo Mustafa

DOI 10.22533/at.ed.60220020711

CAPÍTULO 12 146

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES DAS PENEIRAS MOLECULARES: SBA-16, FDU-12, SBA-15 E MCM-41

Mayara Resende Alves
Mateus Freitas Paiva
Elon Ferreira de Freitas
Sílvia Cláudia Loureiro Dias
José Alves Dias

DOI 10.22533/at.ed.60220020712

CAPÍTULO 13 160

UMA EFICIENTE SÍNTESE DE DERIVADOS DE TRIARILMETANO

Shirley Muniz Machado Rodrigues
Giovanni Stoppa Baviera
Daniel Previdi
Alexandre de Almeida Matias
Paulo Marcos Donate

DOI 10.22533/at.ed.60220020713

CAPÍTULO 14 170

IDENTIFICAÇÃO NÃO INVASIVA DE MATERIAL POLIMÉRICO COM A TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA FTIR: BANCO DE DADOS DE REFERÊNCIA E APLICAÇÃO PRÁTICA

Fabrcio de Melo Rodrigues Barbosa
Mrcia de Almeida Rizzutto
Wanda Gabriel Pereira Engel

DOI 10.22533/at.ed.60220020714

CAPÍTULO 15 183

SOLOS DO BRASIL: GÊNESE, CLASSIFICAÇÃO E LIMITAÇÕES AO USO

Carlos Roberto Pinheiro Junior
Marcos Gervasio Pereira
Eduardo Carvalho da Silva Neto
Lcia Helena Cunha dos Anjos
Ademir Fontana

DOI 10.22533/at.ed.60220020715

CAPÍTULO 16 200

DETERMINAÇÃO DE HEXAZINONA EM AMOSTRAS DE SOLO POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Auriléia Pereira da Silva
Lucina Rocha Sousa

DOI 10.22533/at.ed.60220020716

CAPÍTULO 17 225

GERAÇÃO DE MALHA PARA DESCREVER A DISPERSÃO DA FERRUGEM DA SOJA NO PARANÁ

Eduardo Oliveira Belinelli
Paulo Laerte Natti
Neyva Maria Lopes Romeiro
Eliandro Rodrigues Cirilo
Lucas Henrique Fantin
Karla Braga de Oliveira
Marcelo Giovanetti Canteri
Érica Regina Takano Natti

DOI 10.22533/at.ed.60220020717

CAPÍTULO 18	240
ESTUDO DA ARTE SOBRE A UTILIZAÇÃO DO ÓLEO FÚSEL A PARTIR DA PRODUÇÃO DE ETANOL DA CANA-DE-AÇÚCAR	
Raquel Santos da Silva	
Danielle Christine Almeida Jaguaribe	
Joelma Morais Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.60220020718	
CAPÍTULO 19	249
FORMAS ASSOCIATIVISTAS DA COMUNIDADE QUILOMBOLA NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO, IGARAPÉ-AÇU/PA	
Jéssica Vasconcelos Ferreira	
Raiana Rocha Pereira	
Francisco Laurimar do Nascimento Andrade	
Fabiana Mar dos Santos	
Nayra Silva do Vale	
Luiz Cláudio Moreira Melo Júnior	
Eleci Teresinha Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.60220020719	
CAPÍTULO 20	259
ESTUDO DO EFEITO MEMÓRIA E FOTOLUMINESCÊNCIA EM HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES (HDL)	
Alexandre Candido Teixeira	
Alysson Ferreira Morais	
Ivan Guide Nunes da Silva	
Danilo Mustafa	
DOI 10.22533/at.ed.60220020720	
SOBRE O ORGANIZADOR	273
ÍNDICE REMISSIVO	274

CAPÍTULO 10

BIOCONTROLE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *ORIGANUM VULGARE* FRENTE ÀS LARVAS DE *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Data de aceite: 24/06/2020

Data de submissão: 05/03/2020

Juliana de Sousa Figuerêdo

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/7420597242329390>

Felipe Pereira da Silva Santos

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/3438919572932445>

Matheus Oliveira do Nascimento

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Ciências Farmacêuticas,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/4719205031073545>

Patrícia e Silva Alves

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/0766902581240556>

Lucas Mendes Feitosa Dias

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Ciências Farmacêuticas,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/8699075673326621>

Layana Karine Farias Lima

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Ciências Farmacêuticas,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/3153807972328871>

Aline Aparecida Carvalho França

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/2686904771955300>

Edymilaís da Silva Sousa

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/6064977920675093>

Pedro Vitor Oliveira Silva Furtado

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Química
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/0437896358926815>

Veruska Cavalcanti Barros

Universidade Federal do Piauí, Departamento de
Parasitologia e microbiologia
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/9073798312880036>

José Luíz Silva Sá

Universidade Estadual do Piauí, Departamento de
Química,
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/8170739079028304>

RESUMO: O *Origanum vulgare* (orégano), pertence à família Lamiaceae, uma planta aromática conhecida pelo seu uso na culinária e propriedades medicinais. Seu óleo essencial, obtido por hidrodestilação, foi testado em larvas do mosquito *Aedes aegypti* e no ensaio de inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE), afim de elucidar se a toxicidade ocorre por esse mecanismo, uma vez que esta enzima desempenha um papel fundamental na função neuromuscular dos insetos. Os constituintes químicos do óleo essencial de *O. vulgare* (OEOV) foram identificados por cromatografia gasosa acoplada à espectrômetro de massas (CG-EM), cujos majoritários são: Terpinen-4-ol (52,54%); Carvacrol (12,96%); γ -terpineno (8,27%); Timol (6,82%) e o β -cariofileno (5,89%). O OEOV inibiu a AChE em 28,34 e 73,19%, nas concentrações de 0,0625 e 1 mg mL⁻¹, com uma CI₅₀ de 0,2029 mg mL⁻¹. Na atividade biocida realizada com larvas do *A. aegypti* no 3º e 4º estágio larval o OEOV apresentou concentrações Letais (CL₅₀) de 85,730 e 85,193 ppm em e CL₉₀ 143,524 e 138,170 ppm em 24 e 48 horas respectivamente. Dessa maneira, os resultados observados no presente trabalho demonstraram que o OEOV é promissor agente biocida contra larvas do 3º e 4º estágio de desenvolvimento do *A.aegypti*, onde se pode sugerir que a inibição da enzima acetilcolinesterase pode atuar como um dos mecanismos para esses resultados, tornando-os favoráveis para continuidade e o aprimoramento de futuros testes nessa linha de pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: *Origanum vulgare*, acetilcolinesterase, terpenos, arboviroses, larvicida.

BIOCONTROLE OF ESSENTIAL OIL OF ORIGANUM VULGARE IN FRONT OF *Aedes aegypti* LARVES (DIPTERA: CULICIDAE)

ABSTRACT: The oregano (*Origanum vulgare*), belongs to family Lamiaceae, an aromatic plant known for its use in cooking and medicinal properties. Its essential oil obtained by hydrodistillation was tested in larvae of the mosquito *Aedes aegypti*, and in inhibition of acetylcholinesterase (AChE), in order to elucidate whether the toxicity occurs through this mechanism, since this enzyme plays a fundamental role in neuromuscular function of insects. The chemical constituents of the essential oil of *O. vulgare* (OEOV) were identified by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), whose majority are: Terpinen-4-ol (52.54%); Carvacrol (12.96%); γ -terpinene (8.27%); THYMOL (6.82%) and β -caryophyllene (5.89%). The OEOV inhibited AChE in 28.34 and 73.19%, in concentrations of 0.0625 and 1 mg mL⁻¹, with an IC₅₀ of 0.2029 mg mL⁻¹. The biocidal activity performed with larvae of *A. aegypti* in 3º and 4º larval stage the OEOV presented Lethal Concentration (LC₅₀) of 85,730 and 85,193 ppm and (LC₉₀) 143,524 e 138,170 ppm, in periods of 24 and 48 horas. In this way, the results observed in the present study demonstrated that the OEOV is promising biocidal agent against larvae of the 3rd and 4th stage of development of *A.aegypti*, it suggests that

inhibition of the enzyme acetylcholinesterase act as one of the mechanisms for these results, making them favorable for continuity and improvement of future tests in this line of research.

KEYWORDS: *Origanum vulgare*, acetilcolinesterase, terpenes, arboviroses, larvicidal.

1 | INTRODUÇÃO

Origanum vulgare (Lamiaceae) conhecido como orégano, uma planta aromática originária da Europa e Ásia Central e comercializada como tempero na preparação de alimentos (MORSHEDLOO et al., 2018; DAVIDENCO et al., 2017). Estudos relatam a utilização dessa espécie na medicina popular para problemas digestivos e inflamatórios (KHAN et al., 2018; SARIKURKCU et al., 2015; SUZUKI et al., 2015; GULLUCE et al., 2012;) por suas folhas serem ricas de compostos como flavonoides, taninos e terpenoides voláteis e outros constituintes (PEZZANI, VITALINI e IRITI, 2017), os quais são saudáveis para a saúde humana por possuírem propriedades antioxidantes (GARCIA BELTRÁN et al., 2020), anti-inflamatória (HAN e PARKER, 2017), antibacteriana (PRADEBON BRONDANI et al., 2018) antifúngica (CAMILETTI et al., 2016), antiviral (ZHANG et al., 2014) larvicida (GOVINDARAJAN et al., 2016) entre outras atividades, como também, protegem os alimentos do apodrecimento (ENGEL et al., 2017; BARBOSA et al., 2020).

O *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), é um mosquito (artrópode) arboviral que através da picada transmite vírus da dengue, zika, febre amarela e chikungunya (RUEDA et al., 2018; SANTOS et al., 2018; MUNUSAMY et al., 2016; WHO, 2015; MS, 2015). Sua transmissão ocorre, preferencialmente, em regiões urbanas tropicais, subtropicais e semiurbanas de todo o mundo, por serem ambientes que fornecem condições favoráveis a sua proliferação e desenvolvimento, como também, possuem um alto poder de adaptação ambiental (ALI, GOPALAKRISHNAN e VENKATESALU, 2018; MENDES et al., 2017; PLIEGO, VELÁZQUEZ-CASTRO e COLLAR, 2017).

Nos últimos anos foi registrado um acentuado aumento das arboviroses transmitidas pelo *A. aegypti* no Brasil, e em outros países tropicais, essas doenças causam um impacto negativo na saúde pública e na economia mundial (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019; ALI; GOPALAKRISHNAN e VENKATESALU, 2018; WHO, 2012). Assim, medidas de controle do mosquito são as ferramentas utilizadas a fim de evitar a sua proliferação e a disseminação dessas doenças. Segundo, Govindarajan *et al.* (2016) os agentes larvicidas contribuem significativamente para diminuir a densidade dos mosquitos em seus locais de reprodução antes de chegarem a fase adulta.

Nesse cenário, os Óleos Essenciais (OE), constituídos por terpenos voláteis, surgem como uma alternativa para o controle de mosquitos, devido à sua disponibilidade e segurança ambiental (MENDES et al., 2017; BEZERRA-SILVA et al., 2016; PAVELA e BENELLI, 2016). Esse controle vai desde a inibição da ovoposição, ação larvicida, inseticida e repelente, por ação desses constituintes bioativos quimicamente, que também possuem potencial de inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE) e podem causar um aumento da acetilcolina,

que leva à paralisia e morte dos insetos (THONGWAT et al., 2017; MIYAZAWA, WATANABE e KAMEOKA, 1997). Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do Óleo Essencial de Orégano vulgare (OEOV) frente às larvas do *Aedes aegypti* e avaliar a atividade de inibição da enzima acetilcolinesterase.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material vegetal, extração e análise do óleo essencial

As folhas secas e trituradas do orégano (400g) foram adquiridas comercialmente no mercado central do município de Teresina-PI-Brasil, no mês de outubro de 2017. Posteriormente, foram submetidas à extração por hidrodestilação por um período de 4 h, utilizando um aparelho de tipo Clevenger, a 60°C, conforme metodologia adaptada de SIMÕES et al., (2004). Em seguida o óleo obtido foi seco em sulfato de sódio anidro, filtrado e armazenado em frascos âmbar sob refrigeração.

A análise do OEOV foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Shimadzu, com coluna capilar Restek GC columns Rtx Ò - 5MS (crossbondÒ 5% diphenil/ 95% dimethyl polysiloxane) (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A análise foi realizada no modo split (10:1) e temperatura do injetor a 250 °C. A programação do forno foi de 50 °C com taxa de 5 °C min⁻¹ até 260 °C permanecendo por 10 minutos. O gás hélio com fluxo constante a 3 mL min⁻¹. O tempo total da análise foi 48:50 min e a temperatura da interface foi 250 °C. O espectrômetro de massas operando com ionização por elétrons (EI 70 eV) com faixa de massa *m/z* 45 a 650 Da e temperatura da fonte de 330 °C. A identificação dos constituintes foi realizada por comparação dos espectros de massas com os da biblioteca Wiley, bem como pela comparação de seus índices de retenção (RI), segundo os valores da literatura (ADAMS, 2007).

2.2 Ensaio de inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE)

O ensaio enzimático de inibição da acetilcolinesterase (AChE) foi realizado conforme a metodologia proposta por Ellman modificado por Rhee et al. (2001), com modificações. Em microplaca foram encubados 25 µL de OEOV (1 - 0,0625 mg mL⁻¹), 50 µL do tampão B (50 mM Tris-HCl pH 8, 0,1% albumina bovina) e 25 µL da enzima AChE (0,22 U mL⁻¹), por 10 minutos a 37 °C. Após esse tempo, adicionou-se 125 µL de DTNB [ácido 5,5'-ditiobis-(2-nitrobenzóico)] em tampão Tris-HCl 50 mM, pH 8, NaCl 0,1M; MgCl₂·6H₂O 0,02 M; e 25 µL de ATCl (Iodeto de acetiltiocolina) 15 mM. As absorbâncias foram lidas no tempo inicial e após 5 minutos da adição dos últimos reagentes, em um comprimento de onda de 405 nm em leitor de microplaca ELISA (modelo Polaris; marca Celer biotecnologia S.A). Um branco foi realizado nas mesmas condições substituindo a amostra por metanol em tampão A (50 mM Tris-HCl, pH 8). Os procedimentos foram realizados em triplicata e utilizou-se a Rivastigmina como controle positivo.

A porcentagem de inibição foi calculada através da equação: $\%inibição = 100 - (A_{amostra} / A_{branco}) \times 100$; Onde, A é a variação das absorbâncias, no tempo inicial e final das leituras. A concentração que inibe 50% da enzima (CI_{50}) os dados foram analisados por ANOVA unidirecional seguido do teste de Tukey para estimar diferenças significativas entre os grupos teste e controle com o GraphPad Prism Data Editor para Windows, versão 6.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA). Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

2.3 Larvas

As larvas de *A. aegypti* foram obtidas a partir de mosquitos adultos, provenientes de Teresina-PI, mantidos em colônia semifechada no Laboratório de Parasitologia e Entomologia Sanitária (LAPES) do Departamento de Parasitologia e Microbiologia, CCS, UFPI, sob condições controladas de temperatura e umidade (28 ± 2 °C e $70 \pm 10\%$ UR (Umidade Relativa)). As manutenções e os cuidados das colônias de mosquitos seguiram os procedimentos de biossegurança segundo Silva, Silva e Lira (1998).

2.4 Ensaio larvicida

A atividade larvicida do OEOV frente às larvas de *A. aegypti*, foi avaliado seguindo Govindarajan et al. (2016) e WHO (2005), com modificações. Uma solução estoque do OEOV 150 ppm foi preparado em DMSO 1% (v/v) e em água da torneira, desclorada, e em seguida, concentrações menores (30, 60, 90, 120 ppm) foram obtidas da solução estoque por diluição. Um controle foi preparado apenas com DMSO em solução de 1% (v/v). Larvas, do terceiro e/ou quarto estágio larval ($n=60$), foram mantidas em 20 mL das soluções teste e controle sem alimentação. O ensaio foi realizado em triplicata, a mortalidade foi monitorada em 24 e 48 hs. Em seguida, para encontrar os valores da concentração letal média necessária para matar 50% (CL_{50}) e 90% (CL_{90}) da população, foi utilizada a regressão logística baseada no modelo probit a 5% de probabilidade usando o programa IBM SPSS Statistics, versão 20.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se um rendimento de 1,17% do OEOV. A composição química encontra-se descrita na Tabela 1, onde foi possível caracterizar um percentual de 98,3% dos constituintes presentes no óleo essencial.

Picos	*T.R.	Concentração (%)	Constituintes
1	5,715	2,95	α -terpineno
2	5,944	1,11	Sabineno
3	6,631	8,27	γ -terpineno
4	9,144	1,02	Borneol
5	9,426	52,54	Terpinen-4-ol
6	9,817	3,63	α -terpineol

7	12,759	6,82	Timol
8	12,954	12,96	Carvacrol
9	15,852	5,89	β -cariofileno
10	17,744	1,76	Germacreno
11	19,539	1,35	Espatulenol

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de *O. vulgare*. *T.R = Tempo de Retenção.

Por meio da análise cromatográfica foram identificados monoterpenos hidrocarbonetos 12,33% (α -terpineno; Sabineno; γ -terpineno); monoterpenos oxigenados 76,96% (Borneol; Terpinen-4-ol; α -terpineol; Carvacrol; Timol); sesquiterpenos hidrocarbonetos 7,65% (β -cariofileno e germacreno) e sesquiterpeno oxigenado 1,35% (Espatuneol) (Figura 1). Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por Jan et al. (2018); Khan et al. (2018); Mastro et al. (2017) e Sarikurkcu et al., 2015; com o OEOV.

Os principais constituintes voláteis encontrados no óleo essencial, foram: Terpinen-4-ol (52,54 %); Carvacrol (12,96 %); γ -terpineno (8,27 %); Timol (6,82 %) e o β -cariofileno (5,89 %), onde o carvacrol e seu isômero o timol, compostos fenólicos conferem aroma e sabor característico ao orégano (ENGEL et al., 2017; JAN et al., 2018; LUKAS, SCHMIDERER e NOVAK, 2015).

Nesse trabalho, o Terpinen-4-ol (52,54%) foi o constituinte químico mais abundante, pois a variação da composição química do óleo essencial obtido do orégano se deve a fatores como localização geográfica, condições climáticas, forma do plantio, método de extração, manejo das folhas, fatores e características genéticas, ecológicas e ambientais, armazenamento, dentre outros (MORSHEDLOO et al., 2018; OLIVEIRA, et al., 2016; LUKAS, SCHMIDERER e NOVAK, 2015; MORSHEDLOO et al., 2015; COQUEIRO, et al., 2012).

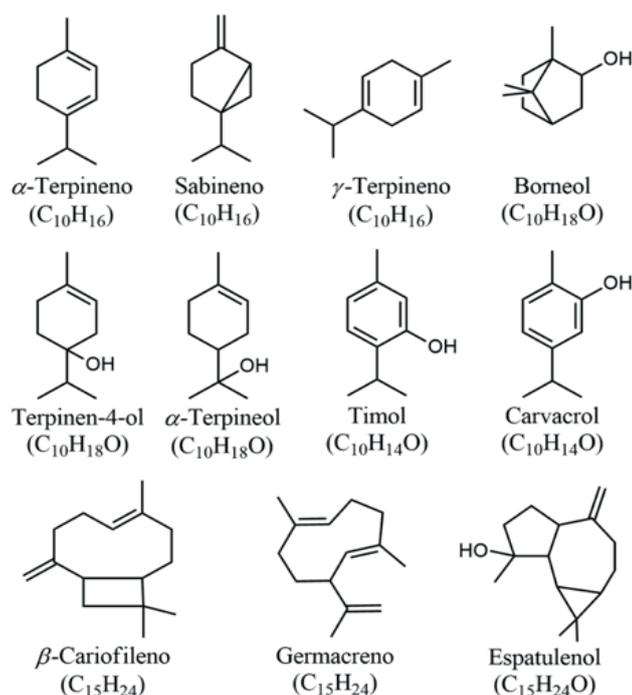


Figura 1. Constituintes químicos encontrados no OE de *Origanum vulgare*. Fonte: Autores

O ensaio larvicida, com o OEOV mostra uma mortalidade larval crescente a partir de 30 ppm, com uma CL_{50} de 85,730 ppm, com 24 hs e uma CL_{50} de 85,193 ppm com 48 hs e CL_{90} 143,524 ppm, com 24 hs e CL_{90} de 138,170 ppm com 48 hs (Figura 2). O OEOV pode ser considerado um bom larvicida de acordo com a proposta de Cheng (2003), pois, classifica substâncias com $CL_{50} < 100$ ppm como ativas e as com valores maiores que 100 ppm inativas.

Em nossos resultados com o OEOV foram maiores em comparação com os encontrados por Leite et al. (2009) que trabalhou com *O. vulgare* o qual apresentou um resultado de 100% de inibição em todas as concentrações (0,2; 0,4; 0,8 mg mL⁻¹ (ppm)) frente as larvas de *A. aegypti*, em contrapartida em novo estudo com o OEOV por Govindarajan et al. (2016) apresentou concentrações letais médias perto das encontradas no presente trabalho, frente às larvas de *Anopheles stephensi* (67,00 ppm), *Anopheles subpictus* (74,14 ppm) *Culex quinquefasciatus* (80,35 ppm) e *Culex tritaeniorhynchus* (84,93 ppm). Nesse mesmo estudo os monoterpênicos isolados, carvacrol e terpinen-4-ol de *O. vulgare*, obtiveram CL_{50} menores que o óleo, e o terpinen-4-ol foi mais efetivo contra essas larvas.

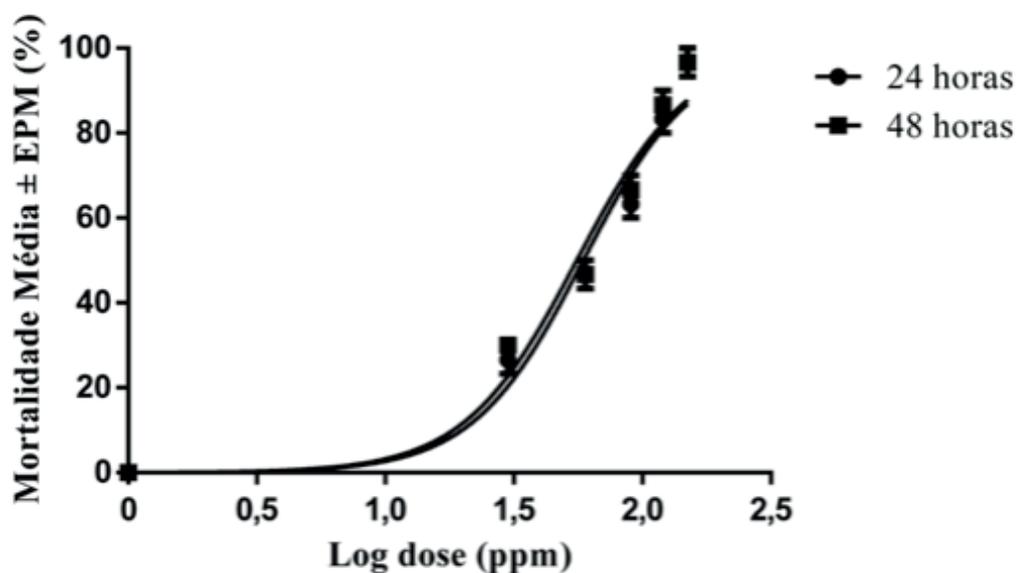


Figura 2. Efeito dose-resposta da atividade larvicida do óleo essencial de *Origanum vulgare* após 24 e 48 h de exposição. Fonte: Dados da pesquisa. CL_{50} : Concentração letal 50% mortalidade, CL_{90} : Concentração letal 90% mortalidade, (*) $p < 0,05$.

Esses achados são relevantes, pois confirmam que a atividade larvicida do OEOV pode estar relacionada ao efeito sinérgico que os monoterpênicos presentes no óleo exercem potencializando a atividade, e principalmente ao efeito do seu composto majoritário, o terpinen-4-ol (52,54%), como foi mencionado no trabalho de Govindarajan et al. (2016).

Esse efeito larvicida causado por OEOV está em conformidade com outros óleos obtidos de espécies do gênero *Origanum* relatadas na literatura. Em ensaios semelhantes ao nosso, com larvas de 3º e 4º estágios larvais do mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae),

Cetin e Yanikoglu (2006) obtiveram, com os óleos essenciais das espécies *Origanum onites* L. e *Origanum minutiflorum* uma CL_{50} de 24,8 ppm e 61,3 ppm, respectivamente, atribuem esse efeito tóxico às larvas ao carvacrol, principal constituinte desses óleos. Contra essa espécie de mosquito, *Culex pipiens*, El-akhal et al. (2014) obteve uma CL_{50} de 258,71 mg L⁻¹ e CL_{90} 580,49 mg L⁻¹ com o óleo essencial da planta *Origanum majorana*.

Em um estudo poposto por López et al. (2018), o OE de *Origanum compactum*, contra larvas do 3º estágio do nematóide parasita *Anisakis simplex*, larvas do 3º estágio, 24 e 48 horas, apresentou uma CL_{50} de 0,429 mg mL⁻¹ para 24 h e 0,344 mg mL⁻¹ para 48 h. Esse efeito foi atribuído aos compostos majoritários carvacrol e timol, que nas mesmas condições experimentais exibiram alta toxicidade às larvas em baixas concentrações.

Na literatura diversos estudos mostram o potencial larvicida dos óleos essenciais, como em outro estudo realizado por Govindarajan et al. (2013) o óleo essencial de *Ocimum basilicum* (L.)(Lamiaceae) apresentou toxicidade significativa frente a larvas de *Culex tritaeniorhynchus*, vetor da encefalite japonesa, *Aedes albopictus*, vetor da dengue e *A. subpictus*, vetor da malária, com CL_{50} de 14,01, 11,97 e 9,75 ppm e valores de CL_{90} de 23,44, 21,17 e 18,56 ppm, respectivamente. O óleo essencial de *Mentha spicata* (Linn.) apresentou alta contração letal média às larvas *C. quinquefasciatus* (62 ppm), *A. aegypti* (56,08 ppm) e *A. stephensi* (49,71 ppm) (GOVINDARAJAN et al., 2012).

Um possível mecanismo de ação tóxica às larvas de mosquitos ocorre por inibição da AChE, mecanismo pelo qual atuam os inseticidas sintéticos, como os organofosforados e carbamatos, estes provocam a fosforilação ou carbamilação do resíduo de serina no sítio ativo da enzima e comprometem a hidrólise da molécula de acetilcolina (ANTHONY et al. 1995). Assim, a inibição da AChE aumenta a concentração de acetilcolina nas sinapses, provocando um aumento dos impulsos nervosos, o que leva à paralisia, por bloqueio neuromuscular e morte do inseto (KARCZMAR, 1998; MIYAZAWA, WATANABE e KAMEOKA, 1997; CHAVASSE e YAP et al., 1997; PADILLA, WILSON e BUSHNELL, 1994).

O OEOV apresentou uma relevante inibição frente a enzima acetilcolinesterase, com até 73,19% de inibição, sendo mais alta concentração testada (1 mg mL⁻¹) e uma CI_{50} de 0,2029 mg mL⁻¹ (Figura 3). Esses valores são considerados promissores quando comparados com o potente inibidor Rivastigmina (0,01148 mg mL⁻¹), fármaco utilizado no tratamento sintomático da Doença de Alzheimer.

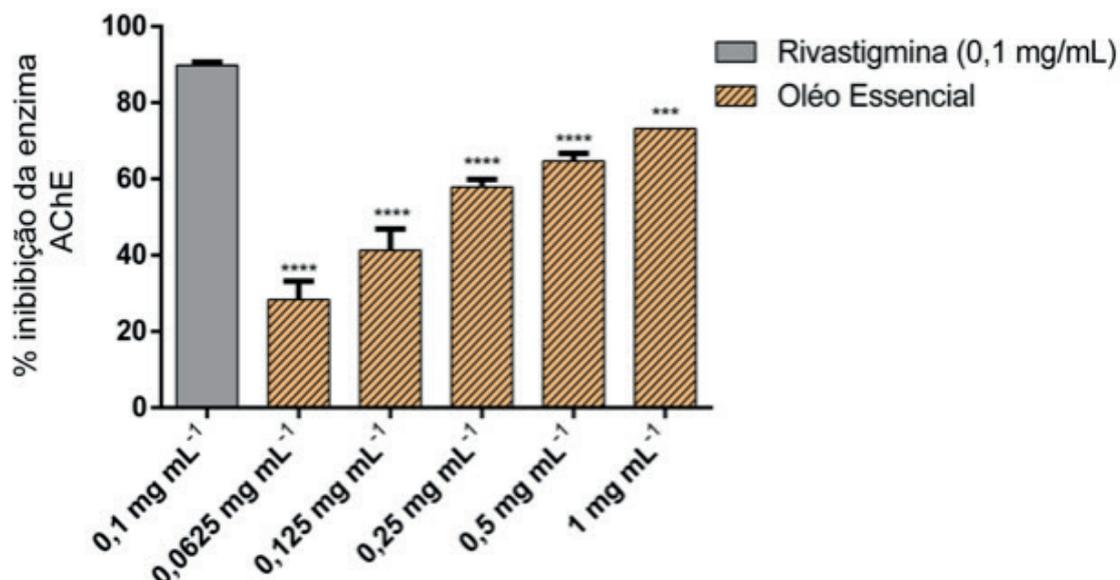


Figura 3. Atividade Anticolinesterásica do OEOV utilizando a rivastigmina (Exelon®) como controle positivo. Fonte: Dados da pesquisa. Os valores representam a média \pm erro padrão da média, $n=3$ para cada concentração. One way ANOVA, seguida pelo pós-teste de Tukey. **** $p \leq 0,0001$, *** $p \leq 0,001$ comparado à rivastigmina (0,1 mg mL⁻¹).

A inibição da enzima AChE pelo OEOV encontrada em nossos estudos está de acordo com outras espécies de *Origanum*. Hajlaoui et al. (2016) que obteve com o óleo essencial de *Origanum majorana* L. uma CI_{50} em torno de $150,33 \pm 2,02 \mu\text{g mL}^{-1}$, e atribue esse efeito ao seu alto teor de hidrocarbonetos monoterpênicos, e aos monoterpenos tais como o α -pineno ($76,3 \pm 1,27\%$), presentes nesse óleo. Estudos feitos por Loizzo et al. (2009), demonstram excelente inibição da enzima AChE dos óleos essenciais de *Origanum ehrenbergii* boiss e *Origanum syriacum* L. com baixas CI_{50} de $0,3 \mu\text{g}$ e $1,7 \mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente. Carrasco et al. (2016) encontrou baixas concentrações médias de inibição da enzima acetilcolinesterase de óleos de *Origanum vulgare*, com CI_{50} variando de $56,7$ a $73,7 \mu\text{L EO L}^{-1}$.

Monoterpenos derivados de OE exercem efeito inseticida ao inibirem aAChE (MIYAZAWA e YAMAFUJI, 2005). Aazza, Lyoussi e Miguel (2011), e Benabdallah et al. (2018) relatam que o efeito inibitório da AChE dos óleos essenciais pode ser explicado pela interação hidrofóbica dos monoterpenos com o sítio ativo da enzima, onde os mesmos poderão atuar como inibidores competitivos ou não competitivos, devido à sua hidrofobicidade. O óleo essencial de *Origanum compactum* apresentou uma CI_{50} de $0,124 \text{ mg mL}^{-1}$, enquanto seus compostos majoritários, os monoterpenos carvacrol e timol apresentaram uma inibição média de $0,113$ e $0,625 \text{ mg mL}^{-1}$, respectivamente, os autores afirmam que essa atividade foi responsável pelos efeitos larvicidas contra *A. simplex* (LÓPEZ et al., 2018).

Além da inibição da AChE timol e carvacrol podem exibir toxicidade às larvas por alteração da permeabilidade da membrana celular e desestabilização das atividades respiratórias e enzimáticas (BOUYAHYA et al. 2017; BAKKALI et al. 2008). Em relação à estrutura-atividade a presença do grupo hidroxila na posição orto no carvacrol confere a esse monoterpene uma melhor atividade anticolinesterásica que a obtida com timol. (JUKIC et al. 2007; AAZZA, LYOUSSI e MIGUEL, 2011 ; SEO et al. 2015).

Em estudo realizado por Gómez-rincón et al. (2014), o terpinen-4-ol foi identificado como componente majoritário do do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, cujo efeito biocida sobre larvas de terceiro estágio do nematódeo *A simplex* foi significativo além de alta inibição da AChE. No entanto, isoladamente o terpinen-4-ol não apresentou atividade larvicida, nem inibitória da AChE. Com isso, devido à complexidade química dos OE, é difícil estabelecer qual mecanismo está envolvido na atividade larvicida do OEOV, no entanto, a inibição da AChE pode ser em parte responsável por esse efeito.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados encontrados mostraram que óleo essencial de *O. vulgare* apresenta composição rica em monoterpenos, possui efetiva atividade larvicida sobre *A.aegypti* com CL_{50} de 85,730 e 85,193 ppm em 24 e 48 horas e CL_{90} 143,524 e 138,170 ppm em 24 e 48 horas, respectivamente, de exposição ao OE. Pelo menos parcialmente, esse efeito pode ser atribuído a alta inibição da AChE (0,2029 mg mL⁻¹), responsável pelo bloqueio das transmissões neuromusculares com consequente morte das larvas. Esses resultados permitem sugerir que o OEOV como promissor biolarvicida, incentivando na busca de aprimoramento desses testes e de futuros trabalhos nessa área.

REFERÊNCIAS

AAZZA, S.; LYOUSSI, B.; MIGUEL, M. G. **Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of some commercial essential oils and their major compounds.** Molecules, v. 16, n. 9, p. 7672-90, 2011.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry.** 4th ed. Allured publishing corporation Carol Stream, IL, 2007.

ALI, S. I.; GOPALAKRISHNAN, B.; VENKATESALU, V. **Evaluation of larvicidal activity of Senecio laetus Edgew. against the malarial vector, *Anopheles stephensi*, dengue vector, *Aedes aegypti* and Bancroftian filariasis vector, *Culex quinquefasciatus*.** South African Journal of Botany, v. 114, p. 117-125, 2018.

ANTHONY, N. et al. **Cloning, sequencing and functional expression of an acetylcholinesterase gene from the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*.** FEBS letters, v. 368, n. 3, p. 461-465, 1995.

BAKKALI, F. et al. **Biological effects of essential oils – A review.** Food and Chemical Toxicology, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BARBOSA, L. N. et al. **Proteomic analysis and antibacterial resistance mechanisms of Salmonella Enteritidis submitted to the inhibitory effect of Origanum vulgare essential oil, thymol and carvacrol.** Journal of Proteomics, v. 214, p. 103625, 2020.

BENABDALLAH, A. et al. **Chemical composition, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibitory of wild Mentha species from northeastern Algeria.** South African Journal of Botany, v. 116, p. 131-139, 2018.

BEZERRA-SILVA, P. C. et al. **Evaluation of the activity of the essential oil from an ornamental flower against *Aedes aegypti*: electrophysiology, molecular dynamics and behavioral assays.** PloS one, v. 11,

n. 2, p. 1-15, 2016.

BOUYAHYA, A. et al. **Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities.** *Microbial Pathogenesis*, v. 111, p. 41-49, 2017.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Ministério da Saúde. **Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 11 de 2019.** v. 50. Boletim epidemiológico.

CAMILETTI, B. X. et al. **Essential oils and their combinations with iprodione fungicide as potential antifungal agents against the rot (*Sclerotium cepivorum* Berk) in garlic (*Allium sativum* L.) crops.** *Industrial Crops and Products*, v. 85, p. 117-124, 2016.

CARRASCO, A. et al. ***Origanum vulgare* and *Thymbra capitata* Essential Oils from Spain: Determination of Aromatic Profile and Bioactivities.** *Natural Product Communications*, v. 11, n. 1, p. 113-20, 2016.

CETIN, H.; YANIKOGLU, A. **A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey.** *Journal of vector ecology: journal of the Society for Vector Ecology*, v. 31, p. 118-22, 2006.

CHAVASSE, D.; YAP, H.; ORGANIZATION, W. H. **Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance.** Geneva: World Health Organization, 1997.

CHENG, S. S. et al. **Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae.** *Bioresource Technology*, v. 89, n. 1, p. 99-102, 2003.

COQUEIRO, D. P. et al. **Efeitos do chá de orégano (*Origanum vulgare*) no perfil bioquímico de ratos Wistar.** *Scientia Medica*, v. 22, n. 4, p. 191-196, 2012.

DAVIDENCO, V. et al. **Day length modulates precocity and productivity through its effect on developmental rate in *Origanum vulgare* ssp.** *Scientia Horticulturae*, v. 218, p. 164-170, 2017.

EL-AKHAL, F. et al. **Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Origanum majorana* (Lamiaceae) cultivated in Morocco against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae).** *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 4, n. 9, p. 746-750, 2014.

ENGEL, J. B. et al. **Antimicrobial activity of free and liposome-encapsulated thymol and carvacrol against *Salmonella* and *Staphylococcus aureus* adhered to stainless steel.** *International Journal Of Food Microbiology*, v. 252, p. 18-23, 2017.

GARCIA BELTRAN, J. M. et al. **Effects of dietary *Origanum vulgare* on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) immune and antioxidant status.** *Fish and Shellfish Immunology*, v. 99, p. 452-461, 2020.

GÓMEZ-RINCÓN, C. et al. **Activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oil against L3 larvae of *Anisakis simplex*.** *BioMed research international*, v. 2014, p. 1-6, 2014.

GOVINDARAJAN, M. et al. **Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Mentha spicata* (Linn.) against three mosquito species.** *Parasitology Research*, v. 110, n. 5, p. 2023-32, 2012.

GOVINDARAJAN, M. et al. **Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae).** *Research In Veterinary Science*, v. 104, p. 77-82, 2016.

GOVINDARAJAN, M. et al. **Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Ocimum***

***basilicum* (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae).** Experimental Parasitology, v. 134, n. 1, p. 7-11, 2013.

GULLUCE, M. et al. **Isolation of some active compounds from *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* and determination of their genotoxic potentials.** Food Chemistry, v. 130, n. 2, p. 248-253, 2012.

HAJLAOUI, H. et al. **Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial, cytotoxicity and anti-acetylcholinesterase properties of Tunisian *Origanum majorana* L. essential oil.** Microbial Pathogenesis, v. 95, p. 86-94, 2016.

HAN, X. PARKER, T. L. **Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil in a human skin disease model.** Biochimie Open, v. 4, p. 73-77, 2017.

JAN, S. et al. **Divergence in tissue-specific expression patterns of genes associated with the terpenoid biosynthesis in two oregano species *Origanum vulgare* L., and *Origanum majorana*.** Industrial Crops and Products, v. 123, p. 546-555, 2018.

JUKIC, M. et al. **In vitro acetylcholinesterase inhibitory properties of thymol, carvacrol and their derivatives thymoquinone and thymohydroquinone.** Phytotherapy Research, v. 21, n. 3, p. 259-261, 2007.

KARCZMAR, A. **Invited Review Anticholinesterases: dramatic aspects of their use and misuse.** Neurochemistry international, v. 32, n. 5-6, p. 401-411, 1998.

KHAN, M. et al. **The composition of the essential oil and aqueous distillate of *Origanum vulgare* L. growing in Saudi Arabia and evaluation of their antibacterial activity.** Arabian Journal of Chemistry, v. 11, n. 8, p. 1189-1200, 2018.

LEITE, A. M. et al. **Preliminary study of the molluscicidal and larvicidal properties of some essential oils and phytochemicals from medicinal plants.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 19, n. 4, p. 842-846, 2009.

LOIZZO, M. R. et al. **Chemical analysis, antioxidant, antiinflammatory and anticholinesterase activities of *Origanum ehrenbergii* Boiss and *Origanum syriacum* L. essential oils.** Food Chemistry, v. 117, n. 1, p. 174-180, 2009.

LOPEZ, V. et al. **Green drugs in the fight against *Anisakis simplex*-larvicidal activity and acetylcholinesterase inhibition of *Origanum compactum* essential oil.** Parasitology Research, v. 117, n. 3, p. 861-867, 2018.

LUKAS, B.; SCHMIDERER, C.; NOVAK, J. **Essential oil diversity of European *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae).** Phytochemistry, v. 119, p. 32-40, 2015.

MASTRO, G. et al. **Essential oil diversity of *Origanum vulgare* L. populations from Southern Italy.** Food Chemistry, v. 235, p. 1-6, 2017.

MENDES, L. A. et al. **Larvicidal effect of essential oils from Brazilian cultivars of guava on *Aedes aegypti* L.** Industrial Crops and Products, v. 108, p. 684-689, 2017.

MIYAZAWA, M.; WATANABE, H.; KAMEOKA, H. **Inhibition of acetylcholinesterase activity by monoterpenoids with ap-menthane skeleton.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 45, n. 3, p. 677-679, 1997.

MIYAZAWA, M.; YAMAFUJI, C. **Inhibition of acetylcholinesterase activity by bicyclic monoterpenoids.** Journal of agricultural and food chemistry, v. 53, n. 5, p. 1765-1768, 2005.

- MORSHEDLOO, M. R. et al. **Chemical characterization of the essential oil compositions from Iranian populations of *Hypericum perforatum* L.** *Industrial Crops and Products*, v. 76, p. 565-573, 2015.
- MORSHEDLOO, M. R. et al. **Essential oil profile of oregano (*Origanum vulgare* L.) populations grown under similar soil and climate conditions.** *Industrial Crops and Products*, v. 119, p. 183-190, 2018.
- MS. **A febre do zika vírus.** Ministério da Saúde, 2015. <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal>. Acesso em: 15 dez 2018.
- MUNUSAMY, R. G. et al. **Ovicidal and larvicidal activities of some plant extracts against *Aedes aegypti* L. and *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae).** *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, v. 6, n. 6, p. 468-471, 2016.
- OLIVEIRA, V. et al. **Secondary metabolites and anatomical features of oregano leaves (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) grown under colored meshes.** *Revista de Ciências Agrárias (Portugal)*, v. 39, n. 1, p. 170-177, 2016.
- PADILLA, S.; WILSON, V. Z.; BUSHNELL, P. J. **Studies on the correlation between blood cholinesterase inhibition and 'target tissue' inhibition in pesticide-treated rats.** *Toxicology*, v. 92, n. 1-3, p. 11-25, 1994.
- PAVELA, R.; BENELLI, G. **Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints.** *Trends in Plant Science*, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, 2016.
- PEZZANI, R.; VITALINI, S.; IRITI, M. **Bioactivities of *Origanum vulgare* L.: an update.** *Phytochemistry reviews*, v. 16, n. 6, p. 1253-1268, 2017.
- PLIEGO, E.; VELÁZQUEZ-CASTRO, J.; COLLAR, A. **Seasonality on the life cycle of *Aedes aegypti* mosquito and its statistical relation with dengue outbreaks.** *Applied Mathematical Modelling*, v. 50, p. 484-496, 2017.
- PRADEBON BRONDANI, L. et al. **Evaluation of anti-enzyme properties of *Origanum vulgare* essential oil against oral *Candida albicans*.** *Journal de Mycologie Médicale*, v. 28, n. 1, p. 94-100, 2018.
- RHEE, I. K. et al. **Screening for acetylcholinesterase inhibitors from Amaryllidaceae using silica gel thin-layer chromatography in combination with bioactivity staining.** *Journal of Chromatography A*, v. 915, n. 1-2, p. 217-23, 2001.
- RUEDA, A. G. et al. **Synthesis of new α -amino nitriles with insecticidal action on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae).** *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 62, n. 2, p. 112-118, 2018.
- SANTOS, N. et al. **Effect of gamma irradiation of *Moringa oleifera* seed lectin on its larvicidal, ovicidal, and oviposition-stimulant activities against *Aedes aegypti*.** *South African Journal of Botany*, v.18, p. 1-6, 2018.
- SARIKURKCU, C. et al. **Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two *Origanum vulgare* subspecies (subsp. *vulgare* and subsp. *hirtum*) essential oils.** *Industrial Crops and Products*, v. 70, p. 178-184, 2015.
- SEO, S. M. et al. **Larvicidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of apiaceae plant essential oils and their constituents against *Aedes albopictus* and formulation development.** *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 63, n. 45, p. 9977-86, 2015.
- SILVA, H. H. G. D.; SILVA, I. G. D.; LIRA, K. D. S. **Metodologia de criação, manutenção de adultos e estocagem de ovos de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) em laboratório.** *Revista de Patologia Tropical*, v. 27, p. 53-63, 1998.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5ª ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/ UFSC, 2004.

SUZUKI, É. et al. **Essential Oil from *Origanum vulgare* Linnaeus: An Alternative Against Microorganisms Responsible for Bad Perspiration Odor**. *Journal of Young Pharmacists*, v. 7, p. 12-20, 2015.

THONGWAT, D. et al. **Larvicidal activity of endocarp and seed crude extracts of *Dracaena loureiri* Gagnep against *Aedes aegypti* (L.) mosquito**. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 7, n. 3, p. 222-226, 2017.

WHO. **Chikungunya**. World Health Organization, Media Centre, Fact sheetn, 2015. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/es>. Acesso em: 13 dez 2018.

WHO. **Global strategy for dengue prevention and control 2012–2020**. World Health Organization, 2012. Available at <http://www.who.int/about/licensing/copyright form/en/index.html>. Acesso em: 13 set 2018.

WHO. **Guidelines for Laboratory and Field Testing of Mosquito Larvicides**. Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, WHO Pesticide Evaluation Scheme. WHO, Geneva, 2005. (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/1.3).

ZHANG, X. L. et al. **Phenolic compounds from *Origanum vulgare* and their antioxidant and antiviral activities**. *Food Chemistry*, v. 152, p. 300-306, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água Subterrânea 36, 39, 40, 41, 42, 202, 207
Aldeídos Aromáticos 160, 161, 167
Análise Numérica 44, 45, 51
Aquecimento 43, 101, 111, 115, 137, 138, 148, 149, 228
Aquífero 30, 31, 34, 35
Associativismo 249, 250, 251, 252, 253, 254, 257, 258

B

Biocontrole 119, 120

C

Cadastro Territorial 1, 3, 11
Células Solares 133, 137, 138, 143
Cinética de Secagem 109, 111, 112, 115, 116, 117
Classificação 32, 40, 152, 183, 184, 185, 186, 188, 192, 193, 197, 199
Comunidade 89, 137, 147, 162, 175, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258
Contaminação 29, 30, 32, 35, 37, 38, 39, 41, 201, 202, 227, 228, 231, 246
Correntes Atmosféricas 226, 227

D

Demarcação 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 256
Dispositivos Eletrônicos 93
Doença Fúngica 225, 227

E

Espectrofotometria 200, 202

F

Fenômeno Atmosférico 87, 227
Ferrugem Asiática 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 238, 239

H

Hidrodestilação 120, 122
Hidrogeologia 30, 32, 34, 42

I

Informação 31, 59, 60, 86, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 173, 179
Ionosfera 55, 56, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74, 75

L

Larvicida 120, 121, 123, 125, 126, 128
Linha de Preamar Média 1
Lixo Eletrônico 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107

M

Malha Computacional 43, 45, 49, 52, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 239
Marinha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Material Polimérico 170, 171, 177
Mercado Informal 88
Modelagem 13, 14, 28, 43, 45, 47, 52, 111, 117, 226
Modelagem Matemática 43, 47, 117, 226
Modelagem Numérica 13, 14, 28, 43
Multivariada 30, 31, 35, 39, 41, 200, 202

O

Óleo Essencial 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127, 128
Óleo Fúsel 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248
Onda Eletromagnética 55, 59, 61, 64, 70, 75, 82, 87

P

Pedogênese 183, 184, 186, 199
Peneiras Moleculares 146, 148
Plantas Daninhas 200, 201, 227, 246, 247
Plataforma Continental 13
Plumas de Emissários 13
Polímeros 133, 136, 138, 139, 141, 143, 144, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 261
Processamento 44, 45, 47, 48, 49, 52, 97, 109, 114, 137, 144, 181, 236, 241
Processo de Secagem 109, 110, 112, 114, 115
Processos Pedogenéticos 183, 185, 186, 191, 192, 194, 196, 199
Propriedades Medicinais 120

R

Reaproveitamento 105, 240, 246, 247
Região Costeira 13, 14

Resfriamento 43

Resíduos 47, 101, 103, 105, 106, 195, 240, 245, 273

S

Sílicas Mesoporosas 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158

Sistemas Dinâmicos 76

Sistemas Ópticos 76

Solventes Orgânicos 200, 202

T

Tecnologia 57, 60, 93, 95, 97, 99, 100, 104, 105, 106, 108, 239, 273

Terras Raras 133, 137, 138, 143, 259, 261, 262, 263, 268

Terrenos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12

U

Umidade 66, 77, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 197, 198

V

Variabilidade Ambiental 183, 184

Vulnerabilidade 11, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 41

 **Atena**
Editora

2 0 2 0