

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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
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
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
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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
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
Profª Drª 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
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª 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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª 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. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 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
 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. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 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)**

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 2
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-51-5
 DOI 10.22533/at.ed.515202403

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará em especial trabalhos que contribuem a nível educacional e aplicado tanto na área de engenharia química, química e tecnologias.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a energias renováveis, aproveitamento de resíduo agroindustrial, desenvolvimento de simulador de processos, simulação de custos de produção, e em especial estudos correlacionados a nível educacional por meio de jogos didáticos, quiz educativo com foco na aprendizagem de reações químicas e tabela periódica. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à aproveitamento de resíduos, disseminação de conhecimento, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

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 exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais, reutilização de resíduos de regiões específicas do país é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR	
Caroline Santos Silva Lucas Rodrigo Custódio Kássia Graciele dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5152024031	
CAPÍTULO 2	12
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ NA PRODUÇÃO DE BIOCHAR PARA IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE <i>RHIZOPUS ORYZAE</i> E SÍNTESE DE PALMITATO DE CETILA	
Danyelle Andrade Mota Jefferson Cleriston Barros dos Santos Lays Carvalho de Almeida Álvaro Silva Lima Laiza Canielas Krause Cleide Mara Faria Soares	
DOI 10.22533/at.ed.5152024032	
CAPÍTULO 3	26
ANÁLISE DA PERDA AO FOGO DE CORPOS DE PROVA CERÂMICOS FORMULADOS COM CINZA LEVE PROVENIENTE DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL PULVERIZADO	
Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira Flávio André Pavan	
DOI 10.22533/at.ed.5152024033	
CAPÍTULO 4	34
ESTABILIDADE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE CUPUAÇU (<i>Theobroma grandiniflorum</i>) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E TEMPERATURAS	
Simara Ferreira Borges Harvey Alexander Villa Vélez Romildo Martins Sampaio Valkerline Pinto Pires Audirene Amorim Santana	
DOI 10.22533/at.ed.5152024034	
CAPÍTULO 5	44
ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS DE ESTADO EM MODELO DE HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS	
Camila Santana Dias Leandro Santos Monteiro Bruno Marques Viegas Diego Cardoso Estumano Nielson Fernando da Paixão Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.5152024035	
CAPÍTULO 6	59
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE MODELOS DE BALANÇO POPULACIONAL PARA SISTEMAS PARTICULADOS	
Carlos Henrique Rodrigues de Moura Diego Cardoso Estumano João Nazareno Nonato Quaresma	

Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024036

CAPÍTULO 7 73

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE
PARAMÉTRIOS EM MODELO DE BALANÇO POPULACIONAL DE CRISTALIZAÇÃO DE GIBBSITA
COM CINÉTICA CONSTANTE

Carlos Henrique Rodrigues de Moura
Diego Cardoso Estumano
João Nazareno Nonato Quaresma
Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024037

CAPÍTULO 8 85

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE
PARÂMETROS EM MODELOS DE CURVAS DE RUPTURA

João Paulo de Souza Coutinho
Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Diego Cardoso Estumano

DOI 10.22533/at.ed.5152024038

CAPÍTULO 9 100

DESCRIÇÃO FÍSICA DE FIBRAS DE COCO (*COCO NUCIFERA L.*) SUBMETIDAS A TRATAMENTO
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE MACERAÇÃO

Nayara Maria Monteiro da Silva
Carla Arnaud de Azevedo
Alefhe Bernard Cordovil Mascarenhas
Raíssa Cristine Santos de Araújo
Gabriela Nascimento Vasconcelos
Rafael Maia de Oliveira
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro de Faria

DOI 10.22533/at.ed.5152024039

CAPÍTULO 10 116

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PROCESSOS USANDO LINGUAGEM VISUAL BASIC
FOR APPLICATIONS (VBA) PARA A OXIDAÇÃO DO TOLUENO

Herbert Senzano Lopes
Vanja Maria de Franca Bezerra
Matheus Henrique Antonio Aboukalam da Cruz
Osvaldo Chiavone-Filho
Carlson Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.51520240310

CAPÍTULO 11 123

O USO DA EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA FACILITADORA PARA O ENSINO DE REAÇÃO DE DUPLA TROCA

Luciane Neves Ribeiro
Charles Garcia da Cunha
Joseane Cunha da Conceição
Layze Maria da Silva e Silva
Lindsey Bianca Araújo Fialho
Suzianne Saldanha da Silva
Vitor dos Santos de Carvalho
Miracleide de Araújo Batista Carneiro
Kelly das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240311

CAPÍTULO 12 130

O LÚDICO ATRAVÉS DE JOGOS DIDÁTICOS COMO AUXÍLIO EM AULAS DE TABELA PERIÓDICA PARA ALUNOS DO 9º ANO

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílda Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Catarina Estumano Bandeira
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240312

CAPÍTULO 13 140

SIMULAÇÃO EM SUPERPRO DESIGNER DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SOLIDO

Antonio Dheyson da Silva Oliveira
Rodrigo Silva Dutra
Sebastian Ospina Corral
Cristian Orlando Avila
Carlos Eduardo Orrego
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.51520240313

CAPÍTULO 14 152

O PROCESSO DE FISCALIZAÇÃO DO CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA 6ª REGIÃO PA/AP

Denise de Mello Lima
Dionis Rogério Costa Peixoto
Cristiane Maria Leal Costa
Célio Augusto Gomes de Souza
Antonio Claudio Lima Moreira Bastos
Allysson Bruno Almeida Ramos

DOI 10.22533/at.ed.51520240314

CAPÍTULO 15 159

QUIZ EDUCATIVO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE TABELA PERIÓDICA

Layze Maria da Silva e Silva

Luciane Neves Ribeiro
Joseane Cunha Da Conceição
Vitor Dos Santos De Carvalho
Suzianne Saldanha Da Silva
Lindsey Bianca Araujo Fialho
Charles Gracia da Cunha
Miracleide De Araújo Batista Carneiro
Kelly Das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240315

CAPÍTULO 16 164

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DA BIOMASSA DO FUNGO *ASPERGILLUS SP*, ISOLADO COMO ENDOFÍTICO DA ESPÉCIE *Paspalum maritimum* TRIN

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240316

CAPÍTULO 17 173

ATIVIDADE FITOTÓXICA DA BIOMASSA PRODUZIDA PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Glomerella cingulata*

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240317

CAPÍTULO 18 181

CHEMICAL CONSTITUENTS AND LARVICIDAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (RUTACEAE) AGAINST *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Camila Aline Romano
Matheus Gabriel de Oliveira
Matheus de Sousa Melo Morais
Andressa Tuane de Santana Paz
Liliane de Sousa Silva
Heloisa Helena Garcia da Silva
Ionizete Garcia da Silva
Adelair Helena dos Santos
José Realino de Paula

DOI 10.22533/at.ed.51520240318

CAPÍTULO 19 192

ESTIMATIVA DA CURVA DE RUPTURA DO PROCESSO DE ADSORÇÃO ATRAVÉS DO ALGORITMO

DE REAMOSTRAGEM POR IMPORTÂNCIA

Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Diego Cardoso Estumano
Emanuel Negrão Macêdo
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.51520240319

CAPÍTULO 20 205

DETERMINAÇÃO DO PERFIL ÓTIMO DE TEMPERATURA PARA UM BIOPROCESSO EM BATELADA DE PRODUÇÃO DE PENICILINA REPRESENTADO POR UM MODELO MATEMÁTICO

Samuel Conceição de Oliveira
Angel Gustavo Tolaba

DOI 10.22533/at.ed.51520240320

CAPÍTULO 21 218

AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS NA MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE REMOÇÃO DE SULFATO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS EM BIORREATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Samuel Conceição de Oliveira
Arnaldo Sarti

DOI 10.22533/at.ed.51520240321

SOBRE A ORGANIZADORA..... 228

ÍNDICE REMISSIVO 229

CHEMICAL CONSTITUENTS AND LARVICIDAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (RUTACEAE) AGAINST *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Data de submissão: 24/11/2019

Data de aceite: 16/03/2020

Camila Aline Romano

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia e Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/9426933645023752>

Matheus Gabriel de Oliveira

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/2325092699398353>

Matheus de Sousa Melo Morais

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/8486893177798359>

Andressa Tuane de Santana Paz

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/5723318127974272>

Liliane de Sousa Silva

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/5931395004291056>

Heloisa Helena Garcia da Silva

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/3761550565958179>

Ionizete Garcia da Silva

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/5021551669347602>

Adelair Helena dos Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Goiânia-GO;

<http://lattes.cnpq.br/3922093476391691>

José Realino de Paula

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Goiânia-GO

<http://lattes.cnpq.br/3191837532986128>

ABSTRACT: This study aimed to investigate the chemical composition of the essential oil of *Murraya koenigii* leaves cultivated in Brazil, its larvicidal activity, residual effect and the mechanisms of action on third-instar larvae of *Aedes aegypti* through *in silico* approach. Twenty-five compounds were identified, being the major compounds the β -phellandrene (22.57%), α -pinene (20.12%) and dehydroaromadendrene (13.83%). The lethal concentrations of 50% and 90% mortality were found to be 58.8 ppm and 87.8 ppm, respectively. The residual effect of the essential oil was two days, under laboratory conditions. No external morphological changes were observed in the larvae submitted to treatments. *In silico* predictions suggest mortality associated with mechanisms of cell toxicity, such as activation of caspases and neuromuscular blockade of acetylcholine. Further studies should be performed to verify possible morphological alterations induced by the essential

oil. Thus, the results evidence the potential of *M. koenigii* essential oil as a promising source of bioactive compounds in the control of *Ae. aegypti*.

KEYWORDS: Bioinsecticide. Bioactivity prediction. Vector control.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE LARVICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Murraya koenigii* L. (SPRENG.) (RUTACEAE) SOBRE *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

RESUMO: Este trabalho estudou a composição química do óleo essencial de folhas de *Murraya koenigii* cultivadas no Brasil, a atividade larvicida, o efeito residual e os mecanismos de ação sobre larvas de terceiro instar de *Aedes aegypti*, adotando modelo de predição *in silico*. Identificaram-se 25 compostos, sendo os majoritários β -phellandrene (22.57%), α -pinene (20.12%) e dehydro-aromadendrene (13.83%). As Lethal Concentrations de 50 e 90% de mortalidade foram, respectivamente, de 58.8 ppm e 87.8 ppm. O efeito residual do composto foi de dois dias, em condições de laboratório. Não se observou alterações morfológicas externas nas larvas submetidas aos tratamentos. Os resultados da predição *in silico* sugerem mortalidade por mecanismos de toxicidade celular, como por exemplo, ativação de caspases e bloqueios neuromusculares da acetilcolinesterase. Estudos futuros devem ser realizados para verificar possíveis danos morfohistológicos celulares induzidos pelo óleo essencial. Os resultados obtidos até o momento evidenciam potencial de *M. koenigii* como promissora fonte de compostos úteis, podendo ser candidatos ao uso no controle do *Ae. aegypti*.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinseticida. Prospecção de bioatividade. Controle de vetores.

1 | INTRODUCTION

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) is among the vectors of major epidemiological importance in the tropical and subtropical regions of the world. In Brazil, the mosquito was introduced in the colonial period, being responsible for the transmission of urban yellow fever (YF) (TAUIL 2010). In addition to the transmission of YF and dengue, in its five serotypes (WHO 2009; MUSTAFA *et al.* 2015), it has been considered the main vector of the chikungunya virus (CHIKV), according to Albuquerque *et al.* (2012), and zika virus (ZIKV), according to Bayes (2009) and Gourinat *et al.* (2015), which were introduced in the last three years. Thus, vector control methods against *Ae. aegypti* has received great attention. The main forms of control involve the physical control, through the manual elimination of breeding sites, and the chemical control with synthetic insecticides, organophosphates and pyrethroids (CORBEL *et al.* 2016). However, repeated applications of insecticides and failures in the planning of control stages have contributed to the emergence of resistant strains (DIAS; MORAIS, 2014, CORBEL *et al.* 2016, SCHWAB *et al.* 2018). In a work carried out in Malaysia post-outbreaks of

dengue, Mohiddin *et al.* (2016) observed that two of the three sites sampled had *Aedes albopictus* strains resistant to chemical control. Similarly, in Brazil, Aguirre-Obando *et al.* (2016) detected 80% of mutations in resistance determining genes of *Ae. aegypti* after dengue outbreak in the state of Paraná. These facts have led to the discovery of new molecules for vector control with low impact on the environment. Accordingly, the discovery of plant-derived compounds with insecticidal potential may be a promising alternative for the control of insects (GOVINDARAJAN; SIVAKUMAR 2014).

Plants may produce active molecules from the secondary metabolism with natural insecticidal ability and selective action on other organisms. Its natural degradation is faster than the synthetic insecticides, becoming a less environmentally impacting alternative in general (MACIEL *et al.* 2010). Studies on larvicidal activity of plant extracts have shown as cause of larval death the constrictions of the midgut, extrusion of the peritrophic matrix, epithelial stratification and vacuolization of the cells (ARRUDA *et al.* 2003; VALOTTO *et al.* 2014; AL-MEKHALAFI 2018). Other alterations are usually associated with the inhibition of digestive enzymes and neurotransmitters (ISMAN 2006; KABIR *et al.* 2013), as well as with induction of cell by induction of nitric oxide, as shown by Guimarães-de-Oliveira *et al.* (2016) in a study of larvicidal activity of the ethanolic extract of *Agave sisilana* (Asparagaceae). The essential oils of from plants may also present a repellent effect on feeding and/or oviposition (KRISHNAMOORTHY *et al.* 2015, SOONWERA; PHASOMKSOLSIL 2017, OLIVEIRA *et al.* 2017, YUSUFOGLU *et al.* 2018).

M. koenigii (Rutaceae), popularly known as Indian curry, is traditionally used as a culinary condiment due to its remarkable aromatic characteristic (MANI *et al.* 2012). In folk medicine, it has been widely used in the treatment of digestive disorders such as diarrhea and vomiting (ADEBAJO *et al.* 2006), microbial infections (JOSHI *et al.* 2018) and diabetes (KESARI *et al.* 2005; ARUSELVAN *et al.* 2006). The leaves of *M. koenigii* are aromatic and the composition of its extracts and essential oils may vary according to its genetics and the geographical locations (RAINA *et al.* 2002; RAO *et al.* 2011). Chowdhury *et al.* (2008) identified 39 different compounds in the essential oil of *M. koenigii* leaves collected in Bangladesh.

Extracts from different parts of *M. koenigii* were tested against insects, especially *Anopheles gambiae* and *Ae. aegypti*. Regarding *Ae. Aegypti*, different biological responses were observed according to the part of the plant used in the preparation of the extract. Sukari *et al.* (2013) found a median lethal concentration (LC_{50}) lower than 3 $\mu\text{g/mL}$ for five leaf hexane extract isolated compounds. Other studies presented higher values of LC_{50} (406 ppm) (SUGANYA *et al.* 2013) and unpromising activities (PATIL *et al.* 2010; TANNYSON *et al.* 2012). Due to the variations in the chemical composition of the extracts and essential oils, bioassays are need to evidence the most promising compounds. In Brazil, no studies of the chemical constituents of *M. koenigii* essential oil with larvicidal activity have been reported yet. Thus, considering the importance of the *Ae. aegypti* populations throughout the Brazilian territory in the transmission of dengue,

chikungunya and zika virus, this study aimed to evaluate the chemical composition of *M. koenigii* essential oil, to investigate its insecticidal potential against *Ae. aegypti* and to propose the mechanisms involved in this activity through *in silico* approach.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Plant material

The leaves of *M. koenigii* were collected in April 2018 in the Faculty of Pharmacy of the Federal University of Goiás (UFG) (16°40'33"S 49°14'33" W). The identification of the plant sample was done by Dr. José Realino de Paula and was deposited in the Herbarium of UFG under registration 66.4443. The leaves were dried in a forced ventilation oven at 40 °C (Fabbe-Primar) for 72h and then crushed.

2.2 Essential oils extraction and GC-MS analysis

For the extraction of the essential oil (EO), 100 g of powdered leaves were submitted to hydrodistillation in a Clevenger-type apparatus for 2 h (RAO *et al.* 2011). After dried over anhydrous Na₂SO₄, oils were kept in glass vials at a temperature of -20 °C. The EO were analyzed using a Shimadzu GC-MS QP5050A fitted with a fused silica SBP-5 (30 m × 0.25 mm I.D.; 0.25 µm film thickness) capillary column (composed of 5% phenylmethylpolysiloxane) and temperature programmed as follow: 60–240 °C at 3 °C/min, then to 280 °C at 10 °C/min, ending with 10 min at 280 °C. The carrier gas was a flow rate of 1 ml/min and the split mode had a ratio of 1:20. The injection port was set at 225 °C. Significant quadrupole mass spectrometer operating parameters: interface temperature 240 °C; electron impact ionization at 70 eV with scan mass range of 40–350 m/z at a sampling rate of 1 scan/s. Constituents were identified by computer search using digital libraries of mass spectral data (NIST, 1998) and by comparison of their retention indices (DOOL; KRATZ, 1963) relative to C9–C26 n-alkanes and mass spectra with literature data (ADAMS 2007).

2.3 Bioassay

2.3.1 Calibration of surfactant

To determine the resistance limit of *Ae. aegypti* larvae to polysorbate 80 (Tween 80) used in the oil solubilization, increased concentrations of the surfactant in water were tested in order to verify if the results presented by the oil were not affected by the presence of the surfactant. For this purpose, solutions of Tween 80 were used in graded series of 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7% and 1.0% diluted in water. A total of 20 3rd instar larvae (L₃) were exposed to 25 mL solution in triplicate for 24 h.

2.3.2 Larvicidal bioassay

The larvicidal bioassays were carried out at the Laboratory of Insect Biology and Physiology (IPTSP/UFG) in a biological chamber with a temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative humidity of $85\% \pm 5\%$ and a photophase of 12 hours (SILVA *et al.* 2003). The EO of *M. koenigii* was tested in decreasing serial dilutions from 100 to 20 ppm. The assays were performed in 50 mL polystyrene containers containing 25 mL of test solution and twenty L₃ *Ae. aegypti* larvae. Mortality events were quantified after 24 hours of exposure. All assays were performed in triplicate. Water and surfactant were the negative controls.

2.3.3 Residual effect

The *M. koenigii* EO residual effect was evaluated with a LC₉₉ solution found for the L₃ *Ae. aegypti* larvae. The assays were performed by adding twenty L₃ into 200 mL of LC₉₉ solution in 300 mL polystyrene containers. Mortality was verified after 24h exposure. The larvae were removed from the solution for the mortality verification and subsequently new L₃ were placed in the same solution. Daily larval counting and replenishment continued until complete loss of the lethal effect. All assays were performed in triplicate. Water and surfactant were the negative controls (ROMANO *et al.* 2018).

2.4 Statistical analysis

The data obtained from the larvicidal assays were submitted to the non-linear regression method of Probit for the determination of the LC of 50, 90 and 99% of mortality ($\alpha = 0.05$). The analysis were conducted using Statistica software version 12.0 (STATSOFT 2013).

2.5 In silico prediction of biological activity

Bioactivity prediction procedure with 2D α -pinene, β -phellandrene and dehydroaromadendrene structures was performed with PASS online tool (LAGUNIN *et al.* 2000). In PASS prediction, Pa and Pi estimate the probability of compound to be active or inactive respectively for each type of activity from the activity spectrum. The activities presenting $\text{Pa} > \text{Pi}$ were selected for the analysis. The five top-ranked obtained activities related to the experimental tests were selected for analysis.

3 | RESULTS

3.1 Chemical characterization

The yield of the EO of *M. koenigii* leaves was 0.401% (Figure 1). Twenty three

constituents were identified in the essential oil, mainly composed of monoterpenes (67.66%) and sesquiterpenes (24.28%) (Table 1). Major compounds were found to be beta-phellandrene (22.57%), alpha-pinene (20.12%) and dehydro-aromadendrene (13.83%).

N	Compound	KI ¹	AI ²	% ³
Monoterpenes				
1	α – thujene	914	924	1.6
2	α – pinene	922	932	20.12
3	Sabinene	959	969	5.29
4	β – pinene	965	974	3.88
5	Myrcene	975	988	1.7
6	α – phellandrene	995	1002	2.85
7	α – terpinene	1007	1014	2.93
8	β – phellandrene	1020	1025	22.57
9	E-beta-ocimene	1033	1044	1.63
10	γ – terpinene	1044	1054	5.09
Oxygenated monoterpenes				
11	cis-sabinene-hydrate	1056	1065	0.52
12	ρ – mentha-2,4(8)diene	1071	1085	0.92
13	trans-sabinene-hydrate	1088	1098	0.36
14	cis-ρ–mentha-2-en-ol	1112	1118	0.72
15	terpinen-4-ol	1181	1077	4.11
16	lavandulyl-isobutanoate	1403	1421	0.68
Sesquiterpenes				
17	dehydro-aromadendrene	1437	1462	13.83
18	α – humulene	1470	1452	3.22
19	widdra-2,4(14)-diene	1477	1481	1.87
20	Isodaucene	1477	1500	4.91
21	σ – amorphene	1499	1512	0.45
Monoterpenes		-	-	67.66
Oxygenated monoterpenes		-	-	7.31
Sesquiterpenes		-	-	24.28
Not identified		-	-	0.75
Total		-	-	99.25

Table 1. Chemical constituents in EO leaves from *Murraya koenigii* evaluated by GC/MS.

¹Kovatz Index; ²Retention index (values from literature); ³Peak area.

3.2 Bioassays

The first larvicidal activity of *M. koenigii* essential oil records occurred after 15 minutes of exposure to a test solution of 100 ppm. The total mortality of larvae at the highest concentration (100 ppm) occurred after 60 minutes of exposure. The LC₅₀, LC₉₀ and LC₉₉ were respectively 58.8 ppm (IC = 56.8-60.8 ppm), 87.8 ppm (IC = 85.1-90.6 ppm) and 94.4 ppm (CI = 91.2-97.5 ppm). No external morphological alterations or peritrophic matrix extrusion were observed. Mortality events were not observed in solutions containing only surfactant and water. The essential oil presented residual effect of two days, losing half the efficiency on the second day.

3.3 *In silico* prediction

Ligand *in silico* biological activity spectrum evaluation with PASS server was performed in order to determine if the major constituents identified in the essential oil present molecular properties consistent with insecticidal molecules. The prediction data revealed potential insecticidal mechanisms of action for the compounds, including ecdysone 20-monooxygenase inhibition, calcium regulation, neuromuscular blockade of acetylcholine and caspase stimulation (Table 2).

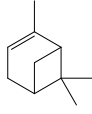
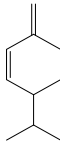
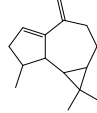
Compound	Pa	Pi	Activity
 α -pinene	0.509	0.072	Calcium channel (voltage-sensitive) activator
	0.486	0.030	Ecdysone 20-monooxygenase inhibitor
	0.439	0.034	Caspase 8 stimulant
	0.397	0.052	Caspase 3 stimulant
	0.384	0.007	Insecticide
 β -phellandrene	0.701	0.030	Calcium regulator
	0.507	0.070	Acetylcholine neuromuscular blocking agent
	0.434	0.065	Insecticide
	0.417	0.007	Ecdysone 20-monooxygenase inhibitor
	0.387	0.00	Apoptosis agonist
 dehydro-aromadendrene	0.499	0.075	Acetylcholine neuromuscular blocking agent
	0.489	0.018	Membrane permeability enhancer
	0.488	0.020	Caspase 8 stimulant
	0.400	0.074	Ecdysone 20-monooxygenase inhibitor
	0.269	0.018	Insecticide

Table 2. Top-ranked bioactivity prediction data of α -pinene, β -phellandrene and dehydro-aromadendrene using Pass tool.

4 | DISCUSSION

The chemical composition of essential oils is usually influenced by edaphic and climatic factors. Chowdhury *et al.* (2008) found 39 compounds in the essential oil of *M. koenigii* from Chittagong, being 3-carene the major compound (> 50%). Nagappan *et al.* (2011) identified 34 compounds and α -caryophyllene as major compound (> 19%) in the essential oil of *M. koenigii* from three locations in Malaysia. The variation in the chemical composition of *M. koenigii* from different locations in Asia was evaluated and the compounds myrcene, α -tujene, α -pinene, and sabinene have been identified in the analyzes (RAINA *et al.* 2002; RANA *et al.* 2004; CHOWDHURY *et al.* 2008; NAGAPPAN *et al.* 2011; RAO *et al.* 2011).

The larvicidal activity of *M. koenigii* extracts against *Ae. aegypti* have been attributed mainly due to the presence of carbazole alkaloids (SUKARI *et al.* 2013). Patil *et al.* (2010) found larval mortality between 59 and 80% depending on the solvent used in the extraction process. Suganya (*et al.* 2013) showed promising results for larvicidal activity of the *M. koenigii* ethanolic extract through the green synthesis of

silver nanoparticles ($LC_{50} = 22.03$ ppm; $LC_{90} = 55.95$ ppm). Krishnamoorthy *et al.* (2015) obtained LC_{90} below 90 ppm for the essential oil of *Murraya exotica* leaves against *Ae. aegypti*. However, there are no studies regarding the changes in morphology or metabolic pathways of *Ae. Aegypti* associated with the lethal effect of the extracts or isolated compounds of *M. koenigii*.

It has been reported that essential oils may interfere in the development and behavior of the insects. Soonwera and Phasomkusolsil (2017) evaluated the insecticidal effect of the essential oil of *Zanthoxylum limonella* (Rutaceae) against *Ae. aegypti* and observed lethality in larvae and adults near to 10%. Pupae submitted to treatments with essential oils usually present incomplete ecdise, which may originate aberrant adults. Pregnant females may exhibit repellency at oviposition sites impregnated with the essential oils (LEYVA *et al.* 2016; SOONWERA; PHASOMKUSOLSIL 2017; OLIVEIRA *et al.* 2017; ROMANO *et al.* 2018; YUSUFOGLU *et al.* 2018). The interference of natural products in metabolic pathways may be observed by the inactivation of the acetylcholine binding site, growth-inhibiting hormones, calcium channel blockade in nerve cells and activation of pathways that lead to apoptosis and/or increase in the nitric oxide production (ISMAN 2006; KABIR *et al.* 2013; OLIVEIRA *et al.* 2017; GUIMARÃES-DE-OLIVEIRA *et al.* 2016).

Regarding the bioactivity prediction of the major compounds of the *M. koenigii* essential oil, although not high values of Pa were obtained in general, it is known that compounds with Pa value greater than Pi, as showed in this study, are the only considered as possible for a particular pharmacological activity (LAGUNIN *et al.* 2000). Hence, the combination of the essential oil experimental results with the computational estimation of the insecticidal activity of its major compounds reveal that its *insecticidal* potential against *Ae. aegypti* may be due to the action on mechanisms important for actual insecticides, especially the modulation of growth inhibitor hormones, neurotoxic action by blocking acetylcholine binding sites and the stimulation of caspases

Considering the epidemiological importance of *Ae. aegypti* in Brazil and its resistance to chemical control, there are a need for development of alternative control methods which stimulate the search for new molecules with insecticidal activity. In this study, the experimental and *in silico* findings indicated that the essential oil from *M. koenigii* presents potential for the development of products to be used in the control of *Ae. aegypti*, since low LC_{50} values were obtained (58.8 ppm) and the oil is a promising source of bioactive compounds which may modulate multiple and important targets of the mosquito. However, further studies should be performed in order to investigate the interaction of these different lethality mechanisms in *in vitro* and *in vivo* models.

5 | ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully the financial support obtained from CAPES, CNPq and FAPEG. This study was financed in part by de Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Financer Code 001.

REFERENCES

Adams, R.P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**, 4^a ed. Allured Publishing Corporation, Illinois, 2007.

ADEBAJO, A.C.; AYOOLA, O.F., IWALEWA, E.O.; *et al.* Anti-trichomonal, biochemical and toxicological activities of methanolic extract and some carbazole alkaloids isolated from the leaves of *Murraya koenigii* growing in Nigeria. **Phytomedicine**, 2006.

AGUIRRE-OBANDO A.; PIETROBON, A.J.; BONA, A.C.D.; NAVARRO-SILVA, M.A. Contrasting patterns of insecticide reistance and knockdown resistance (kdr) in *Aedes aegypti* populations from Jacarezinho (Brazil) after Dengue outbreak. **Rev Bras Entomol**, 2016.

ALBUQUERQUE, I.G.C.; MARANDINO, R.; MENDONÇA, A.P. *et al.* (2012) Chikungunya vírus infection: report of the first case diagnosed in Rio de Janeiro, Brasil. **Rev Soc Bras Med Trop**, 45:128-129, 2012.

AL-MEKHLAFI, F.A. Larvicidal, ovicidal activities and histopathological alterations induced by *Carum copticum* (Apiaceae) extract against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). **Saudi J Biol Sci**, 25: 52-56, 2018.

ARRUDA, W. OLIVEIRA, G.M.C.; SILVA, I.G. Alterações morfológicas em larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) submetidas à ação do extrato bruto etanólico da casca do caule da *Magonia pubescens* St. Hil. **Entomol Vect**, 10: 47-60, 2003.

ARULSELVAN, P.; SUBRAMANIAN, S.P. Beneficial effects of *Murraya koenigii* leaves on antioxidant defense system and ultra structural changes of pancreatic b-cells in experimental diabetes in rats. **Chemical-Biological Interactions**, 165: 155-164, 2007.

BAYES, E.B. Zika vírus outside Africa. **Emerg Infect Dis**, 15: 1347-1350, 2009.

CHOWDHURY, J.U.; BHUIYAN, N.I.; YUSUF, M. Chemical composition of the leaf essential oils of *Murraya koenigii* (L.) Spreng and *Murraya paniculata* (L.) Jack. **Bangladesh J Pharmacol**, 3: 59-63, 2008.

CORBEL, V.; ACHEE, N.L.; CHANDRE, F. *et al.* Tracking insecticide resistance in mosquito vectors of arboviruses: the worldwide insecticide resistance network (WIN). **PLoS Negl Trop Dis**. 10(12): e0005054, 2016.

DIAS, C.N.; MORAES, D.F.C. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides: review. **Parasitol Res**, 113: 565-592, 2014.

DOOL, H.V.D.; KRATZ, P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas – liquid partition chromatography. **J Chromatogr A**. 1963.

GOURINAT, A.C.; O'CONNOR, O.; CALVEZ, E.; GOARANT, C.; DUPONT-ROUZEYROL, M. Detection of Zika Virus in Urine. **Emerg Infect Dis**, 21: 84-86, 2015.

GOVINDARAJAN, M.; SIVAKUMAR, R. Larvicidal, ovicidal, and adulticidal efficiency of *Erythrina indica* (Lam.) (Family: Fabaceae) against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Parasitol. Res.** 113,777–791 2014.

GUIMARÃES-DE-OLIVEIRA, L.H.; SOUSA, P.A.P.S.; HILARIO, F.F. *et al.* (2016) *Agave sisalana* extract induces cell death in *Aedes aegypti* hemocytes increasing nitric oxide production. **Asian Pac J Trop Biomed**, 6: 396-399, 2016.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annu Rev Entomol**, 51: 45-66. 2006.

JOSHI, T.; JAIN, T.; MAHAR, R.; SINGH, S.K.; SRIVASTAVA, P.; SHUKLA, S.K. Pyranocarbazoles from *Murraya koenigii* (L.) Spreng as antimicrobial agents. **Natural Product Res**, 32: 430-434, 2018.

KABIR, K.E.; CHOUDHARY, M.I.; AHMED, S.; TARIQ, R.M. Growth-disrupting, larvicidal and neurobehavioral toxicity effects of seed extract of *Seseli diffusum* against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 90: 52-60, 2013.

KESARI, A.N.; GUPTA, R.K.; WATAL, G. Hypoglycemic effects of *Murraya koenigii* on normal and alloxan-diabetic rabbits. **J Ethnopharmacology**, 97: 247-251, 2005.

KRISHNAMOORTHY, S.; CHANDRASEKARAN, M.; RAJ, G.A.; JAYARAMAN, M.; VENKATESALU, V. Identification of chemical constituents and larvicidal activity of essential oil from *Murraya exotica* L. (Rutaceae) against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Parasitol Res** 114: 1839-1845, 2015.

LAGUNIN, A.; STEPANCHIKOVA, A.; FILIMONOV, D.; POROIKOV, V.; PASS: prediction of activity spectra for biologically active substances. **Bioinformatics**, 16, 747-748, 2000.

MACIEL, M.V.; MORAIS, S.M.; BEVILAQUA, C.M.L.; AMÓRA, S.S.A. Extratos vegetais usados no controle de dípteros vetores de zoonoses. **Rev Bras PI Med**, 12: 105-112 2010.

MANDAL, S.; NAYAK, A.; KAR, M.; BANERJEE, S.K. *et al.* Antidiarrhoeal activity of carbazole alkaloids from *Murraya koenigii* Spreng (Rutaceae) seeds. **Fitoterapia**, 81: 72-74, 2010.

MANI, V.; RAMASAMY, K.; AHMAD, A. *et al.* Protective effects of total alkaloidal extract from *Murraya koenigii* leaves on experimentally induced dementia. **Food Chem Toxicol**, 50: 1036-1044, 2012.

MOHIDDIN, A.; LASIN, A. M.; ZUHARAH, W.F. Susceptibility of *Aedes albopictus* from dengue outbreak areas to temephos and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. **Asian Pac J Trop Biomed**, 6: 295-300, 2016.

MUSTAFA, L.C.M.S.; RASOTGI, C.V.; JAIN, C.S.; GUPTA, L.C.V. Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENV-5): A new public health dilemma in dengue control. **Med J Arm Force Ind**, 71: 67-70, 2015.

NAGAPPAN, T.; RAMASAMY, P.; WAHID, M.E.A.; SEGARAN, T.C.; VAIRAPPAN, C.S. Biological activity of carbazole alkaloids and essential oil of *Murraya koenigii* against antibiotic resistant microbes and cancer cell lines. **Molecules** 16: 9651-9664, 2011.

OLIVEIRA, M.S.C.; MORAIS, S.M.; MAGALHÃES, D.V. *et al.* (2011) Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica** 117: 165-170, 2011.

PATIL, S.V.; PATIL, C.D.; SALUNKHE, R.B.; SALUNKE, B.K. Larvicidal activities of six plants extracts against two mosquito species, *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. **Trop Biomedicine**, 27: 360-365, 2010.

- RAINA, V.K.; LAL, R.K.; TRIPATHI, S.; KHAN, M.; SYAMASUNDAR, K.V.; SRIVASTAVA, S.K. Essential oil composition of genetically diverse stocks as *Murraya koenigii* from India. **Flavour Fragr J**, 17: 144-146, 2002.
- RANA, V.S.; JUYAL, J.P.; RASHIMI, AMPARO-BLAZQUEZ, M. Chemical constituents of the volatile oil of *Murraya koenigii* leaves. **I J Aromatherapy** 14: 23-25, 2004.
- RAO, B.R.; RAJPUT, D.K.; MALLAVARAPU, G.R. Chemical diversity in curry leaf (*Murraya koenigii*) essential oils. **Food Chem**, 126: 989-994, 2011.
- ROMANO, C.A.; SILVA, H.H.G.; GARCIA, M.; SILVA, I.G. Insecticidal activity of *Anacardium humile* (Anacardiaceae) nut shell liquid against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Rev Patol Trop**, 47: 183-194, 2018.
- SCHWAB, S.R.; STONE, C.M.; FONSECA, D.M.; FEFFERMAN, N.H. The importance of being urgent: the impact of surveillance target and scale on mosquito-borne disease control. **Epidem**, 23: 55-63, 2018.
- SILVA, I.G.; SILVA, H.H.G.; LIMA, C.G. Ovipositional behavior of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) in different strata and biological cycle. **Acta Biol Par**, 32: 1-8, 2003.
- SOONWERA, M.; PHASOMKUSOLSIL, S. Adulticidal, larvicidal pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oil from *Zanthoxylum limonella* Alston (Rutaceae) against *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* (Say). **Asian Pac J Trop Biomed** 7: 967-978, 2007.
- STATSOFT INC. **Statistica** (data analysis software system), version 12. 2013. Available in: <www.statsoft.com>. Access on 17/03/2015.
- SUGANYA, A.; MURUGAN, K.; KOVEDAN, K.; KUMAR, P.M.; HWANG, J.S. Green synthesis of silver nanoparticles using *Murraya koenigii* leaf extract against *Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti*. **Parasitol Res**, 112: 1385-1397, 2013.
- SUKARI, M.A.; MOHD-NOOR, H.S.; ABU-BAKAR, N.H. et al (2013) Larvicidal carbazole alkaloids from *Murraya koenigii* against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus. **Asian J Chem**, 25: 719-721, 2013.
- TANNYSON, S.; RAVINDRAN, K.J.; ARIVOLI, S. Bioefficacy of botanical insecticides against the dengue and chikungunya vector *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Asian Pac J Trop Biomed**, S1842-S1844, 2012.
- TAUIL, P.L. Aspectos críticos do controle da febre amarela no Brasil. **Rev Saúde Pública**, 44: 555-558, 2010.
- VALOTTO, C.F.B.; CAVASIN, G.; SILVA, H.H.G.; GERIS, R.; SILVA, I.G. Atividade larvicida do Ácido 3-B-Acetoxyabdan-8(17)-13-Dien-15-óico isolado da planta medicinal *Copaifera reticulata* (Leguminosae) sobre *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) evidenciada pelas alterações morfohistológicas. **Rev Patol Trop**, 43, 375-384, 2014.
- WHO - World Health Organization. **Dengue**: guias para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. 2009.
- YUSUFOGLU, H.S.; TABACA, N.; BERNIER, U.R. et al. (2018) Mosquito and tick repellency of two *Anthemis* essential oils from Saudi Arabia. **Saudi Pharmaceutical Journal**, 26: 860-864, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aedes aegypti 181, 182, 189, 190, 191
Algoritmo 37, 49, 64, 65, 69, 76, 77, 78, 90, 92, 192, 197, 199, 201, 210
Análise do coeficiente de sensibilidade 66, 67, 78, 83, 91, 93
Atividade alelopática 164, 165, 166, 171
Atividade fitotóxica 173, 174

B

Balanço Populacional 59, 60, 61, 62, 63, 70, 73, 74, 75, 83, 84

C

Carvão mineral 26, 28, 32, 33, 220
Coeficiente de aglomeração 62, 63, 65, 66
Comportamento reológico 34, 36, 38, 40, 41, 42, 43
Concentrador solar 1, 3, 4, 5, 9, 11
Concentrador solar biangular 1, 3, 4, 11
Conselho Regional de Química 152, 153
Curva de ruptura 85, 86, 87, 89, 96, 97, 192, 194, 201, 202
Custos de produção 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150

E

Energia solar 1, 3, 5, 6, 10, 11
Energias renováveis 1, 2
Ensino 32, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 162, 164, 173
Extração sólido-líquido 1, 2, 3, 4

F

Fibras de coco 100, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115
Fiscalização do CRQ 152, 153

G

Gaseificação do carvão 26, 32

H

Hidrólise de matérias graxas 44, 45, 46, 56

I

Imobilização de lipase 12, 21, 23

J

Jogos didáticos 130, 131, 133, 134, 138

L

Larvicidal activity 181, 183, 186, 187, 190

Lixiviação 1, 2, 3, 5, 6

Lixiviação assistida por energia solar 5, 6

M

Maceração 40, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 168

Modelo de balanço populacional 62, 63, 73, 83

Monte Carlo via Cadeia de Markov 59, 60, 64, 67, 70, 73, 74, 76, 79, 83, 85, 89, 97

O

Óleo de Baru 1, 6, 9, 10

Oxidação do tolueno 116, 121

P

Perda ao fogo 26, 27, 29, 30, 31, 32

Polpa de cupuaçu 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42

Processo de adsorção 85, 86, 87, 89, 97, 192, 194

Q

Quiz educativo 159, 160, 161, 162

R

Reação de dupla troca 123, 125

Reamostragem por importância 192

Resíduo agroindustrial 12, 14

Resíduo agroindustrial do café 12

S

Simulador de processos 116, 117

Sistemas particulados 10, 59, 60, 65, 70, 151

Superpro Designer 140, 141, 143, 144, 148, 150

Sustentabilidade 1, 114

T

Tabela Periódica 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 163

Taxa de crescimento por coagulação 66

U

Unidade experimental de extração sólido-líquido 4

V

Variáveis de estado 44, 45, 47, 51, 54, 55, 56, 57, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 192, 194, 196, 202, 203, 206, 210, 218, 224, 225, 227

 **Atena**
Editora

2 0 2 0