

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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

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

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof^a Dr^a 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

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. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 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. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 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. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 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. 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
 Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a 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
 Prof^a Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a 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 1
[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 978-65-86002-53-9
 DOI 10.22533/at.ed.539202003

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 1” 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 de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transiram nos vários caminhos da engenharia química de forma mais aplicada tanto para pesquisa como indústria.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a estudo cinético, termodinâmico, físico-químico, caracterização de materiais por meio de várias técnicas (Microscopia eletrônica de varredura, análise de difração de raio-X dentre outras) e abordagens (tamanho de partícula, tratamento estatístico) desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, 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 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 1” 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
RESINA BENZOAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
DOI 10.22533/at.ed.5392020031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	
Bruno Marques Viegas	
Keize Lorena Martins dos Passos	
Edilson Marques Magalhães	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
José Antônio da Silva Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.5392020032	
CAPÍTULO 3	24
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.5392020033	
CAPÍTULO 4	36
ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE LICORES DE CUPUAÇU (<i>THEOBROMA GRANDIFLORUM</i> SCHUM) COMERCIALIZADOS EM BELÉM DO PARÁ	
João Pedro dos Reis Lima	
Allyson Allennon Pinheiro do Rosário	
José Marcos Nobre de Moura Junior	
Ewerton Carvalho de Souza	
Ivan Carlos da Costa Barbosa	
Ewerton Reginaldo dos Santos Neves	
Ronaldo Magno Rocha	
Charles Alberto Brito Negrão	
Regina Celi Sarkis Müller	
Antonio dos Santos Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5392020034	
CAPÍTULO 5	45
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE	
Marcio Augusto Ribeiro Sanches	
Rodrigo Rodrigues Evangelista	
Daniele Penteadó Rosa	
Tiago Carregari Polachini	
Javier Telis Romero	
DOI 10.22533/at.ed.5392020035	

CAPÍTULO 6 54

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Paulo Sérgio Santos Júnior
Gustavo Oliveira Everton
Amanda Mara Teles
Bárbara De Souza Silva
Harvey Alexander Villa-Veléz
Adenilde Nascimento Mouchrek
Victor Elias Mouchrek Filho

DOI 10.22533/at.ed.5392020036

CAPÍTULO 7 66

OSCILAÇÕES AMORTECIDAS EM SISTEMAS DE PARTÍCULAS COM MEMÓRIA ACOPLADA

Jair Rodrigues Neyra
Rafael Santos da Costa
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinicius de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Eliton Lima Rocha
Maria Liduína das Chagas
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020037

CAPÍTULO 8 79

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Rafael Santos da Costa
Jair Rodrigues Neyra
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinícios de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Andrew Nunes de Barros Reis
Maria das Graças Dias da Silva
Marcos Lima Cardoso
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020038

CAPÍTULO 9 90

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ÓTIMO DE DECANTADOR HORIZONTAL CENTRÍFUGO PARA SEPARAÇÃO DE SISTEMAS CONTENDO FASE OLEOSA DISPERSA

Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.5392020039

CAPÍTULO 10 99

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAS

Fabriele de Sousa Ferraz
Laiane Martins Duarte
Isadora Souza Santos Dias
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.53920200310

CAPÍTULO 11 107

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE ESFERAS POROSAS DE QUITOSANA NA ADSORÇÃO DE NÍQUEL EM SOLUÇÃO AQUOSA

Flávia Cristina Cardoso Dória
Elaine Cristina Nogueira Lopes de Lima

DOI 10.22533/at.ed.53920200311

CAPÍTULO 12 123

ADSORÇÃO DO COBRE II A PARTIR DA ATIVAÇÃO TÉRMICA DA CASCA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA)

Larissa Tavares Esquerdo
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Yuri Leon dos Santos Silva
Elinaldo Silva Caldas
Alacid do Socorro Siqueira Neves
Reginaldo Sabóia de Paiva
Disterfano Lima Martins Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.53920200312

CAPÍTULO 13 131

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO ABIU (*POUTERIA CAIMITO*)

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho
Ronaldo Maison Martins Costa
Julles Mitoura dos Santos Junior
Nathalia Cristina Ramos Lima
Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.53920200313

CAPÍTULO 14 143

CARACTERIZAÇÃO DO OITI *LICANIA TOMENTOSA* (BENTH.) E COMPARAÇÃO DOS PÓS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Ianê Valente Pires
Tatyane Myllena Souza da Cruz
Gisélia de Sousa Nascimento
Natasha Cunha
Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
Heloisa Helena Berredo Reis de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.53920200314

CAPÍTULO 15 153

EFEITO DO TEOR E DO TIPO DE DOPANTE (MG OU MN) NAS PROPRIEDADES DOS CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO DESTINADOS A WGRS

Larissa Soares Lima
Mariana Santos Rodrigues
Rodrigo Ribeiro de Souza
Maurício de Almeida Pereira
Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.53920200315

CAPÍTULO 16 164

RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Gabriel da Cruz Oliveira
Lucas Rezende Almeida

Willian Rayol da Silva
Bruno Henrique Alves Mendes
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Deibson Silva da Costa
Reginaldo Sabóia de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.53920200316

CAPÍTULO 17 172

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA (BLBM)

Rodrigo Rodrigues Evangelista
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Javier Telis-Romero
Antonio Mulet

DOI 10.22533/at.ed.53920200317

CAPÍTULO 18 184

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CASCA DE MANDIOCA (BLCM)

Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero

DOI 10.22533/at.ed.53920200318

CAPÍTULO 19 196

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA E DE CASCA DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA

Tiago Carregari Polachini
Maria Júlia Neves Martins
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero
Juan A. Cárcel

DOI 10.22533/at.ed.53920200319

CAPÍTULO 20 209

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos
Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Bruno Henrique Alves Mendes
Deibson Silva da Costa

DOI 10.22533/at.ed.53920200320

SOBRE A ORGANIZADORA..... 217

ÍNDICE REMISSIVO 218

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/0141868231910835>

Victor Elias Mouchrek Filho

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/2381183158978639>

Paulo Sérgio Santos Júnior

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/6275003261077006>

Gustavo Oliveira Everton

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/2869354189480139>

Amanda Mara Teles

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/3933255152524601>

Bárbara De Souza Silva

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/8114689448625532>

Harvey Alexander Villa-Veléz

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/9207609617198847>

Adenilde Nascimento Mouchrek

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Tecnologia Química

RESUMO: Este estudo avaliou como a secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* influencia nas propriedades dos seus óleos essenciais (OE's) extraídos, ainda aplicando predição de modelos matemáticos para o fenômeno de secagem nas condições realizadas. As folhas de *Alpinia zerumbet* foram coletadas em São Luís-MA, sendo secas em estufa de secagem de ar convectiva nas temperaturas de 30, 45 e 55 °C. Foram aplicados seis modelos matemáticos a cinética de secagem da planta nas três temperaturas, onde a melhor secagem foi verificada pela análise estatística do software Statistica 10 por regressão não linear. Para extração dos OE's empregou-se o processo de hidrodestilação com verificação das propriedades físico-químicas, atividade antimicrobiana e toxicidade. Através dos resultados obtidos foi possível determinar o melhor modelo matemático para cada cinética de secagem. Foram observadas diferenças significativas das propriedades dos OE's. A temperatura de 45 °C possibilitou a obtenção

do melhor rendimento do OE, ainda apresentando a melhor atividade antimicrobiana e atoxicidade. Conclui-se que a temperatura de secagem influencia nas propriedades físico-químicas e biológicas dos OE's, sendo desta forma necessários estudos como este que avaliem o melhor modelo matemático para prever a secagem como também como as temperaturas influenciam nas propriedades do produto obtido.

PALAVRAS-CHAVE: secagem, *Alpinia zerumbet*, óleo essencial.

DRYING KINETICS OF *Alpinia zerumbet* AND TEMPERATURE INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF YOUR ESSENTIAL OIL

ABSTRACT: This study evaluated how the drying of *Alpinia zerumbet* leaves influences the properties of their extracted essential oils (EO's), still applying prediction of mathematical models to the drying phenomenon in the conditions performed. The leaves of *Alpinia zerumbet* were collected in São Luís-MA, being dried in a convective air-drying kiln at temperatures of 30, 45 and 55 °C. Six mathematical models were applied to plant drying kinetics at three temperatures, where the best drying was verified by statistical analysis of the Statistica 10 software by nonlinear regression. The hydrodistillation process was used to extract the EO's with verification of physicochemical properties, antimicrobial activity and toxicity. Through the results obtained it was possible to determine the best mathematical model for each drying kinetics. Significant differences in the properties of the EO's were observed. The temperature of 45 °C allowed the achievement of the best OE yield, still presenting the best antimicrobial activity and atoxicidade. It is concluded that the drying temperature influences the physicochemical and biological properties of the EO's, thus being necessary studies such as this that evaluate the best mathematical model to predict drying as well as temperatures influence the properties of the obtained product.

KEYWORDS: drying, *Alpinia zerumbet*, essential oil.

1 | INTRODUÇÃO

A secagem é um processo físico que objetiva a eliminação de água por evaporação, de modo a melhorar a conservação de um produto (ALMEIDA et al., 2016). Este processo retira a água livre presente nos tecidos vegetais, impedindo que ocorra degradação enzimática, mantendo a qualidade do material. Além disso, a redução da quantidade de água aumenta a quantidade de princípios ativos em relação à massa seca (HII et al., 2012).

As plantas medicinais são sensíveis ao processo de secagem e as temperaturas a que são submetidas podem causar alterações na quantidade e qualidade dos princípios ativos, porém no geral, temperaturas entre 40°C e 60°C são as mais indicadas independentes do método de secagem (MELO et al., 2004).

A parte aérea das plantas medicinais, principal fonte de produtos fitoterápicos,

é colhida geralmente com alto teor de água, o que ocasiona o aumento de atividades metabólicas, resultando em alterações químicas e físicas no produto quando armazenado. Neste sentido, a secagem de plantas medicinais e aromáticas, é fundamental para o controle e a manutenção da qualidade do produto final, uma vez que as indústrias farmacêuticas de fitoterápicos possuem baixa capacidade de processamento de produtos úmidos, e por isso precisam armazenar este material (LORENZI&MATOS, 2008; GONELI et al., 2014).

Dentre os produtos obtidos das plantas medicinais destacam-se os óleos essenciais. Estes se originam do metabolismo secundário das plantas, sendo extraídos de flores, botões, folhas, ramos, cascas, sementes, frutos, raízes e rizomas (SARTO&JANUZZO, 2014). Apresentam compostos aromáticos voláteis como terpenos e seus derivados (carvacrol, timol, eugenol, terpineno, linalol e carvona), que são os principais responsáveis por sua atividade antimicrobiana (SANTOS et al., 2010).

Entre as plantas medicinais produtoras de óleos essenciais encontra-se a *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm, uma espécie originária da Ásia, pertencente à família Zingiberaceae, e encontrada na literatura científica com as sinônimas de *Alpinia speciosa* K. Shum, *Costus zerumbet* Pers., *Languas speciosa* Small e *Zerumbet speciosum* J. C. Wendel (LORENZI&SOUZA, 2001). Essa planta é conhecida popularmente como colônia, sendo muito encontrada no Nordeste do Brasil, e utilizada como anti-hipertensiva, diurética e febrífuga (CORREA et al., 2010). Tem como classes de constituintes químicos, alcaloides, flavonoides e como principais componentes do óleo essencial são os monoterpenos com maior concentração de 1,8-cineol e terpeno-4-ol, havendo trabalhos que comprovam sua atividade antimicrobiana (VICTÓRIO et al., 2009).

Em função da necessidade de conhecimento à cerca do pré-processamento desta espécie, este estudo teve por objetivo avaliar como a secagem em temperaturas de 30°, 45° e 55° de folhas de *Alpinia zerumbet* (jardineira) provenientes da cidade de São Luís- MA influencia nas propriedades dos óleos essenciais extraídos dessas folhas, ainda aplicando predição de modelos matemáticos para o fenômeno de secagem nas condições realizadas

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta, seleção e preparo do material vegetal

Foram coletadas para a realização da cinética de secagem folhas de *Alpinia zerumbet* (jardineira), provenientes do bairro Vila Itamar, na cidade de São Luís-MA (Figura 1). As folhas foram coletadas manualmente pela manhã, apresentando teor de água em torno de 62% (base úmida).



Figura 1 - *Alpinia zerumbet*

O material foi encaminhado ao Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) para triagem, determinação do teor de água e secagem em estufa digital de ar convectivo FANEM 520. No laboratório, o material vegetal foi analisado e foram selecionadas quanto aos aspectos visuais as folhas não danificadas. As folhas foram cortadas manualmente, havendo cautela na padronização dos cortes. Os cortes foram realizados de maneira transversal em partes de no máximo 5 cm de comprimento e 2 cm de largura.

2.2 Secagem

Para realização da secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* utilizou-se uma estufa digital de secagem de ar convectiva FANEM 520, velocidade do ar padrão em 1 m/s. A secagem foi realizada em dias alternados empregando-se as temperaturas de 30, 45 e 55 °C e a umidade relativa do ar monitorada através de um termo-higrômetro digital (modelo INS-28 Intrusul).

Foi empregada uma massa de 200g para cada temperatura de secagem e cerca de 3g das amostras foram colocadas em placas revestidas por alumínio de dimensões 90 x 15 mm, sendo a massa monitorada durante todo o processo por pesagens descontínuas em balança analítica Shimadzu AUY220 e o esquema das pesagens seguindo intervalos de 5, 10, 20, 30 e 60 min, até o final do processo. As pesagens foram realizadas até que as variações de massa fossem insignificantes. A secagem foi concluída quando não havia variação da massa em 0,0100 g entre cinco pesagens sucessivas. Para determinação da razão de umidade (RU) durante a secagem das folhas de jardineira para as diferentes temperaturas de secagem foi

utilizada a Equação 1:

$$RU_{(adm)} = \frac{U_{bs} - U_e}{U_{bs_{inicial}} - U_e} \quad (1)$$

onde: $RU_{(adm)}$ = razão de umidade, (adimensional); $U_{bs_{inicial}}$ = teor de água inicial (b.s.); U_e = teor de água no equilíbrio (b.s.); U_{bs} = teor de água no tempo t (b.s.).

2.3 Modelagem matemática para predição da secagem das folhas de *Alpinia zerumbet*

Os valores de RU obtidos para cada temperatura do ar de secagem foram analisados por seis diferentes equações empíricas e semiempíricas e regressão não linear, conforme a Tabela 1. Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método QuasiNewton, empregando-se o programa computacional Statistica 10.0.

Modelo	RU_{pre}	Eq	Referência
Dois termos	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k \cdot t)$	(2)	Jittanit (2011)
Aproximação por Difusão	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(3)	Corrêa et al. (2010)
Cavalcanti Mata	$a1 \cdot \exp((a2 \cdot (ta3)) + a4 \cdot \exp(a2 \cdot (ta5))) + a6$	(4)	Carvalho et al. (2007)
Logarítmico	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	(5)	Apkinar (2006)
Page	$\exp(-k \cdot t^n)$	(6)	Kumar et al. (2006)
Midilli	$a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(7)	Midilli et al. (2002)

Tabela 1 - Modelos matemáticos de regressão não linear para prever o fenômeno de secagem de folhas de *Alpinia zerumbet*

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P) foi calculado pela Equação 8 e o desvio quadrático médio (DQM) pela Equação 9.

2.4 Extração dos óleos essenciais

As folhas de *Alpinia zerumbet* secas nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C na estufa de secagem de ar convectiva foram trituradas individualmente em moinho de facas elétrico, sendo posteriormente armazenadas para extração dos seus respectivos óleos essenciais.

Para extração dos óleos essenciais utilizou-se a técnica de hidrodestilação, empregando-se um extrator de Clevenger modificado de vidro, acoplado a um balão de fundo redondo de 6000 mL acondicionado em manta elétrica como fonte geradora de calor, conforme a Figura 2. As folhas em cada rotina de extração foram acondicionadas

no balão de fundo redondo, acrescentando-se água destilada na proporção de 1:10.

A hidrodestilação foi conduzida a 100°C por 3h, recolhendo-se os óleos essenciais extraídos. Os óleos foram secos com sulfato anidro de sódio (Na₂SO₄). Os óleos foram armazenados em ampolas de vidro âmbar sob refrigeração de 4°C para evitar possíveis perdas de constituintes voláteis.

Os óleos essenciais extraídos das folhas secas a 30, 45 e 55 °C foram analisados quanto a densidade, índice de refração, solubilidade em álcool 70% (v/v), cor e aparência conforme descrito pela Farmacopeia Brasileira (2010). Os rendimentos dos óleos essenciais foram expressos em porcentagem na relação massa/volume pela medida de densidade descrita pela quarta edição da Farmacopeia Brasileira (2010).

2.5 Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais extraídos

Foram utilizadas duas cepas padrões American Type Culture Collection (ATCC) doadas pelo Laboratório de Microbiologia do Controle de Qualidade de Alimentos e Água da Universidade Federal do Maranhão (PCQAUFMA), sendo uma Gram-negativa: *Escherichia coli* (*E. coli*) e uma Gram-positiva: *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Para determinação do potencial antimicrobiano foi aplicada o “Método de Difusão de Disco (MDD) descrito por Bauer (1966), adaptada por Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2003).

2.6 Toxicidade pelo bioensaio de *Artemia salina*

Para a avaliação da letalidade de *Artemia salina* Leach, foi preparada uma solução salina estoque de cada óleo essencial na concentração de 10.000 mg L⁻¹ e 0,02 mg de Tween 80 (tenso ativo). Alíquotas de 5, 50 e 500 µL desta foram transferidas para recipientes e completados com solução salina já preparadas anteriormente até 5 mL, obtendo-se no final concentrações de 10, 100 e 1000 mg L⁻¹, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados em triplicatas, onde dez larvas na fase náuplio foram transferidas para cada um dos recipientes. Após 24 horas de exposição, realizou-se a contagem das larvas vivas, considerando-se mortas aquelas que não se movimentaram durante a observação e nem com a leve agitação do frasco.

A análise estatística dos dados foi realizada de acordo com o método de Reed&Muench (1938). Adotou-se o critério estabelecido por Dolabela (1997) para classificação da toxicidade dos óleos essenciais, sendo considerado produto altamente tóxico quando CL₅₀ ≤ 80 mg L⁻¹, moderadamente tóxico para 80 mg L⁻¹ ≤ CL₅₀ ≤ 250 mg L⁻¹ e levemente tóxico ou atóxico quando CL₅₀ ≥ 250 mg L⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a cinética de secagem da *Alpinia zerumbet* nas temperaturas de 30, 45 e 55 °C melhor ajustados aos dados experimentais são apresentados na Figura 2 pelo modelo de Cavalcanti Mata e Midilli. Os tempos de secagens máximos estiveram em torno de 50h para a temperatura de 30 °C, 30h para a temperatura de 45 °C e 20h para a temperatura de 55 °C.

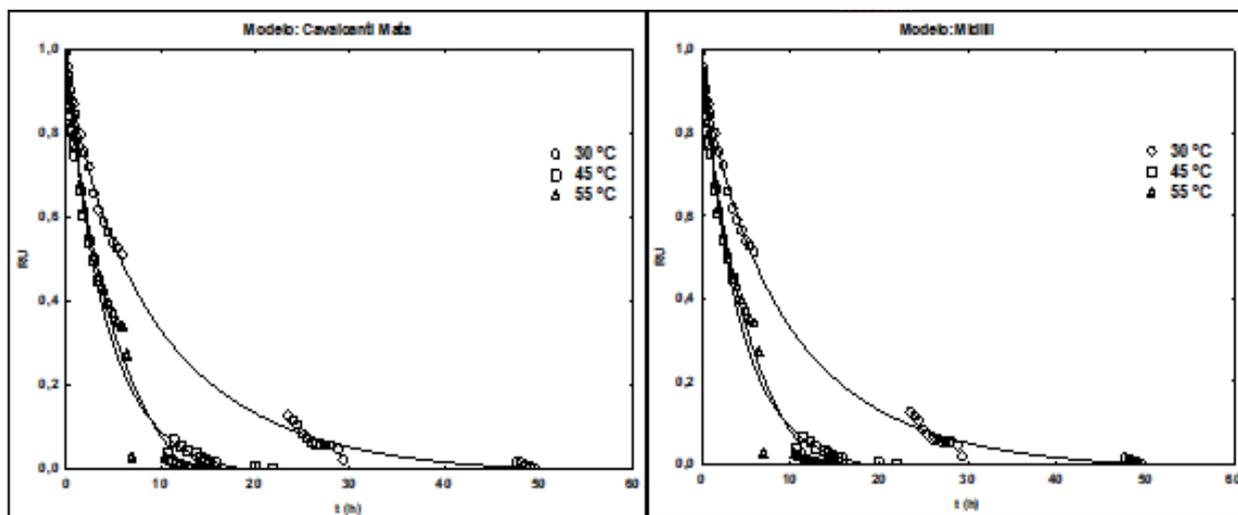


Figura 2 - Curvas de secagem (tempo x razão de umidade) de *Alpinia zerumbet* ajustadas ao modelo matemático Cavalcanti Mata e Midilli.

Mediante análise dos gráficos apresentados na Figura 2, verifica-se que quando ocorre à elevação da temperatura do ar diminui-se o tempo de secagem, sendo esta observação para secagem de produtos constatada por Vega-Gálvez et al. (2012). Isto fundamenta-se no princípio de que ao aumentar a temperatura eleva-se a transferência de calor para as folhas, logo a taxa de migração da água do interior para a superfície-ambiente será maior.

Os resultados obtidos de forma experimental foram ajustados aos modelos matemáticos. Na Tabela 2 está apresentado o ajuste dos seis modelos analisados aos dados experimentais da secagem de folhas de *Alpinia zerumbet*, considerando as diferentes temperaturas de secagem.

Modelo	30 °C			45 °C			55 °C		
	R ²	DQM	P	R ²	DQM	P	R ²	DQM	P
Dois termos	0,9984	0,4937	1,3472	0,9941	0,1076	0,2148	0,9881	0,0187	0,5442
Aproximação por Difusão	0,9961	0,0319	0,0036	0,9941	0,04175	0,0009	0,9907	0,0232	0,0250
Cavalcanti Mata	0,9992	0,0145	4,24E-09	0,9943	0,1108	2,08E-01	0,9923	0,0110	0,4540
Logarítmico	0,9986	0,0002	2,17E-08	0,9941	0,1079	0,2133	0,9921	0,0156	0,4698
Page	0,9989	0,0002	0,0117	0,9941	0,1085	0,2124	0,9879	0,0247	0,5796
Midilli	0,9992	0,0147	0,0006	0,9943	0,1102	0,5442	0,9922	0,0201	2,1691

Tabela 2 - Ajuste dos modelos analisados aos dados experimentais da cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* (jardineira)

Todos os modelos apresentaram um coeficiente de determinação superior a 0,9900, refletindo um bom ajuste dos modelos aplicados aos dados experimentais, como pode ser observado na Tabela 2.

Para as secagens a 30 e 45 °C pode-se observar que o maior coeficiente de determinação foi apresentado pelos modelos de Calvacanti Mata e Midilli. Enquanto que, para a secagem a 55 °C o modelo Cavalcanti Mata teve o melhor desempenho, porém com diferença mínima em seguida esteve o modelo de Midilli. Desta forma, sendo este um critério de seleção dos modelos poderíamos inferir que os modelos satisfatórios para prever a secagem da espécie seriam os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli.

Como enfatizado por Madamba et al. (1996) e Almeida et al. (2015), além do coeficiente de determinação (R^2) para melhor prever o modelo mais satisfatório aplica-se o DQM (desvio para estimativa). Partindo disto, pode se constatar que para os mesmos modelos este parâmetro manteve-se aceitável.

Um dos critérios também comumente utilizado para seleção dos modelos é o erro médio relativo (P) devendo ser menor que 10% (Mohapatra&Rao, 2005). Ambos os modelos Cavalcanti Mata e Midilli também estiveram dentro dos critérios estabelecidos por Mohapatra&Rao (2005), visto que os valores do parâmetro P observados nas Tabelas 2 foram relativamente baixos.

Para a escolha do modelo melhor ajustado entre Cavalcanti Mata e Midilli para a secagem da *Alpinia zerumbet* foi utilizado o recurso de análise dos resíduos, obtidos através do suplemento Análise de Dados do Microsoft Office Excel 2016. Os resíduos para o modelo de Cavalcanti Mata e Midilli variaram entre -0,2 e 0,2, expressando uma tendência simétrica na distribuição em torno de 0, caracterizando um bom ajuste dos dados ao modelo.

Como critério de escolha final foram avaliados o valor do erro padrão obtidos para cada um dos ajustes através da análise de resíduos. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

Modelo	Erro padrão		
	30 °C	45 °C	55 °C
Cavalcanti Mata	0,0397	0,0618	0,0310
Midilli	0,0419	0,0618	0,0310

Tabela 3 - Erro padrão obtido para o ajuste dos modelos Cavalcanti Mata e Midilli.

Na Tabela 3 observa-se um erro padrão menor para a secagem da planta em estudo na temperatura de 30 °C no modelo de Cavalcanti Mata. Visto que os erros padrões obtidos nas outras temperaturas foram aproximadamente semelhantes, o modelo de Cavalcanti Mata é apontado como escolha de modelo para prever a

secagem da *Alpinia zerumbet*.

Após a secagem nas temperaturas estabelecidas, os óleos essenciais foram extraídos e posteriormente foram determinadas suas propriedades físico-químicas. Os parâmetros físico-químicos dos óleos essenciais extraídos são expressos na Tabela 4.

Parâmetros	30 °C	45 °C	55 °C
Densidade (g mL ⁻¹)	0,8950	0,8888	0,8745
Índice de refração (nD 25°)	1,5000	1,478	1,476
Solubilidade EtOH (70% v/v)	1:3	1:4	1:5
Cor	Amarelo alaranjado	Amarelo	Amarelo claro
Aparência	Límpido	Límpido	Límpido
Rendimento (m/m %)	0,24	0,71	0,64

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*

Através dos resultados obtidos observou-se uma variação pequena da densidade e do índice de refração. Os parâmetros de solubilidade e cor foram determinantes na diferenciação visual dos óleos essenciais extraídos. A temperatura de secagem influenciou principalmente no rendimento do processo aplicado. A aplicação de uma temperatura de secagem de 45°C permitiu a obtenção do melhor rendimento para a espécie utilizada no estudo. Refletindo assim que mesmo com a temperatura de 55 °C processando mais rapidamente o produto, parte dele é quantitativamente perdido.

Resultados discordantes foram observados por ao realizar uma secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* em estufa ventilada, a 40°C, por 72 h e empregando o método de hidrodestilação para obtenção do óleo essencial o autor obteve um rendimento de 0,24%, sendo que na temperatura de 45 °C por aproximadamente 30h obtivemos neste estudo um rendimento de 0,71%.

Para cada um dos OE's obtidos os seus potenciais bactericidas foram avaliados pelo Método de Difusão de Disco. O resultado deste ensaio é visualizado por um halo de inibição formado pela capacidade do OE em inibir o crescimento microbiano. Os diâmetros dos halos de inibição para a ação dos OE's frente as bactérias são apresentados na Tabela 5.

Bactéria	Diâmetros dos halos de inibição (mm)		
	30°C	45°C	55°C
<i>Escherichia coli</i>	7R	11S	NI*R
<i>Staphylococcus aureus</i>	15S	25S	NI*R

Tabela 5 - Diâmetros dos halos de inibição para a ação do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*, onde *NI=não ocorreu inibição do microrganismo pela ação do óleo essencial testado; R= Resistente a ação do OE; S= Sensível a ação do OE;

Pela classificação de Moreira et al. (2005), as bactérias são sensíveis a ação dos OE's quando apresentam halos de inibição superiores a 9 mm. Desta forma,

foi possível que constatar que a *Escherichia coli* foi sensível apenas a ação do OE extraído pela secagem da *Alpinia zerumbet* a 45°C. Para o *Staphylococcus aureus* apenas o OE de 55 °C não apresentou atividade bactericida.

Através da Tabela 5 observa-se que o OE obtido através da secagem da *Alpinia zerumbet* a 45 °C obteve o melhor desempenho ao inibir a bactéria *Staphylococcus aureus*, revelando um halo de inibição de 25 mm, comparando-se ao OE obtido empregando-se a temperatura de 30 °C onde o mesmo inibiu em apenas 15 mm a mesma bactéria enquanto que o OE obtido da planta seca em 55 °C perdeu todo o seu potencial biológico bactericida. Sendo importante enfatizar que esta temperatura permitiu um rendimento suficientemente semelhante à de 45 °C, porém o potencial bactericida mostrou-se definitivo na escolha da temperatura de secagem para esta espécie.

O mesmo foi observado para a bactéria *Escherichia coli*, onde a temperatura de secagem influenciou novamente no potencial biológico do OE. O OE obtido das folhas secas a 45 °C apresentaram o melhor desempenho bactericida com um halo de 11 mm e novamente o OE de 55 °C não apresentou potencial bactericida.

A partir dos potenciais biológicos de uma determinada espécie medicinal é almejada sua aplicação para os fins bactericidas estudados, porém antes de ser aplicado o ensaio de toxicidade define a classificação preliminar do OE em atóxico, moderadamente tóxico ou tóxico, sendo de vital importância obter um produto atóxico que não gere efeitos colaterais a organismos não alvos.

A toxicidade é classificada a partir da obtenção da CL_{50} (Concentração Letal 50%) para a ação do OE frente a larvas de *Artemia salina* Leach. As curvas para obtenção das CL_{50} pelo método de Reed&Muench (1938) podem ser observadas na Figura 3.

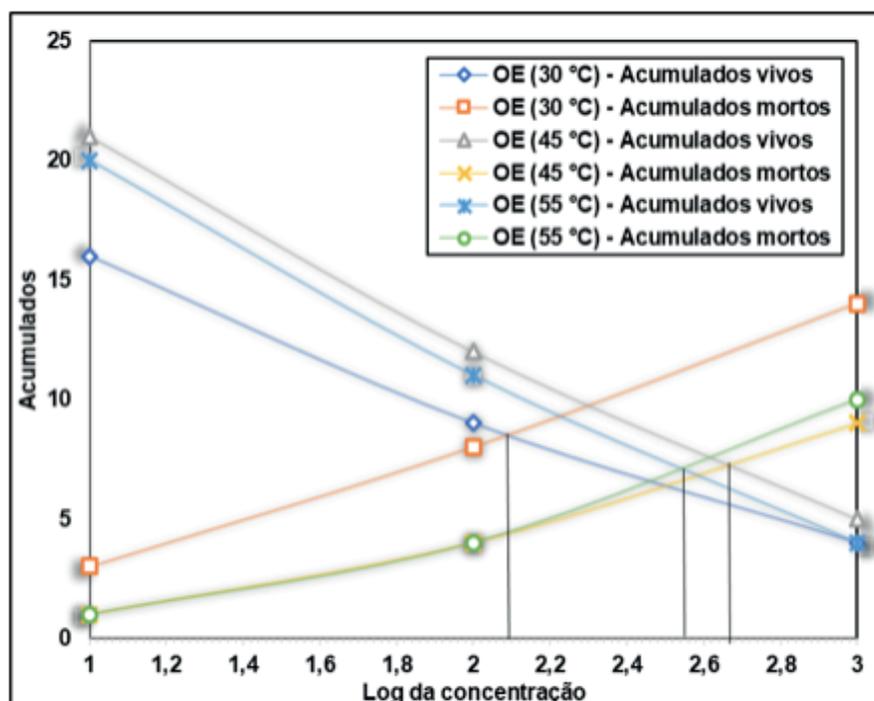


Figura 3 - Curva acumulados mortos versus vivos para a ação do OE frente a *Artemia salina*.

A CL₅₀ e a classificação da toxicidade para o parâmetro testado podem ser visualizadas na Tabela 6.

OE	30°C	45°C	55°C
CL50 (mg L ⁻¹)	125,89	446,68	501,19
Classificação	Moderadamente tóxico	Atóxico	Atóxico

Tabela 6 - Concentração Letal 50 (CL50) e toxicidade do OE de *Alpinia zerumbet* frente a larvas de *Artemia salina* Leach

De acordo com a Tabela 6 é possível observar que o OE obtido pela secagem das folhas a 30 °C apresentou toxicidade moderada, enquanto que os outros foram classificados como atóxicos. Assim, foi possível observar que a secagem a 45 °C além de apresentar o melhor rendimento e melhor atividade bactericida nos revela um OE atóxico, sendo sua aplicação fortemente incentivada neste estudo. Assim, é possível afirmar que os ensaios antimicrobianos e físico-químicos devem ser realizados para enfim definirmos a melhor temperatura de secagem para cada espécie medicinal. Visto que, comumente a cinética de secagem leva em consideração aspectos relacionados ao tempo e neste estudo o menor tempo não foi necessariamente o melhor tratamento para a planta em estudo.

4 | CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a temperatura de secagem a 45 °C é a mais indicada para a espécie *Alpinia zerumbet* neste estudo. Visto que, nesta a mesma apresentou o melhor rendimento, melhor atividade bactericida e atoxicidade do OE obtido, incentivando assim seu potencial de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. **Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável**. HOLOS, v. 4, p. 197-205, 2016.
- ALMEIDA, F.; BERNI, J. V.; MEDEIROS, J.; SIQUEIRA, N. W.; PEREIRA, N. C. **Cinética da secagem das sementes de Moringa oleifera LAM**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS–ENEMP. 2015. p. 1-10.
- COLEGATE, S. M.; MOLYNEUX, R. J. **Bioactive natural products: detection, isolation, and structural determination**. CRC press, 2007.
- CORREA, A. J. C.; LIMA, C. E.; COSTA, M. C. C. D. **Alpinia zerumbet (Pers.) BL Burt & RM Sm.(Zingiberaceae): levantamento de publicações nas áreas farmacológica e química para o período de 1987 a 2008**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 12, n. 1, p. 113-119, 2010.
- FARMACOPÉIA, ANDVS, 2010. **Farmacopeia Brasileira**. Farmacopeia Brasileira, 4ª ed, 2010.

HII, C.L.; JANGAM, S.V.; ONGAND, S.P.; MUJUMDAR, A.S. **Solar drying: Fundamentals, applications and innovations**. TPR Group Publication, Singapore, 2012.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**, 3a.ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2001. 1067p.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of food engineering**, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.

MARTINAZZO, A. P.; MELO, E. C.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, R. H. **Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [Cymbopogon citratus (DC.) Stapf]**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 12, n. 4, p. 488-498, 2010.

MELO, E. C.; RADÜNZ, L. L.; MELO, R. D. A. **Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais–Revisão**. Engenharia na Agricultura, v. 12, n. 4, p. 307-315, 2004.

REED, L. J.; MUENCH, H. **A simple method of estimating fifty per cent endpoints**. American journal of epidemiology, v. 27, n. 3, p. 493-497, 1938.

SARTO, M.P.M.; ZANUSSO JUNIOR, G. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais**. Revista UNINGÁ Review, v. 20, n. 1, 2014.

SANTOS, G.G TRINDADE, RC, ALVES, J.A.B, SANTOS, P.O., ALVES, P.B, BLANK, A.F., CARVALHO, L. M; AQUINO, L.C. **Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de erva-cidreira e manjeriço frente a bactérias de carnes bovinas**. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 21, n.21, p.529–535, 2010.

SILVA, L. A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V.; MORAIS, W. A.; VIDAL, V. M. **Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de Jenipapo (Genipa americana)**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 17, n. 4, p. 953-963, 2015.

VEGA-GÁLVEZ, A.; AH-HEN, K.; CHACANA, M.; VERGARA, J.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; GARCÍASEGOVIA, P.; DI SCALA, K. **Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices**. Food Chemistry, v. 132, n. 1, p. 51-59, 2012.

VICTÓRIO, C.P., ALVIANO, D.S., ALVIANO, C.S., LAGE, C.L.S. **Chemical composition of the fractions of leaf oil of Alpinia zerumbet (Pers.) BL Burt & RM Sm. and antimicrobial activity**. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 19, n. 3, p. 697-701, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez 36, 39, 40, 41, 128
Adsorção de níquel 107, 117
Análises de difração de raios X 17, 22
Ativação térmica da casca 123

B

Biomassa 10, 33, 34, 100, 129, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 205, 206

C

Calor isostérico de sorção 131, 132, 139, 140, 141
Calor latente de vaporização 132, 136
Caracterização físico-química 38, 43, 141
Casca de Buriti 123, 124, 129
Catalisadores baseados em óxido de ferro 153, 156, 159, 160, 161
Cinética de secagem 54, 56, 60, 61, 64, 65, 150
Composição química 14, 16, 29, 33, 47, 49, 50, 196, 200, 205, 206
Compósitos 2, 3, 8, 10, 11, 23, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216
Compósitos poliméricos 164, 170, 210

D

Decantador horizontal 90, 91, 95
Densidade 6, 10, 36, 37, 39, 40, 59, 62, 82, 90, 95, 97, 145, 172, 175, 196, 198
Determinação dos carboidratos 202

E

Energia livre de Gibbs 27, 31, 33, 132, 135
Entropia diferencial 133, 139, 140
Equação de Gibbs- Helmholtz 135
Esferas porosas 107, 110, 111, 119
Espectrofotômetro 112, 127, 156, 202
Estudo físico-químico 36

F

Forças de atração intermolecular 136

G

Granulometria 164, 179, 190, 200, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

I

Indústria aeroespacial 1, 2, 3, 5, 6, 9

Isotermas de sorção 131, 133, 134, 137, 138, 139

L

Lama vermelha 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Licores 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Licores de cupuaçu 36, 37, 38, 43

Lignocelulósica 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 206

Liofilizador 143, 144, 146

Lipase extracelular 99

M

Microscopia eletrônica de varredura 13, 15, 17, 22

N

Nanopartículas de ferro 81

O

Óleo essencial 54, 55, 56, 59, 62

P

Partículas com memória acoplada 66

pH 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 102, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 156, 162, 202, 203

Polpa de Oiti 148

Propriedades dos catalisadores 153, 156

Propriedades dos compósitos 209, 215

Propriedades termodinâmicas 131, 133, 135, 136, 139

Q

Quimiometria 37

Quitosana na adsorção de níquel 107

R

Refractance Window 143, 144, 145, 149, 151

Resíduos de ferro 164

Resina benzoxazina 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11

Resinas fenólicas 1, 2, 3, 5, 9

T

Tamanho de partículas 175, 198, 200

Teor de lignina insolúvel 201

Tipo de dopante 153, 160

Tratamento térmico 13, 16, 17, 21, 22

Tratamento térmico-hidrometalúrgico 13, 16, 22

U

Utilização de mesocarpo de coco verde 24

V

Viscosidade 36, 37, 39, 40, 41, 95, 97, 205

 **Atena**
Editora

2 0 2 0