

Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
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

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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química 2 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-822-9

DOI 10.22533/at.ed.229211202

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva
(Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química” é constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos que abordam as diferentes áreas da química de forma intra e interdisciplinar, objetivando-se à melhoria da qualidade de vida. Esta coleção trouxe trabalhos que proporcionaram: (i) avaliar as propriedades químicas, físicas e biológicas de óleos essenciais, aromáticos e ácidos graxos extraídos de diferentes partes de plantas (folhas, cascas, tronco e caule) utilizadas na alimentação e que devido a suas propriedades nutricionais, aromáticas e terapêuticas constitui-se em uma área de extrema importância – a Química de produtos naturais; (ii) a eletroanalítica vem se desenvolvendo e aprimorando sensores (dispositivos) com propriedades para: monitorar e detectar substâncias em tempo real, com baixo custo operacional, fácil operação e com ampla aplicação (em especial, detecção e quantificação de contaminantes de interesse emergente em matrizes aquosas); (iii) aplicação de figuras de mérito em técnicas analíticas visando atestar a qualidade de alimentos; e (iv) princípios e contribuições do método QuEChERS e das técnicas de cromatográficas para o estabelecimento dos princípios norteadores da Química Verde em análises químicas; (v) a importância do monitoramento e detecção de metais tóxicos ou potencialmente tóxicos presentes em água e alimentos; (vi) aplicação de processos distintos de tratamento (osmose reversa e processos oxidativos avançados) para remoção de poluentes (corantes e fármacos) em águas de superfície, com o intuito de remover substâncias capazes de desencadear efeitos deletérios a biota aquática e seus organismos.

Neste contexto, a Atena Editora reuniu trabalhos selecionados por membros do corpo editorial que pudesse apresentar temas atuais e em constante discussão, reunindo na forma do E-book: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, neste volume II.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO DO PERFIL INORGÂNICO DE CHÁS DERIVADOS DA CAMELLIA SINENSIS

Ana Flávia Loureiro Martins Nascimento

Carlos Guilherme Tissi Batista

Cibele Maria Stivanin de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.2292112021

CAPÍTULO 2..... 14

INFLUÊNCIA DA IDADE, HABITAT E TÉCNICA DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Psidium myrtoides* O. Berg

Alline Laiane Borges Dias

Cassia Cristina Fernandes

Mayker Lazaro Dantas Miranda

DOI 10.22533/at.ed.2292112022

CAPÍTULO 3..... 24

EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CANELA EM CASCA EM SISTEMAS AQUOSOS E ORGÂNICOS VISANDO A OBTENÇÃO DE CINAMALDEÍDO

Adriana da Veiga Torres

Juliana Baptista Simões

DOI 10.22533/at.ed.2292112023

CAPÍTULO 4..... 34

ÁCIDOS GRAXOS VEGETAIS: COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE BIOLÓGICA E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

Luana Cristina Diniz Santos

Luciana Alves Rodrigues dos Santos Lima

Ana Hortência Fonseca Castro

DOI 10.22533/at.ed.2292112024

CAPÍTULO 5..... 43

SÍNTESE ELETROQUÍMICA DE ELETRODOS DE CARBONO VÍTREO MODIFICADO COM FILMES DE HEXACIANOFERRATO DE METAIS E ATIVIDADE PARA DETECÇÃO DE COMPOSTOS SULFURADOS

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Edervaldo Buffon

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

DOI 10.22533/at.ed.2292112025

CAPÍTULO 6..... 56

LÍQUIDO IÔNICO PRÓTICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SENSOR ELETROQUÍMICO APLICADO NA DETECÇÃO DE PESTICIDA

José Fernando de Macedo

Anderson Alex Conceição Alves

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Michael Douglas Santos Monteiro
José Carlos dos Santos Junior
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Felipe dos Santos
Pedro Rafael da Cruz Almeida
Frederico Guilherme de Carvalho Cunha
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112026

CAPÍTULO 7..... 72

DETECÇÃO DE CIPROFLOXACINA APLICANDO UM SENSOR ELETROQUÍMICO À BASE DE DERIVADO DO GRAFENO E LÍQUIDO IÔNICO

Anderson Alex Conceição Alves
Michael Douglas Santos Monteiro
Pedro Rafael da Cruz Almeida
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Carlos dos Santos Junior
Jose Fernando de Macedo
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Lucas dos Santos Lima
José Felipe dos Santos
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112027

CAPÍTULO 8..... 85

BIOCARVÃO ATIVADO E ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO APLICADOS EM SENSOR ELETROQUÍMICO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARAQUATE

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Ava Gevaerd
Jonatas de Oliveira Souza Silva
Lucas dos Santos Lima
José Fernando de Macedo
Michael Douglas Santos Monteiro
Alberto Wisniewski Jr
Márcio Fernando Bergamini
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112028

CAPÍTULO 9..... 99

PREPARAÇÃO ELETROQUÍMICA DE NANOBASTÕES DE Co-Ni POR MEMBRANAS DE POLICARBONATO

Bruna Maria Rodrigues Gonçalves
Elton Patrick Barbano

DOI 10.22533/at.ed.2292112029

CAPÍTULO 10..... 112

PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO ELETROQUÍMICA E APLICAÇÃO DE ELETRODOS

MODIFICADOS COM FILMES HÍBRIDOS DE HEXACIANO FERRATO DE METAIS

Edervaldo Buffon

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

DOI 10.22533/at.ed.22921120210

CAPÍTULO 11..... 128

EFEITO DE MATRIZ E FIGURAS DE MÉRITO NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS EM QUEIJO DE MINAS ARTESANAL POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA DE CHAMA

Emanueli do Nascimento da Silva

Tercio Paulo Felix Xisto

Ana Carolina Ferreira Castelo Borges

Emylle Emediato Santos

Roberta Eliane Santos Froes

DOI 10.22533/at.ed.22921120211

CAPÍTULO 12..... 140

CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO QuEChERS E DAS TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PARA CONSOLIDAR OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM ANÁLISES QUÍMICAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

DOI 10.22533/at.ed.22921120212

CAPÍTULO 13..... 153

BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS TRAÇOS ESSENCIAIS E POTENCIALMENTE TÓXICOS

Wagna Piler Carvalho dos Santos

Rita Maria Weste Nano

Daniele Cristina Muniz Batista dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.22921120213

CAPÍTULO 14..... 167

METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E SEUS IMPACTOS NA ÁGUA E NOS ALIMENTOS: UM OLHAR PARA A LITERATURA

Geilson Rodrigues da Silva

Hygor Rodrigues de Oliveira

João Vítor de Andrade dos Santos

Jussara de Oliveira Ferreira

Daniely Alves de Souza

Angela Kwiatkowski

Ramon Santos de Minas

Mariana Messias Soares

Mariane Ocanha

DOI 10.22533/at.ed.22921120214

CAPÍTULO 15..... 178

SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE OSMOSE DIRETA: ALTERAÇÃO DA COR E

CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE UMA SOLUÇÃO DE CORANTE UTILIZANDO-SE UMA MEMBRANA PERMEÁVEL DE ACETATO DE CELULOSE

Ani Caroline Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Bruna Costa
Aline Botassoli Dalcorso
Gabriela Vettorello
Aline Viana
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.22921120215

CAPÍTULO 16..... 184

COMPARAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS POR PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Ivo Amildon Ricardo
Eduardo Oliveira Marson
Vinicius Alexandre Borges de Paiva
Alam Gustavo Trovó

DOI 10.22533/at.ed.22921120216

SOBRE O ORGANIZADOR..... 198

ÍNDICE REMISSIVO..... 199

EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CANELA EM CASCA EM SISTEMAS AQUOSOS E ORGÂNICOS VISANDO A OBTENÇÃO DE CINAMALDEÍDO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 08/10/2020

Adriana da Veiga Torres

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Laboratório de Análises Químicas e Agroambientais - LAQUA Itaperuna - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3845192120485761>

Juliana Baptista Simões

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Laboratório de Análises Químicas e Agroambientais - LAQUA Itaperuna - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6856049915466856>

RESUMO: A canela é uma das especiarias mais conhecidas do mundo. Seu nome científico *cinnamomum* significa “madeira doce”. Conhecida desde 2.500 anos a.C. pelos chineses, possuía mais valor do que o ouro e era utilizada como aromatizantes e perfumes, devido a presença de compostos voláteis. Os compostos voláteis são produtos do metabolismo secundário da planta, conhecidos como óleos essenciais. Os óleos essenciais são misturas complexas, destacando-se a presença de terpenos e fenilpropanóides. O óleo essencial da canela, pode ser extraído das folhas e/ou cascas, sendo a parte interna da casca a mais popular e comercializada com apelo as propriedades terapêuticas do óleo essencial, principalmente devido a presença do cinamaldeído, que possui atividades antimicrobianas e anti-inflamatórias

comprovadas. A composição química do óleo essencial varia de acordo com o método de extração adotado, neste sentido o objetivo, deste trabalho, é estudar a influência do método de extração na composição do óleo essencial das cascas de canela, visando obter o maior teor do seu composto majoritário, o *E*-cinamaldeído. Os métodos de extração estudados foram: destilação por arraste a vapor, hidrodestilação e extração em Soxhlet com solventes orgânicos. Para os métodos de arraste a vapor e hidrodestilação foi avaliado os intervalos de extração de 1h à 2,5h. Na extração com solventes orgânicos foram avaliados os solventes: hexano, diclorometano e acetato de etila. Os óleos obtidos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas, realizando-se a identificação dos sinais por comparação de espectros de massa e a quantificação por integração. O composto majoritário em todas as amostras de óleo essencial foi o *E*-cinamaldeído, possuindo um teor acima de 70%. O método de arraste a vapor no intervalo de 1,5h de extração foi o método em que se obteve o maior teor de *E*-cinamaldeído (91,34%). Os rendimentos de extração variaram de 0,4% a 2,5%.

PALAVRAS-CHAVE: Canela, óleo essencial, cinamaldeído, produtos naturais, rendimento.

EXTRACTION OF CINNAMON BARK ESSENTIAL OIL IN AQUEOUS AND ORGANIC SYSTEMS AIMING TO OBTAIN CINNAMALDEHYDE ADRIANA DA VEIGA TORRES

ABSTRACT: Cinnamon is one of the best known spices in the world. Its scientific name

cinnamomum means “sweet wood”. Known since 2,500 years BC by the Chinese, it had more value than gold and was used as flavorings and perfumes due to the presence of volatile compounds. Volatile compounds are products of the plant’s secondary metabolism, known as essential oils. Essential oils are complex mixtures, highlighting the presence of terpenes and phenylpropanoids. The essential oil of cinnamon can be extracted from leaves and barks, the inner part of the bark being the most popular and commercialized with appeal the therapeutic properties of essential oil, mainly due to the presence of *E*-cinnamaldehyde, which has antimicrobial and anti-proven inflammatory cells. The chemical composition of the essential oil varies according to the extraction method adopted. In this sense, the objective of this work is to study the influence of the extraction method on the composition of the essential oil of cinnamon barks, in order to obtain the highest content of its compound. majority, cinnamaldehyde. The extraction methods studied were: steam distillation, hydrodistillation and Soxhlet extraction with organic solvents. For steam dragging and hydrodistillation methods, extraction intervals from 1h to 2.5h were evaluated. In the extraction with organic solvents, the solvents were evaluated: hexane, dichloromethane and ethyl acetate. The obtained oils were analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometry, identifying the signals by comparing mass spectra and quantifying by integration. The major compound in all essential oil samples was *E*-cinnamaldehyde, having a content above 70%. The method of steam dragging in the interval of 1.5h of extraction was the method in which the highest *E*-cinnamaldehyde content was obtained (91.34%). Extraction yields ranged from 0.4% to 2.5%.

KEYWORDS: Cinnamon, essential oil, cinnamaldehyde, natural products, yield.

1 | INTRODUÇÃO

A canela é uma das especiarias mais conhecidas do mundo, sua utilização remota de 2.500 anos a.C. pelos chineses. Seu nome científico *cinnamomum* possui origem da Indonésia e significa “madeira doce”. Desde a antiguidade era considerada uma mercadoria preciosa, os egípcios, por exemplo, a empregavam no embalsamento, junto com outros condimentos. No período das grandes navegações os portugueses chegaram ao Ceilão, atual Sri Lanka, onde a canela era produzida em abundância. No século XVII, os espanhóis começaram a comercializar a canela e espalharam seu cultivo pelo mundo (Negraes, 2003).

A canela pertence ao gênero *Cinnamomum* sp. e à família Lauraceae, existindo aproximadamente 250 espécies de ocorrência natural das regiões tropicais e subtropicais da China, Índia e Austrália (Jayaprakasha et al., 2003). As espécies do gênero se destacam por possuírem óleos aromáticos ou óleos essenciais. Os óleos essenciais podem ser encontrados nas folhas e cascas das espécies. Para canela (*Cinnamomum* sp.) a parte mais utilizada é a parte interna do tronco, a casca seca, proveniente do caule principal e de ramificações deste (Brasil, 2010).

A canela-do-ceilão (*Cinnamomum verum* J. Presl syn. *Cinnamomum zeylanicum* Blume), espécie de estudo deste trabalho, possui em sua casca seca, no mínimo, 1,2% de óleo essencial, contendo, no mínimo, 60,0% de *E*-cinamaldeído. O óleo desta espécie possui características organolépticas marcantes como aroma característico e sabor picante

e adocicado (Brasil, 2010).

Os óleos essenciais são produtos do metabolismo secundário das plantas e são caracterizados pelo aroma devido a presença de compostos voláteis em sua composição. São misturas naturais e complexas destacando-se a presença de terpenos e fenilpropanóides, dentre outras substâncias voláteis, que são lipofílicas, de baixo peso molecular e geralmente líquidas (Gonçalves et al., 2003). Na natureza os óleos essenciais desenvolvem um papel importante nas plantas agindo como agentes antibacterianos, antivirais, antifúngicos e inseticidas. Eles ainda podem atuar como semioquímicos, como na atração de insetos para favorecer a dispersão de pólen e sementes (Bakkalli et al., 2008).

Segundo Cassel et al., 2009, dependendo do método de extração utilizado, a composição química do óleo das cascas de canela pode variar significativamente. Um campo importante de aplicação dos óleos essenciais é quando é possível extrair o óleo em quantidade suficiente para serem utilizados em sínteses químicas ou como novos materiais, o que é possível para o óleo das cascas de canela (Serafini et al., 2002).

Os constituintes químicos mais importantes do óleo essencial da casca da canela são o *E*-cinamaldeído (1), ácido cinâmico (2) e *E*-eugenol (3) (Figura 1) (Jayaprakasha, et al., 2003). Sendo o cinamaldeído o componente majoritário presente no óleo e seu teor varia mais comumente entre 60-75%. (Lee & Balick, 2005). Entretanto, alguns autores chegam a relatar o teor de 97,7% na composição do óleo essencial das cascas de canela (Singh, et al., 2007).

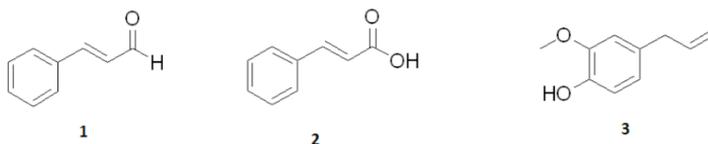


Figura 01 - Estruturas químicas dos principais compostos presentes no óleo essencial das cascas da canela (*C. verum*).

O *E*-cinamaldeído é um composto de interesse químico pois as principais atividades biológicas descritas para óleo essencial da canela em casca é atribuída a ele (Bakkalli et al., 2008). Nesse sentido, o presente artigo tem o objetivo de estudar diferentes metodologias de extração do óleo essencial da canela a partir de sua casca, visando o melhor rendimento de extração e o método que possibilite o maior teor de *E*-cinamaldeído.

2 | METODOLOGIA

2.1 Generalidades

Os parâmetros estudados foram: o tipo de método de extração (em meio aquoso ou

orgânico), intervalo de tempo das extrações e os solventes orgânicos empregados em cada etapa da obtenção do óleo.

Os métodos de extração empregados foram destilação por arraste a vapor, hidrodestilação e extração por solvente orgânicos utilizando o aparato de Soxhlet. Em todos os métodos de extração foram utilizadas 16 g de canela em casca. O óleo obtido em meio aquoso foi submetido a extração líquido-líquido com hexano (3x de 20 mL), as frações orgânicas foram reunidas e concentradas em evaporador rotativo da marca FISATOM 800. O óleo obtido em solvente orgânico foi concentrado diretamente em evaporador rotativo. Todas as amostras foram armazenadas em frasco âmbar sob refrigeração até serem analisadas por cromatografia gasosa (CG). As massas de óleo essencial obtidas foram medidas em balança analítica da marca Bel modelo M214AIH. As extrações foram realizadas no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus Itaperuna-RJ*.

As análises de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-EM), foram realizadas em um equipamento SHIMADZU modelo GCMS-QP2010 Ultra. Utilizando-se uma coluna de sílica fundida Restek RTx®-5 MS (30 m x 0,25 mm DI x 0,25µm df). O volume de amostra injetado foi de 1 µL e as condições do método empregado foram: Temperatura inicial de 40°C (2 minutos), temperatura final de 300°C (15 minutos) e taxa de aquecimento igual a 20°C min⁻¹; temperatura do injetor igual a 290°C; temperatura do detector igual a 300°C, e o modo de ionização por impacto de elétrons a 70 eV. O hélio de alta pureza foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,6 mL min⁻¹. O espectrômetro de massas foi empregado com faixa de m/z = 35-700. As análises de CG-EM foram realizadas no Laboratório de Química Supramolecular e Biomimética do departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos tempos de retenção e espectros de massas. A quantificação foi realizada através da integração da área da curva dos sinais, a soma das áreas de todos os sinais gerados é igual a 100% da composição da amostra.

2.2 Extração por arraste a vapor

No processo de arraste a vapor, a água líquida é adicionada a um gerador de vapor e aquecida na presença de calor, até que entre em ebulição. Então a água na forma de vapor percorre uma tubulação apropriada e passa pela amostra e em seguida pelo condensador (Tongnuanchan e Benjakul, 2014). O vapor de água superaquecido, é condição necessária para romper os vasos do tecido vegetal que armazenam os óleos essenciais, e arrastá-lo como uma mistura óleo-água pelo condensador. Assim, as misturas dos vapores de óleo e água condensam e é possível separar o óleo da fase aquosa por densidade ou extração líquido-líquido (Koketsu et al., 1991). Este método foi empregado variando-se o intervalo de tempo em 1h; 1,5h; 2h e 2,5h.

2.3 Hidrodestilação

Na hidrodestilação, o material contendo o óleo essencial fica em contato direto com a água, ao entrar em ebulição arrasta os componentes voláteis, ao se condensar forma uma mistura heterogênea com duas fases líquidas (Silva, 2011). Este método foi empregado variando-se o intervalo de tempo em 1h;1,5h;2h e 2,5h.

2.4 Extração por solventes orgânicos

O processo de extração por solventes orgânicos consiste, em colocar um solvente orgânico em contato com uma matriz vegetal. Após um intervalo de tempo, suficiente para que ocorra a transferência dos constituintes solúveis presentes na planta, efetua-se a separação da fase sólida e líquida. O óleo é obtido pela evaporação do solvente presente na fase líquida (Steffani, 2003).

Neste método foram empregados os solventes: diclorometano, hexano e acetato de etila, 100 mL em contato direto com a casca de canela, em um sistema Soxhlet. Após o primeiro refluxo marcou-se 1 hora e em seguida as amostras foram recolhidas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As extrações foram realizadas a partir de três metodologias diferentes, para os processos de arraste a vapor e hidrodestilação obteve-se quatro amostras de óleo essencial da canela em casca. Já para o processo de extração por solventes orgânicos obteve-se três amostras a partir de solventes distintos. A Tabela 1 apresenta os códigos utilizados para cada amostra com o respectivo método de extração.

Código	Método
OE – 1a	Arraste a vapor 1,0h
OE – 1,5a	Arraste a vapor 1,5h
OE – 2a	Arraste a vapor 2,0h
OE – 2,5a	Arraste a vapor 2,5h
OE – 1h	Hidrodestilação 1,0h
OE – 1,5h	Hidrodestilação 1,5h
OE – 2h	Hidrodestilação 2,0h
OE – 2,5h	Hidrodestilação 2,5h
OE – hex	Soxhlet com hexano
OE – dcm	Soxhlet com diclorometano
OE – acet	Soxhlet com acetato de etila

Tabela 01 – Códigos dos óleos essenciais obtidos neste trabalho

A Tabela 2 a seguir apresenta os valores de rendimento de cada extração do óleo

essencial da canela em casca. O rendimento de extração foi determinado pela equação:

$$R = \frac{\text{massa de óleo obtida}}{\text{massa inicial da canela}} \times 100$$

Código	Rendimento de extração (%) por intervalo de tempo	Rendimento de extração (%) acumulado
OE – 1a	0,79	0,79
OE – 1,5a	2,08	2,87
OE – 2a	0,50	3,37
OE – 2,5a	0,36	3,37
OE – 1h	1,19	1,19
OE – 1,5h	2,51	3,70
OE – 2h	0,04	3,74
OE – 2,5h	0,38	4,12
OE – hex	0,41	-
OE – dcm	1,41	-
OE – acet	2,28	-

Tabela 02 – Rendimentos dos óleos essenciais das cascas da canela

Nota-se que houve um rendimento superior a 2,0% em cada método testado, para as extrações em meio aquoso (OE – 1,5a e OE – 1,5h) o tempos de extração de 1,5h foi o que proporcionou maior rendimento de obtenção do óleo. A hidrodestilação foi o método que forneceu maior rendimento acumulado de 4,12% durante todo o período de extração. Apesar dos métodos de arraste a vapor e hidrodestilação possuírem o mesmo agente extrator, o vapor de água, observamos uma diferença significativa nos rendimentos de extração. Para as extrações em solvente orgânico o acetato de etila forneceu a maior quantidade de óleo essencial (2,28%). A escolha do método de extração não depende somente da quantidade de óleo obtida no final do processo, mas depende também da facilidade de evaporação e da hidrofobicidade do composto de interesse (Koketsu et al., 1991). De acordo com a literatura, o rendimento de óleo essencial das cascas da canela varia de 0,2 a 2,0% (Guenther, 1950; Purselglove et al., 1981; Koketsu et al., 1997). É possível ainda observar que um acréscimo no tempo de extração não leva a uma maior obtenção do óleo.

Os constituintes químicos dos óleos obtidos forma estudados por CG-EM. Esta técnica analítica permite separar e a elucidar os mais diversos tipos de de misturas, sem utilização de padrões da amostra para a identificação (Rodrigues et al., 2006). A técnica CG-EM é bastante utilizada para analisar as frações apolares de extratos vegetais, pois

estas frações são basicamente compostas por hidrocarbonetos ramificados, ácidos graxos, ésteres e álcoois, que são comumente identificados por esta técnica (Torane et al., 2011).

Os principais constituintes dos óleos essenciais são os terpenos. A maioria dos terpenos são hidrocarbonetos, entretanto eles podem possuir o oxigênio na estrutura formando alcoóis, éteres, aldeídos, cetonas ou ácidos carboxílicos (Linstromberg, 2001).

A Tabela 03 apresenta a composição química dos óleos obtidos da casca da canela.

Compostos	OE-1a	OE-1,5a	OE-2a	OE-2,5a	OE-1h	OE-1,5h	OE-2h	OE-2,5h	OE-hex	OE-dcm	OE-acet
Etilbenzeno	-	0,50	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E</i> -cinamaldeído	86,52	91,34	90,82	81,04	29,54	65,45	85,96	71,43	86,73	84,15	74,15
α -terpinol	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eucaliptol	2,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de <i>E</i> -cinamila	1,52	0,78	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-
Cumarina	-	-	1,87	2,46	-	2,58	7,71	-	4,24	7,87	8,06
<i>E</i> -o-metoxi-cinamaldeído	-	-	0,85	1,94	-	2,07	6,33	-	-	2,82	7,95
Benzaldeído	-	-	-	-	8,24	2,50	-	-	-	-	-
Ácido benzôico	-	-	-	-	1,93	-	-	-	-	-	-
Ácido <i>E</i> -cinâmico	-	-	-	-	60,29	25,14	-	-	-	-	-
α -copaeno	-	-	-	-	-	-	-	-	3,39	2,79	3,76
α -muruleno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,68
Impurezas	9,06	7,38	6,24	14,05	-	2,22	-	28,57	5,64	2,37	3,50

Tabela 03 – Identificação e quantificação dos constituintes químicos dos óleos essenciais obtidos em porcentagem (%)

Pode-se observar que, para óleos obtidos por arraste a vapor, o teor de *E*-cinamaldeído foi superior a 80% para todas as amostras e a amostra OE- 1,5a com o tempo de extração de 1,5h foi a que apresentou o maior teor de *E*-cinamaldeído em sua composição (91,34%) e foi também aquela que apresentou maior rendimento de extração no período de 1h a 1,5h (Tabela 02, 2,08%) dentre as amostras obtidas por arraste a vapor.

Outros constituintes minoritários foram identificados nas amostras obtidas por arraste a vapor: etilbenzeno, α -terpineol, eucaliptol, acetato de cinamila, cumarina e *E*-o-metoxi-cinamaldeído. Esses resultados coincidem com os dados obtidos por Souza et al., (2016) em sua pesquisa que descreve a composição química do óleo essencial da canela em casca pelo método de arraste a vapor, tendo o *E*-cinamaldeído como composto majoritário do óleo (84,52%) seguido pelos compostos *E*-o-metoxi-cinamaldeído (8,79%) e acetato de *E*-cinamila (1,44%).

Para as amostras obtidas por hidrodestilação pode-se observar que o teor de

E-cinamaldeído foi superior a 80% apenas na amostra OE-2h com o tempo de extração de 2h (85,96%). A amostra OE-1h apresentou o menor teor de *E*-cinamaldeído em todos os métodos estudados (29,54%), provavelmente, o *E*-cinamaldeído sofreu uma oxidação se transformando em ácido *E*-cinâmico (60,29%). Outros constituintes minoritários foram identificados: ácido benzóico, cumarina, ácido cinâmico e 2-metoxi-cinamaldeído. Andrade et al., (2012) descreve em sua pesquisa, que a extração do óleo essencial da casca da canela em um intervalo de 2,5h apresentou 14 constituintes distintos em sua composição, sendo *E*-cinamaldeído (77,72%), acetato de *E*-cinamila (5,99%) e o

Para a extração com solventes orgânicos podemos observar que o teor de *E*-cinamaldeído foi superior a 70% empregando os diferentes solventes, sendo que a amostra OE-hex forneceu o maior teor de *E*-cinamaldeído (86,73%). A medida que a polaridade do solvente aumentou o teor de *E*-cinamaldeído diminuiu, indicando a lipofilicidade deste composto. Outros constituintes minoritários foram identificados: α -copaeno, cumarina, α -murulene e *E*-*o*-metoxi-cinamaldeído.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho, o óleo essencial da canela em casca apresentou o *E*-cinamaldeído como composto majoritário em todas amostra e os constituintes minoritários mais comuns foram cumarina, acetato de *E*-cinamila, *E*-*o*-metoxi-cinamaldeído e α -copaeno. A constituição química do óleo essencial e o rendimento de extração variaram de acordo com o método utilizado. O rendimento das extrações variou-se entre 0,4% a 2,5% nos intervalos de tempo estudados. O método de hidrodestilação forneceu o maior rendimento de extração acumulado em 2,5 h. Entretanto a extração por arraste a vapor durante 1,5h foi a que forneceu maior teor de *E*-cinamaldeído 91,34%, com rendimento de extração de 2,08%. Para os solventes orgânicos com tempo de extração de 1h o solvente mais polar forneceu o maior rendimento de extração, porém o teor de *E*-cinamaldeído teve um decréscimo. Assim, concluí-se que o método de extração por arraste a vapor com tempo de extração de 1,5h é o mais conveniente para obtenção do *E*-cinamaldeído a partir do óleo essencial da canela em casca.

REFERÊNCIAS

Andrade, Milene Aparecida et al. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. *Rev. Ciênc. Agron.*, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.

Bakkali, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.; Idaomar, M. **Biological effects of essential oils - a review.** *Food and chemical toxicology*, 46 (2), 446-475, 2008.

Barkman, T. J. **Character coding of secondary chemical variation for use in phylogenetic analyses.** *Biochemical Systematics and Ecology*, 29, 1-20, 2001.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopéia Brasileira**. Brasília: Anvisa. 5º Ed., v.2, 718-723, 2010.

Cassel, E.; Vargas, R. M. F., Martinez, N.; Lorenzo, D.; Dellacassa, E. **Steam distillation modeling for essential oil extraction process**. *Industrial Crops and Products*, 29, 171-176, 2009.

Gonçalves, L. A.; Barbosa, L.C.A.; Azevedo, A. A.; Casali, V. W. D.; Nascimento, E. A. **Produção e composição do óleo essencial de alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth) em resposta a dois níveis de radiação solar**. *Revis. Bras. Plantas Medic.*, 6, 8-14, 2003.

Guenther, E. **Oil of Cinnamon**. In: *The Essential Oils*. New York: D. Van Nostrand, 4, 213-240, 1950.

Jayaprakasha, G. K.; Rao, L. J. M.; Sakariah, K. K. **Volatile constituents from *Cinnamomum zeylanicum* fruit stalks and their antioxidant activities**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, n. 51, p. 4344–4348, 2003.

Koketsu, M. ; Gonçalves, S. L. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor**. Rio de Janeiro, EMBRAPA- CTAA, p. 24,1991.

Koketsu, M.; Midori, S. L.; Godoy, R. N. O.; Lopes, D.; Morsbach, N. **Óleos essenciais de cascas e folhas de canela (*Cinnamomum verum* Presl) cultivada no Paraná**. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 17(3), 281-285, 1997.

Linstromberg, Walter W; Baumgarten, Henry E.. **Organic chemistry a brief course**. 5 ed. Toronto: D. C. Heath and company. 1983.

Negraes, P. **Guia A-Z de Plantas: condimentos**. São Paulo: Bei Comunicação, p.103-106, 2003.

Probst, I.S. **Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico**. Botucatu, 112 f. Dissertação (Pós Graduação em Biologia Geral e Aplicada, Área de concentração Biomoléculas- Estrutura e função) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2012.

Rodrigues, M. V. N.; Rehder, V. L. G.; Sartoratto, A.; Júnior, S. B.; Santos, A. S. **O emprego de técnicas hífenadas no estudo de plantas medicinais**. *MultiCiência*, 7, 2006.

Serafini, L.A.; Santos, A.C.A. Touguinha, L.A.; Agostini, G.; Dalfovo, V.. **Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais**. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

Simões, C. et. al., **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5º Ed. Porto Alegre / Florianópolis: editora do ufrgs/ editora ufsc, 2003.

Singh, G. et al., **A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents**. *Food and Chemical Toxicology*, v. 45, n. 09, p. 1650-1661, 2007.

Silva, M. G. F.; **Atividade antioxidante e antimicrobiana in vitro de óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de manjerona (*Origanum majorana* L.) e manjerição (*Ocimum basilicum* L.)**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Química – Bacharelado em Química Industrial/Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 70, 2011.

Souza, A.A. et al . **Composição química e concentração mínima bactericida de dezesseis óleos essenciais sobre *Escherichia coli* enterotoxigênica.** Rev. Bras. Plantas Med., Botucatu , v. 18, n. 1,105-112, 2016 .

Steffani, E. **Modelagem matemática do processo de extração supercrítica de óleo essencial de Ho-Sho (*Cinnamomum camphora* Nees & Eberm var. *linaloolífera* Fujita) Utilizando CO₂.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

Purseglove, J.W.; Brown, E.G.; Green, C.L. et al. **Cinnamon and cassia.** In: Spices. London: Longman, 2 (Tropical Agriculture Series), 1, 100-173, 1981.

Tongnuanchan, P. e Benjakul, S. **Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation.** Journal of Food Science, v. 79, n. 7, p. R1231-R1249, 2014.

Torane, R. C.; Kamble, G. S.; Gadkari, T. V.; Tambe, A. S.; Deshpande, N. R. **GC-MS Study of Nutritious leaves of *Ehretia laevis*.** International Journal of ChemTech Research, 3(3), 1590-159, 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Abióticos 35
- Ácidos graxos 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
- Águas residuais 43, 53, 58, 115
- Amperometria 43
- Analito 4, 60, 62, 79, 89, 94, 132, 133, 156
- Ânions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Antibióticos 73, 74
- Anti-inflamatório 22
- Antimicrobiano 1
- Antioxidantes 1, 2, 22, 40
- Área superficial 74, 87, 91, 191
- Atividade biológica 14, 34, 174

B

- Bióticos 35

C

- Cascas 24, 25, 26, 29, 32
- Cátions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Células 35, 101, 102, 155, 157, 172, 173, 174, 175, 178, 179
- Celulose 66, 178, 179, 180, 181
- Chá 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 145, 146, 147
- Compostos voláteis 24, 26
- Condutividade 58, 65, 74, 87, 94, 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Contaminação ambiental 74
- Contaminação de alimentos 167
- Contaminante emergente 73
- Corante 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas 24
- Curva analítica 52, 60, 65, 73, 76, 80, 81, 86, 89, 90, 95, 132, 133, 135, 137

D

- Desvio padrão relativo 57, 67, 81
- Doenças crônicas 2, 12

E

Eletrocatalítica 112, 123

Eletr deposição 44, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109, 170

Eletr odo modificado 52, 56, 57, 60, 63, 65, 68, 72, 73, 76, 86, 95, 112, 116, 117, 119, 121, 123, 124, 125

Eletrólito suporte 46, 47, 48, 60, 76, 112, 115, 119, 120, 125

Eletr o-oxidação 101

Eletr oquímica 43, 44, 45, 47, 51, 57, 58, 60, 63, 70, 74, 76, 85, 89, 90, 93, 99, 101, 102, 103, 112, 115, 117

Exatidão 4, 128, 131, 133, 135, 136, 137

F

Fármacos 53, 73, 144, 146, 147, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Figuras de mérito 7, 9, 10, 11, 128, 131, 133, 135, 136, 137, 139

Filme híbrido 116, 117, 123, 124, 125

Folhas 3, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 32, 76, 77, 92

Fotocatálise heterogênea 184, 185, 186, 187, 194, 195, 198

H

Hidrodestilação 14, 15, 16, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31

L

Limite de detecção 8, 43, 53, 66, 80, 86, 95, 132, 184

Limite de quantificação 53, 80, 86, 95

M

Matrizes ambientais 73

Mecanismos de adsorção 87, 157, 158

Metais 3, 11, 43, 44, 45, 48, 99, 100, 112, 114, 115, 116, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Métodos analíticos 1, 74, 112, 133, 136, 138, 139, 150

Microscopia eletrônica de varredura 88, 99, 103, 109

O

Óleos essenciais 14, 15, 16, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Osmose 178, 179, 180, 181, 182, 183

P

Peroxidação foto-assistida 186

Pesticidas 45, 142, 144, 145, 151, 174, 185

Planejamento experimental 128, 131, 137

Potencialmente tóxicos 153, 154, 158, 167, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 176

Precisão 4, 7, 8, 61, 68, 76, 81, 128, 131, 133, 135, 136, 137

Preparo de amostra 58, 130, 140, 142, 148, 151

Processos metabólicos 35, 153, 155

Processos oxidativos avançados 198

Produtos naturais 2, 24, 35

Q

QuEChERS 140, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151

Química verde 140, 141, 142, 145, 146, 147, 148, 150, 151

Quimiometria 1, 4

R

Radiação 4, 32, 103, 132, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 195, 198

Repetibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Reprodutibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Resíduos 58, 74, 116, 140, 141, 142, 144, 147, 148, 150, 170, 185, 198

S

Sensibilidade 4, 7, 56, 58, 62, 73, 74, 78, 94, 132, 135, 140

Sensor 54, 56, 57, 59, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 83, 84, 85, 86, 97, 98, 126, 127

Sensor eletroquímico 56, 59, 72, 85, 86

Solvente 16, 27, 28, 29, 31, 58, 131, 144, 147, 178, 180, 182

V

Voltametria cíclica 43, 46, 50, 53, 101, 112, 116, 120, 125

Voltametria de pulso diferencial 56, 60, 76, 86, 89

Voltamograma 99, 105, 106, 121

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

