

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 Alfenas

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. Lilians 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

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

Data de aceite: 01/02/2021

Geilson Rodrigues da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFMS

Hygor Rodrigues de Oliveira

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

João Vítor de Andrade dos Santos

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Jussara de Oliveira Ferreira

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Daniely Alves de Souza

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Angela Kwiatkowski

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Ramon Santos de Minas

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Mariana Messias Soares

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

Mariane Ocanha

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
IFMS

RESUMO: A água é o principal recurso necessário para o desenvolvimento de vida em nosso Planeta, contudo, a atividade industrial e mineradora se assentou-se nas últimas décadas. Nesse sentido, um dos principais contaminantes despejados nos rios e que também contaminam os alimentos são os metais potencialmente tóxicos, dentre esses metais, elegemos os seguintes por estarem presente em diversos trabalhos voltados para a discussão dos impactos ambientais e também a contaminação de alimentos que são: Cromo, Chumbo, Cádmiio, Mercúrio e Arsênio. Para isso, adotamos um levantamento bibliográfico nas plataformas Scielo e Google Acadêmico no período de 1993 a 2020. Obtendo-se trabalhos que apontaram as aplicações na sociedade, bem como, os riscos da exposição inadequada, evidenciando as implicações biológicas para as pessoas. Sendo assim é importante que as resoluções e normativas sejam utilizadas para auxiliar na mitigação da utilização de metais potencialmente tóxicos na água e nos alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos Ambientais, Levantamento Bibliográfico, normativas.

ABSTRACT: Water is the main resource necessary for the development of life in our Planet, however, industrial and mining activity has been based in recent decades. In this sense, one of the main contaminants dumped in rivers and that also contaminate food is the potentially toxic metals, among these metals, we chose the following because they are present in several works aimed at discussing environmental impacts and also the contamination of foods that are :

Chromium, Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic. For this, we adopt a bibliographic survey on the Scielo and Google Scholar platforms from 1993 to 2020. Obtaining works that pointed out the applications in society, as well as the risks of inadequate exposure, highlighting the biological implications for people. Therefore, it is important that resolutions and regulations are used to help mitigate the use of potentially toxic metals in water and food.

KEYWORDS: Environmental Impacts, Bibliographic Survey, Regulatory.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é banhado pela Bacia do Rio Amazonas um dos maiores rios do mundo, porém de acordo com Simões (2008), a maioria das cidades brasileiras de grande porte encontram-se instalados próximos a grandes rios o que acarreta em contaminação por dejetos industriais, esgoto doméstico, dentro outros. Nessa bacia há um agravamento que de acordo com Lima (2013), que se assentou nas últimas décadas pois, além dos contaminantes industriais e domésticos despejados nos afluentes do Rio Amazonas, essa região apresenta larga atividade mineradora, que é responsável pelo derramamento de toneladas de metais potencialmente tóxicos todos os anos nesses rios. Essa situação da região amazônica se repete em praticamente todos os estados do Brasil, pois a atividade industrial descarta metais potencialmente tóxicos em larga escala em diversos rios do Brasil, acarretando sérios desastres ambientais.

Afim de normatizar e impedir o aumento descontrolado dos contaminantes temos legislações que regem os parâmetros para a qualidade de águas utilizados para consumo humano e para as demais atividades, dentre estas destacam-se algumas portarias que estipulam valores máximo de contaminantes na água, sendo a Resolução do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) N. 357, de 17 de Março de 2005, assim como, a portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Ambas portarias reiteram que quaisquer contaminações podem trazer risco à saúde.

Já a Resolução de diretoria colegiada (RDC) nº 42, de 29 de agosto de 2013, do Agência Nacional de Vigilância Sanitária expõe valores máximos permitidos de metais potencialmente tóxicos em diversos grupos de alimentos (BRASIL, 2013).

Ancorados em tais reflexões, um dos principais contaminantes de sistema aquáticos, tratam-se dos metais potencialmente tóxicos, que será retratado as suas principais características.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em novembro de 2020 nas bases de dados de periódicos científicos. Para realização deste trabalho foi realizado um levantamento da literatura que continham informações científicas relacionadas a presença e impactos ambientais de metais potencialmente tóxicos em amostras de água e alimentos. Foram selecionados

artigos científicos disponibilizados em plataformas e ferramentas de busca eletrônica como Scielo, Google Acadêmico que abordam os principais impactos dos metais potencialmente tóxicos, no período compreendido entre os anos de 1993 a 2020, utilizando as palavras chaves: metais potencialmente tóxicos, contaminação aquática e impactos ambientais por metais potencialmente tóxicos em alimentos e água como pode ser observado na figura 1. Os resultados foram organizados em uma descrição textual em formato de *crônica* que busca descrever o que cada trabalho produziu em suas investigações.

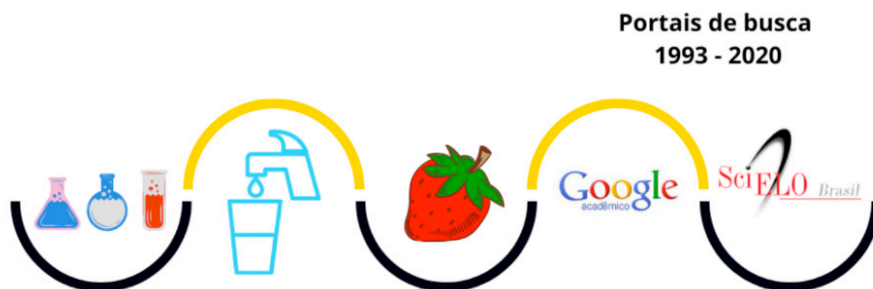


Figura 1. Esquematização da metodologia utilizada no trabalho.

Fonte: Os autores (2020).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Metais potencialmente tóxicos e suas consequências para água e alimentos

Lima e Merçon (2011), apontaram os metais potencialmente tóxicos como qualquer metal que possua número atômico maior que vinte, porém para os devidos fins dessas pesquisas foi considerado os seguintes metais potencialmente tóxicos, o Cromo, Chumbo, Cádmio, Mercúrio, Arsênio, como também suas relações com alimentos e água.

3.2 Cromo

A utilização do cromo nas indústrias perpassa pela metalurgia, para aumentar a resistência conta a corrosão assim como em aço inoxidável. Nesse sentido o óxido de cromo é empregado ainda para a produção de corantes e tintas, destaca-se ainda a utilização do óxido de cromo⁺³ para a conservação de madeiras para indústria moveleira (BROW et al., 2009).

Os mamíferos dependem de quantidade traços de Cr⁺³ para a manutenção da glicose no sangue. Quando apresenta deficiência da concentração desse metal no organismo a velocidade da eliminação da glicólise no sangue é reduzida, alguns problemas de diabetes

estão relacionados com o metabolismo do Cr (LEE, 1999).

Apesar de ter aplicações biológicas o cromo, é classificado de acordo com Nunes, Oliveira e Benini (2012) como uma substância com potencial carcinogênica e de efeitos toxicológicos à saúde humana. O cromo é ainda empregado para eletrodeposição, na indústria. A agropecuária utiliza-se desse metal para o processo de curtimento pois no estado de oxidação mais comum, ou seja, o Cr^{+3} , este liga-se a proteína, para formar o couro que apresenta elevada resistência à degradação.

A maior parte dos couros curtidos na indústria utilizam sulfato básico de cromo no estado trivalente sendo os efluentes do processo descartado em rios que em condições oxidantes transforma-se em Cromo⁺⁴, que é altamente tóxico para plantas peixes e seres humanos. (BAIRD e CANN, 2011; PERALTA, 2014)

A situação agrava-se devido ao Brasil ter um dos maiores rebanhos de gado de corte do mundo, que segundo Gannen (2007), nosso país já é um grande exportador de couro curtido sendo que a Região Centro-Oeste é uma das áreas que vem ocorrendo maior expansão com o Mato Grosso do Sul respondendo por 6% da produção nacional. Portanto observa-se que essas indústrias estão presentes, em cenário estadual pois encontram-se associadas a grandes aglomerações de gado de corte.

Nesse sentido, Souza et al. (2010), relata que os curtumes nos países em desenvolvimento não possuem alta tecnologia de tratamento de resíduos, logo os efluentes representam entraves pois possui, compostos com sulfetos e nos reservatórios fica alojado o cromo, assim como, diversos detritos orgânicos. De acordo com Contador (2004), o lançamento desses contaminantes nos rios geram reações que produzem gás sulfídrico, que inutilizam as águas superficiais e subterrâneas diminuindo o oxigênio dissolvido, acarretando em sérios danos ambientes para o ecossistema e para a população que depende das águas dos rios para a sobrevivência.

A ingestão do cromo pode ocorrer por via área ou oral pela ingestão de alimentos, a organização mundial de Saúde OMS, (1998), indica concentrações para a adultos em concentrações na ordem de $5 - 200 \mu\text{g Cd.dia}^{-1}$, ou seja, observa-se que o cromo é um micronutriente em excesso o este metal provoca câncer de pulmão e complicações respiratórias (DE LIMA ROCHA e CAVALCANTE, 2019).

3.3 Chumbo

Desde tempos remotos as civilizações utilizam o chumbo com grande destaque para a metalurgia, porém com o advento da revolução industrial a utilização desse metal cresceu-se exponencialmente com aplicações na industrial automobilista, na produção de fertilizantes, plásticos, tintas. Apesar de possui vasta utilização na sociedade atual o chumbo não possui efeito biológico benéfico nos organismos vivos, sendo bioacumulativo nos tecidos vitais, as fontes mais comuns de contaminação são a água o ar e os alimentos. Sendo facilmente introduzido no meio ambiente por uma série de processos e produtos

humanos: plásticos, tintas, pigmentos, indústrias metalúrgicas e aditivos da gasolina (OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Baird e Cann (2011) relataram que a forma mais estável do chumbo é a espécie Pb^{+2} , contudo em ambientes que favoreçam, o chumbo pode formar o ion^{+4} que pode formar o óxido de chumbo PbO_2 empregado em baterias de automóveis. Uma das formas mais comuns de contaminação pelo chumbo ocorre em águas e sedimentos isto ocorre devido a deposição por escoamento de áreas contaminadas durante o período chuvoso.

A situação agrava-se quando o chumbo se encontra em águas superficiais complexados com matéria orgânica-ácido húmico, aumentando em até 60 vezes a concentração de chumbo no sistema aquático (PAOLIELLO e CHASIN, 2001). Esse metal interfere na cadeia alimentar apresentando biomagnificação, ou seja, aumenta-se sua concentração conforme subimos no nível trófico nos peixes o chumbo aloja-se principalmente nas brânquias, fígado e rins, com isso as populações que utilizam desses animais para consumo apresentam elevado grau de intoxicação. Na Tabela 1 visualiza-se as principais fontes de emissão de chumbo em nível mundial. É notório a alta concentração de chumbo devido a mineração e a industrialização que lança toneladas desse metal tóxico para sistemas fluviais.

| Categoria da Fonte | Taxa de Emissão (t³) |
|--------------------------------|--|
| Resíduo doméstico | |
| - Central | 0,9 – 7,2 |
| - Não central | 0,6 – 4,8 |
| Energia elétrica | 0,24 – 4,2 |
| Mineração | 0,25 – 2,5 |
| Refinamento | |
| - Ferro e aço | 1,4 – 2,8 |
| - Metais não ferrosos | 1,0 – 6,0 |
| Processos de manufatura | |
| - Metais | 2,5 – 22 |
| - Agentes químicos | 0,4 – 3,0 |
| - Papel | 0,01 – 0,9 |
| Sedimentação da atmosfera | 87 – 115 |
| Depósito de resíduo de esgoto | 2,9 – 16 |
| Contribuição total para a água | 97 – 180 |
| Valor médio | 41 |

Tabela 1: Emissão de chumbo proveniente de várias fontes.

Fonte: PAOLIELLO e CHASIN, 2001.

A maior parte do chumbo absorvido pelos seres humanos encontra-se no sangue, depositando-se principalmente no cérebro. Em excesso o chumbo é altamente tóxico atingindo o metabolismo e alojando-se por anos em ossos humanos. Ao longo da vida a acumulação de chumbo no organismo pode atingir valores entre 200 e 500 mg, principalmente em indivíduos vítimas de intoxicação ocupacional. A maioria desse chumbo pode se acumular nos rins e no fígado (PARK et al., 2015).

Portanto observa-se a necessidade de diminuir a emissão de chumbo e de todos os metais potencialmente tóxicos, pois a sua toxicidade para o meio ambiente em geral é elevada.

De acordo com Koari Haga, Da Silva e Aparecido de Sales (2020), não existem níveis seguros de exposição ao chumbo pois afeta todos os órgãos do corpo humano provocando, degeneração celular pois substituir alguns metais microessenciais tais como o zinco e ferro alterando a constituição química das células provocando inibição de funções biológicas.

No sistema nervoso central (SNC), o chumbo age como inibidor das bombas de sódio e potássio, o que dificulta a comunicação entre os neurônios e as demais partes do corpo humano, levando a desordens motoras e distúrbios mentais (PANDA, UPADHYAY, NATH, 2010).

3.4 Cádmi

O cádmio foi descoberto em 1817, e apresenta diversas aplicações industriais, sendo frequentemente utilizado como pigmento. Os fabricantes de tintas vêm usando pigmentos de sulfeto de cádmio em tintas para produzir cores amarelas brilhantes há 150 anos. O cádmio é emitido para o ambiente mediante a incineração de produtos que contém plásticos e outros materiais que o utilizem como pigmento ou estabilizante. Além disso, ocorre emissão para a atmosfera quando o aço laminado com cádmio é reciclado, já que o elemento quando aquecido é razoavelmente volátil (BAIRD, CANN, 2011).

Devido as suas propriedades químicas serem semelhantes com o zinco, as plantas absorvem cádmio das águas de irrigação. O uso nos campos agrícolas de fertilizantes de fosfatos, que contem cádmio iônico, contamina a natureza, e o lodo de esgoto contaminado com o cádmio emitido pelas indústrias aumenta o nível desse elemento no solo e conseqüentemente nas plantas que crescem sobre ele. O solo também recebe cádmio por deposição atmosférica (BAIRD, CANN, 2011). Em relação aos alimentos, em particular nas ostras, mariscos e plantas a concentração de cádmio pode atingir valores entre 100 e 1000 µg/kg. A carne, o peixe e os frutos podem conter entre 1 a 50 µg/kg, enquanto as sementes entre 10 a 150 µg/kg de cádmio. O organismo humano possui mecanismos de defesa contra esse metal tóxico principalmente devido à metalotioneína que controla o metabolismo do zinco, porém se a ingestão for elevada de Cd²⁺ estes ficam alojados no fígado e nos rins (MAGNA et al., 2013).

3.5 Mercúrio

A utilização do mercúrio é reconhecida desde a antiguidade clássica para o processo de amálgama do ouro, de acordo com Straaten (2000), este metal, possui propriedades de formar ligas como o chumbo, aumentando a toxicidade do ambiente no qual está exposto.

Existe diversos estados de oxidação do Mercúrio conforme afirma Souza e Barbosa (2000) tais como, Hg^0 e duas variedades oxidadas Hg_2^+ o íon mercurioso e Hg^{2+} denominado mercúrico. A utilização em escala industrial desse metal é ampla desde pilhas, baterias, detonadores de explosivos, fungicida, germicida e amálgama em implantes odontológicos, contudo a sua utilização na mineração de ouro é notável, devido a estas utilizações, Damas, Bertoldo e Costa (2014), especificaram o mercúrio como constituinte principal dos poluentes devido ao seu alto teor de toxicidade, o que levanta grande preocupação ambiental devido este metal tóxico ter propriedades bioacumulativas ao longo da cadeia alimentar.

Além disso, Dama, Bertoldo e Costa (2014) corrobora a pesquisa de Hylander (2000) e indica que a mineração de ouro contribui significativamente para o aumento da concentração de mercúrio no solo e nos rios. Esse fato se agrava ao longo de bacias hidrográficas que possuem jazidas minerais, pois há contaminação de sedimentos em rios e afluentes nas zonas de mineração, assim como a fauna e flora da região acaba por sofrer contaminação assim como a população da região, que segundo o trabalho de Lima (2013) a alta concentração de metais potencialmente tóxicos pode ser responsável pelo óbito de alguns pacientes que moram em uma região mineradora do estado do Amapá.

Nesse sentido, diversos pesquisadores liderados por Miranda et al. (2007), indicaram que em sistemas aquáticos o mercúrio apresenta formas metálicas, iônicas e as metiladas. Dentre estas destacam-se a formação de metilmercúrio, sendo extremamente tóxica, cujo ciclo de produção é mediado por organismos vivos, esta forma é agressiva para seres pluricelulares por rompem as membranas seletivas que regulam a entrada e saída de compostos químicas nas células. Por poder se propagar ao longo da cadeia alimentar o metilmercúrio está presente em alimentos principalmente os pescados que quando consumidos pelos seres humanos atingem o sistema nervoso central provocando redução da visão, diminuição da capacidade cerebral além de paralisia e a morte.

Esse fato se agrava ao longo de bacias hidrográficas que possuem jazidas minerais, pois há contaminação de sedimentos em rios e afluentes próximos as zonas de mineração, assim como, a fauna e flora da região acaba por sofrer contaminação, bem como, a população da região que segundo trabalho de Lima (2013) a alta concentração de metais potencialmente tóxicos pesados pode ser responsável pelo óbito de alguns pacientes que moram na região mineradora.

3.6 Arsênio

A utilização do arsênio e de seus derivados tais como trióxido de arsênio As_2O_3

foi amplamente utilizado em assassinatos e tentativas de suicídio desde a idade média. (COTRIN, 2006) já na idade contemporânea Oliveira (2007) ressalta que os compostos de arsênio foram amplamente usados como pesticidas, contudo após a segunda guerra mundial passou-se a substituir este metal por compostos orgânicos nos agrotóxicos. Apesar de conhecido potencial toxicológico deste metal, ainda se utiliza em algumas regiões da África subsaariana defensivos agrícolas com teores de sais de arsênio.

As principais fontes de arsênio para o ambiente advêm da emissão durante a mineração e os processos de fundição de ouro, chumbo, cobre e níquel, assim como a produção de ferro e aço e a queima do carvão mineral, a lixiviação dessas minas abandonadas mesmo após séculos de exauridas as jazidas minerais ainda constituem fonte de contaminação de arsênio em sistemas aquáticos. (BAIRD e CANN, 2011)

Arsênio em águas superficiais ocorre na forma de As^{3+} (arsenito), As^{5+} (arseniato) além dos íons monometilarsênico (MMA) e o íon dimetilarsínico (DMA), as águas subterrâneas apresentam arsênio, arsenito e arseniato. Nos oceanos e mares pode ocorrer biometilação e o arsenito e arseniato ocorrem associado aos MMA e DMA. De acordo com Baird e Cann (2011) a ordem decrescente de toxicidade dos compostos de arsênio é a seguinte: arsina > arsenito > arseniato > ácidos alquilarsênicos > compostos de arsônio > arsênio elementar. O arsênio no seu estado de oxidação⁺³ o (arsenito) é sessenta vezes mais tóxico do que a forma oxidada ⁺⁵ (arseniato).

Por sua vez os compostos inorgânicos são aproximadamente cem vezes mais tóxicos do que as formas parcialmente metiladas que são o MMA e DMA, respectivamente. A principal forma de contaminação por arsênio é a ingestão de água, especialmente a subterrânea. O consumo de águas subterrâneas contaminados por arsênio é considerado por Massahud (2008), como um dos elementos mais tóxicos para a saúde humana. Em muitos lugares do planeta a água subterrânea constitui praticamente a única forma de obter esse líquido potável (BAIRD e CANN, 2011).

O arsênio não possui função biológica, uma vez no interior do organismo humano o íon arsenato (H_2AsO_4^-) se comporta de forma análoga ao íon fosfato (H_2PO_4^-) portanto o arsenato compete com os sítios de ligação interferindo no ciclo do ácido cítrico interferindo na respiração celular inibindo a ação da enzima piruvato desidrogenase, e ligando-se a adenosina difosfato o (ADP), formando um complexo Bioinorgânico, permitindo o desacoplamento e a fosforilação oxidativa tendo como consequência a supressão da respiração mitocondrial no qual a mitocôndria depende para realizar a produção de energia para as células, portanto as organelas que compõem a matriz celular não recebem energia e cessam a atividade biológica levando ao desequilíbrio metabólico tendo como consequência o óbito do organismo (PANDA, UPADHYAY, NATH, 2010).

O mecanismo de toxicidade dos metais potencialmente tóxicos que é amplamente elucidado é a inativação de enzimas. Os metais de transição reagem instantaneamente com o grupo amino e com o grupo das sulfidrilas das proteínas. Esses metais tendem a competir

com as enzimas de cunho essencial para o organismo e substituí-los no metabolismo. A maior parte desses metais tende a degradar as células, por atuarem como anti-metabólicos ou mesmo por formarem precipitados e quelatos com os agentes metabólicos essenciais. Alloway e Ayres (1993), classificam estes metais como não-essenciais, pois não se conhece até o presente momento, nenhuma função bioquímica essencial. A Anvisa regulamentou a partir da RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, valores máximos permitidos de arsênio em alimentos, como pode ser visto na tabela 2 a seguir.

| Categorias | Limite máximo (mg/kg) |
|--|------------------------------|
| Açúcares | 0,10 |
| Leite fluído pronto para o consumo e produtos lácteos sem adição | 0,05 |
| Óleos e Gorduras comestíveis de origem vegetal e ou animal | 0,10 |
| Pasta de cacau | 0,50 |
| Trigo e seus derivados exceto óleo | 0,20 |
| Arroz e seus derivados exceto óleo | 0,30 |
| Bebidas alcoólicas (excluídos os sucos) | 0,05 |
| Frutas frescas, excluídas as de bagos e pequenas | 0,30 |
| Sucos e néctares de frutas | 0,10 |
| Ovos e produtos de ovos | 0,50 |
| Peixes crus, congelados ou refrigerados | 1,00 |
| Carnes de bovinos, ovinos, suínos | 0,50 |
| Gelos comestíveis | 0,01 |
| Hortaliças leguminosas | 0,10 |
| Legumes (sementes secas das leguminosas) exceto soja | 0,10 |

Tabela 2. Valores máximo permitidos de Arsênio em alimentos.

Fonte: Brasil, 2013.

Outros grupos de alimentos são descritos na RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, com o principal objetivo de atribuir valores máximos desses metais potencialmente tóxicos em alimentos, afim de garantir a manutenção da saúde, bem como a minimização de riscos gerais relacionados a ingestão de alimentos contaminados por esses compostos químicos.

4 | CONCLUSÕES

A utilização de metais potencialmente tóxicos pelos seres humanos remonta ao desenvolvimento das primeiras grandes civilizações e com o advento da industrialização o leque de aplicações desses metais tornaram-se maior. Sendo necessário a conscientização

ambiental aliada a resoluções e normativas que mitigam a utilização de metais potencialmente tóxicos na água e nos alimentos.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B.J.; AYRES, D.C.; **Chemical principles of Environment Pollution**. Blackie Academic & Professional, Glasgow, U.K.; 1993.

BAIRD, C.; CANN, M.; **Química Ambiental**. 4 ed. Bookman, 2011.

BRASIL. **Resolução RDC nº 42 de 29 de agosto de 2013**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil; Brasília, DF, 30 ago. 2013.

BROW, T, L.; et al. **Química a Ciência Central**. 9 ed. Pearson, São Paulo, 2009.

CONTADOR JR. O. **Tecnologia e Proteção Ambiental nas Indústrias do Couro e Calçados na Região de Jaú - SP**, 2004. 155f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara, Universidade de Araraquara, Araraquara, 2004.

COTRIM, M, E, B.; **Avaliação da Qualidade da água na bacia hidrográfica do ribeira de Iguaape com vistas ao abastecimento público**. 2006. 250 f. Tese de Doutorado, Departamento de Ciências de Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

DAMAS, G.B.; BERTOLDO, B.; COSTA, L, T.; Mercúrio: da Antiguidade aos Dias Atuais. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n.4, p. 1010-1020, 2014.

DE LIMA ROCHA, Ana Gleyciane; CAVALCANTE, Jorge Luis Pereira. Consumo de cromo e estado nutricional de universitários em Sobral, Ceará, Brasil. **Revista de Medicina**, v. 98, n. 5, p. 298-303, 2019.

GAMEN, R, S.; **Curtumes aspectos ambientais**. Consultoria Legislativa, Câmara dos deputados, 2007.

HYLANDER, L, D. et al. Fish mercury concentration in the Alto Pantanal, Brazil: influence of season and water parameters. **The Science of the Total Environment**, v.261, p. 9-20, 2000.

KAORI HAGA, Eliane; DA SILVA, Fábio Henrique; APARECIDO DE SALES, Ricardo. Aplicação da amostragem multi-incremento para avaliar os riscos à saúde humana em área suspeita de contaminação por chumbo. **InterfacEHS**, v. 15, n. 1, 2020.

LEE, J.D.; **Química Inorgânica**. 5 ed. Edgar Blucher, 1999.

LIMA, V. F.; MERÇON, F; Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v. 33, n. 4, 2011.

LIMA, D, P.; **Avaliação Da Contaminação Por Metais Pesados Na Água E Nos Peixes Da Bacia Do Rio Cassiporé, Estado Do Amapá, Amazônia, Brasil**. 2013. 147f, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia e Meio Ambiente, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

MAGNA, G. A. M et al. Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-Bahia. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 989-997, 2013.

MASSAHUD, R, T,L,R.; **Avaliação de Risco a arsênio, Chumbo e Cádmio na Região Aurífera Delita, Cuba**. 2008. 149 f. Tese de Doutorado, Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MIRANDA, M. R.; et.al. Mercúrio em Sistemas Aquáticos: Fatores Ambientais que Afetam a Metilação. **Oecologia Brasilienses**, v. 11, p. 240- 251, 2007.

NUNES, R, M.; OLIVEIRA, R, M, S.; BENINI, S, M.; Avaliação Do Risco Do Cromo Presente No Lodo De Indústrias De Curtume. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**. V. 8, n.12, p. 222-233, 2012.

OLIVEIRA, M, R.; **Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de Corrente nas margens do Rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais**. 2007. 172 f, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS, 1998. **Elementos traço na nutrição e saúde humana**. Genebra.

PERALTA, M, M, C.; **Uso de um lodo de cromo proveniente da indústria de curtume na fabricação de vidros sodo-cálcicos**. 2014. 121f, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PAOLIELLO, M. M. B. CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. 144p. (Cadernos de referência ambiental, v. 3).

PANDA, S.K.; UPADHYAY, R.K.; NATH, S. Arsenic Stress in Plants: a review. **Journal Agronomy e Crop Science**. V.196, N.3, p. 161-174, 2010. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2009.00407.

SPIRO, T, G.; STIGLIANI, W, M.; **Química Ambiental**. 2 ed. Pearson, 2009.

SOUZA, J, R, S.; BARBOSA, A, C.; Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. **Química Nova na Escola**. N.12. p.3-7, 2000.

SOUZA, E, G.; et al.; Considerações Sobre Impactos Ambientais No Setor Couro calçadista Em Campina Grande-PB. In Encontro Nacional De Engenharia De Produção. 2010, São Carlos, **Anais**, Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2010, p. 1-14.

STRAATEN, P, V.; Human exposure to mercury due to small-scale gold mining in N-Tanzania. **Science of the Total Environment**, V.259, N.2, p. 105-133, 2000.

TOMAZELLI, A, C.; **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo, e mercúrio em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2003. 144 f, Tese de Doutorado, Departamento de Filosofia, Ciência e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

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

