



Atena
Editora
Ano 2021

Química:

Debate entre a Vida Moderna
e o Meio Ambiente

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Química:

Debate entre a Vida Moderna
e o Meio Ambiente

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

Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente /
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 978-65-5706-978-3
DOI 10.22533/at.ed.783211204

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: “Química: Discutindo a Vida Moderna e o Meio Ambiente” em seu volume I é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à busca por alternativas e soluções que visem ampliar o aproveitamento de matéria-prima de origem vegetal que são tratados como resíduos e até passivos ambientais. Neste sentido, a incorporação de materiais lignocelulósicos (rico em fibras, vitaminas e outros nutrientes) como matéria-prima na composição de outros alimentos vem sendo cada vez mais investigado e aplicado tanto na nutrição animal quanto na humana. Além disso, a biomassa vegetal vem sendo estudada para: (i) produção de materiais e utensílios com propriedades semelhantes às encontradas em matérias-primas virgens provenientes de fontes não renováveis e que causam grandes impactos ao ambiente tanto em sua extração quanto no descarte após sua utilização; (ii) produção de combustíveis oriundos de fontes renováveis e que causam menor impacto ao meio ambiente; (iii) materiais com alta capacidade de remoção de poluentes presentes em diferentes matrizes aquosas e com enorme potencial para serem utilizados tanto em substituição quanto na complementação de etapas convencionais de tratamento de água e esgoto.

Neste contexto a busca por novos materiais; tecnologias que proporcionam maior rapidez, menor consumo de reagentes, reaproveitamento de materiais, solventes menos tóxicos e produzidos a partir de fontes renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço e se constituindo na chamada Química Verde.

No entanto, apesar de todos os esforços que vem sendo feitos nos diferentes setores da indústria, pesquisa e tecnologia na busca por processos ecologicamente mais corretos e sustentáveis, o estilo de vida da população fundamentado no consumo além da necessidade vem ocasionando inúmeros impactos ambientais tanto a biota aquática quanto aos diferentes ecossistemas do planeta Terra, tendo nos recursos hídricos o principal meio de propagação de substâncias provenientes de inúmeras fontes, em especial pelo sistema de saneamento básico e pela aplicação de pesticidas nas atividades agropecuárias.

Neste contexto, inúmeras técnicas de detecção e quantificação em escala traço (ng a $\mu\text{g L}^{-1}$) vem se destacando pela miniaturização ou capacidade de detectar e quantificar inúmeras classes de compostos (resíduos de fármacos, pesticidas, drogas ilícitas, hormônios, dentre outros) que se constituem em uma classe de substâncias na qual não se conhece os possíveis efeitos deletérios a médio e longo prazo para a saúde humana e do ambiente.

Com o intuito de colaborar tanto na divulgação quanto na disseminação de novos conhecimentos, a Atena Editora organiza e publica trabalhos de alta relevância, disponibilizando de forma gratuita em diferentes plataformas de busca e pesquisa.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

REAPROVEITAMENTO DAS CASCAS DE BANANA, LIMÃO E LARANJA NA PREPARAÇÃO DE PANQUECAS

Flávia Morais da Silva
Eliane de Fátima Souza
Vitoria Marques Cesar Leite

DOI 10.22533/at.ed.7832112041

CAPÍTULO 2..... 7

DESENVOLVIMENTO DE BIOFILME A PARTIR DO BAGAÇO DA LARANJA

Lucas Fernandes Domingues

DOI 10.22533/at.ed.7832112042

CAPÍTULO 3..... 16

ELABORAÇÃO DE UM IMPERMEABILIZANTE TÊXTIL À BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) COM PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS PROVENIENTES DO ÓLEO DA *MORINGA OLEIFERA*

Livia Mazuche Freire e Silva
Marcela Andrade Chagas
Maria Gabrielli Maciel Gonçalves
Mariana Ramos de Moraes
Ana Paula Ruas de Souza
Isabel Pereira

DOI 10.22533/at.ed.7832112044

CAPÍTULO 4..... 29

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO

Lucas Fernandes Domingues
Greice Queli Nardes Cruz
Idel Perpetua Castro
Isadora Aparecida Archioli
Lorena Cristina Lopes

DOI 10.22533/at.ed.7832112045

CAPÍTULO 5..... 37

QUALIDADE DO AR: MARCADORES DE PAPEL DE BIBLIOTECA

Thairine Lima dos Santos
Celeste Yara dos Santos Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.7832112046

CAPÍTULO 6..... 47

RESTRAINTS ANALYSIS FOR THE RENEWABLE ENERGY EXPANSION IN BRAZIL SENSITIVE BIOMES FROM THE IRP PERSPECTIVE

Ivo Leandro Dorileo

Leonardo G. de Vasconcelos

Mauro Donizeti Berni

DOI 10.22533/at.ed.7832112047

CAPÍTULO 7.....65

REAPROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DO POLIESTIRENO

Miriam Lucia Chiquetto Machado

Lucas Barreto Santos

Nilson Casimiro Pereira

DOI 10.22533/at.ed.7832112048

CAPÍTULO 8.....77

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADEQUAÇÃO DA SÍNTESE DO CICLOEXENO AO CONTEXTO DA QUÍMICA VERDE

Gabriely Golombieski

Marilei Casturina Mendes Sandri

Cássia Gonçalves Magalhães

DOI 10.22533/at.ed.7832112049

CAPÍTULO 9.....85

PRESENÇA DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL NO BRASIL: O “VENENO” LEGALIZADO E INGERIDO DE FORMA HOMEOPÁTICA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

DOI 10.22533/at.ed.78321120410

CAPÍTULO 10.....98

PRESENÇA DE COCAÍNA/CRACK, HORMÔNIOS E MICROPLÁSTICOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUÁTICAS NO BRASIL E TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

DOI 10.22533/at.ed.78321120411

CAPÍTULO 11.....110

CAFEÍNA, UM MARCADOR ANTROPOGÊNICO DE POLUIÇÃO AMBIENTAL – REVISÃO

Ismael Laurindo Costa Junior

Christiane Schineider Machado

Adelmo Lowe Plestch

Yohandra Reyes Torres

DOI 10.22533/at.ed.78321120412

CAPÍTULO 12.....132

IDENTIFICAÇÃO DO COMPOSTO TRICLOSAN EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR

Gabrielle Delfrate

Renato Itamar Duarte Fonseca

Elizabeth Weinhardt de Oliveira Scheffer

DOI 10.22533/at.ed.78321120413

CAPÍTULO 13..... 138

APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE β -(Ag₂MoO₄) NA DESCOLORAÇÃO DOS CORANTES ORGÂNICOS AZUL DE METILENO E RODAMINA B

Francisco Henrique Pereira Lopes
Luis Fernando Guimarães Noletto
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Amanda Carolina Soares Jucá
Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Marta Silva de Oliveira
Priscila Brandão de Sousa
Yáscara Lopes de Oliveira
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

DOI 10.22533/at.ed.78321120414

CAPÍTULO 14..... 153

MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS A POLUENTES EM ÁGUAS NATURAIS

Marciano Fabiano de Almeida
Ewerton Ferreira Cruz

DOI 10.22533/at.ed.78321120415

CAPÍTULO 15..... 167

ELECTROANALYTICAL DETECTION OF Cu²⁺, Fe²⁺ AND Zn²⁺ BY BORON DOPED DIAMOND ELECTRODE IN AMAZON BASIN

Neila de Almeida Braga
Lidiane Martins Moura Ferreira
Maurício Ribeiro Baldan
Neidenêi Gomes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.78321120416

CAPÍTULO 16..... 181

A STATISTICAL MULTIVARIATE APPROACH TO EVALUATE FLUORINE CONTENT IN BRAZILIAN TOOTHPASTES

Viviane Maria Schneider
Bryan Brummelhaus de Menezes
Lucas Mironuk Frescura
Sérgio Alexandre Gehrke
Marcelo Barcellos da Rosa

DOI 10.22533/at.ed.78321120417

CAPÍTULO 17..... 196

TÉCNICA DE FOTOCATÁLISE COMO FORMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO

Jéssica Torres dos Santos
Jéssica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda
Julia Kaiane Prates da Silva
Louise Hoss
Guilherme Pereira Schoeler

Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli
Josiane Pinheiro Farias
Vitória Sousa Ferreira
Maurizio Silveira Quadro
Robson Andreazza
Cicero Coelho de Escobar

DOI 10.22533/at.ed.78321120418

SOBRE O ORGANIZADOR.....	203
ÍNDICE REMISSIVO.....	204

CAPÍTULO 15

ELECTROANALYTICAL DETECTION OF Cu^{2+} , Fe^{2+} AND Zn^{2+} BY BORON DOPED DIAMOND ELECTRODE IN AMAZON BASIN

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 09/02/2021

Neila de Almeida Braga

Universidade Federal do Amazonas,
Departamento de Química
Manaus
Orcid: 0000-0002-3935-4936

Lidiane Martins Moura Ferreira

Universidade Federal Rural do Semi-árido,
Centro de Ciências Agrárias
Mossoró
<http://lattes.cnpq.br/0074391587319803>

Maurício Ribeiro Baldan

Instituto de Pesquisas Espaciais, Laboratório
Associado de Materiais e Sensores
São José dos Campos
<http://lattes.cnpq.br/7595333636841849>

Neidenêi Gomes Ferreira

Instituto de Pesquisas Espaciais, Laboratório
Associado de Materiais e Sensores
<http://lattes.cnpq.br/3273084621532688>

ABSTRACT: This work describes methodologies for detection of metals Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} that went electroanalytical measured by using anodic stripping voltammetric technique coupled with square wave voltammetry (ASV/SWV). Having been boron doped diamond (BDD) as the working electrode. The methodology developed for the detection of the metals has been produced through a voltammetric study parameters which

were optimized to obtain low values for the Limits of Detection (LD). With this purpose the main parameters found were: potential deposition (E_{dp}): -0.2 V for Cu^{2+} , -1.8 V for Zn^{2+} and 0.2 V for Fe^{2+} . These potentials were scheduled for a deposition time of 180 s. Frequency values were: 60 Hz; 70 Hz and 70Hz for Cu^{2+} , Zn^{2+} and Fe^{2+} , respectively. After parameters optimization, calibration curves were constructed for each metal and LD was calculated which resulted in 0.005; 0.16 and 0.12 ppm for Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} , respectively. The methodology was applied in water samples taken from three different points of the Amazon Basin called “Igarapé do Quarenta” located in the industrial district of Manaus-AM. The analysis showed good repeatability and low error when validated from the results obtained by atomic absorption spectroscopy (AAS).

KEYWORDS: BDD, Electroanalytical, Metals Detection, Water Treatment, Amazon Basin.

DETECÇÃO ELETROANALÍTICA DE Cu^{2+} , Fe^{2+} E Zn^{2+} COM ELETRODO DE DIAMANTE DOPADO COM BORO NA BACIA AMAZÔNICA

RESUMO: Este trabalho descreve metodologias eletroanalíticas para a detecção de metais Cu^{2+} , Fe^{2+} e Zn^{2+} utilizando a técnica da voltametria de redissolução anódica acoplada com voltametria de onda quadrada (VRA/VOQ). Tendo o diamante dopado com boro (DDB) como o eletrodo de trabalho. A metodologia desenvolvida para a detecção dos metais foi desenvolvida por meio do estudo dos parâmetros das técnicas voltamétricas, os quais foram otimizados para obtenção de baixos valores para os Limites de

Deteção (LD). Com este fim, os principais parâmetros encontrados foram: Potencial de deposição (Edp): -0,2 V para Cu^{2+} , -1,8 V para Zn^{2+} e 0,2 V para Fe^{2+} . Esses potenciais foram utilizados com um tempo de deposição de 180 s. Os valores de frequência foram: 60 Hz; 70 Hz e 70 Hz para Cu^{2+} , Zn^{2+} e Fe^{2+} , respectivamente. Após a otimização dos parâmetros, foram construídas curvas de calibração para cada metal e calculado o LD que resultou em 0,005; 0,16 e 0,12 ppm para Cu^{2+} , Zn^{2+} e Fe^{2+} , respectivamente. A metodologia foi aplicada em amostras de água colhidas de três pontos diferentes do Igarapé do Quarenta localizado na Bacia Amazônica, no distrito industrial de Manaus-AM. A análise mostrou boa repetibilidade e baixo erro quando validada a partir dos resultados obtidos pela espectroscopia de absorção atômica (EAA).

PALAVRAS-CHAVE: DDB, Eletroanalítica, Deteção de Metais, Tratamento de Águas, Bacia Amazônica.

1 | INTRODUCTION

Electroanalytical Techniques has been widely used in many knowledge areas as biological (PUNDIR & ZHANG, 2016; THAPLIYAL, et al., 2015; LU, et al., 2018), environmental (CAROLIN, et al., 2017; LE, BECHELANY & CRETIN, 2017), food (MALEKZAD, et al., 2017; ISAAC, et al., 2006), and inorganics (KEMPAHANUMAKKAGARI, et al., 2017; BERCHMANS, et al., 2012). The interest in electroanalysis arises by the fact such a technique provides exceptionally low detection limits. A significant feature is related to the fact of electroanalytical techniques establish direct relationships between the concentration of the analyte and any electrical property as: current, potential, conductivity, resistance, or charge.

For detecting metals, the Anodic Stripping Voltammetry (ASV) has stood out among the other voltammetric techniques because it includes a preconcentration step consisting of the deposition of the analyte on the surface of the electrode when subjected to a specific deposition potential. After the deposition, the electrochemical system is placed at rest and then the analyte is quantified through the obtained current in the metal stripping for the solution.

Some researchers have already performed works using the ASV. (ARMSTRONG, et al., 2010) conducted individual and simultaneous determination of lead, cadmium and zinc using the ASV. The limits of detection were 93, 54 and 396 ng.L^{-1} for Pb^{2+} , Cd^{2+} and Zn^{2+} respectively.

Copper analyses were performed by (NDLOV et al., 2012). The analysis involved a -500 mV deposition step under agitation followed by ASV coupled with Square Wave Voltammetry (ASV/SWV). After the optimization of electrochemical parameters the obtained detection limit was 94 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

(TRINDADE, et al., 2012) employed ASV to determine simultaneously Zn^{2+} , Pb^{2+} e Cd^{2+} on gasoline. The limits of detection were 0.24 $\mu\text{g.L}^{-1}$ for zinc, 8.58 $\mu\text{g.L}^{-1}$ for cadmium

and $0.13 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ for lead. A voltammetric study with ASV/SWV for detection of zinc was carried out by (LANGELOTH, et.al, 2010) where they obtained 5 ppb detection limits (LD).

(ASHRAFI & VYTRAS, 2012) have developed two new procedures to determine Cu^{2+} using ASV. In the first procedure was used a -1.2 V potential deposition during 120 s with 25 Hz frequency. It was obtained for this a method a detection limit of 1.45 ppb. In the second procedure, pyrocatechol was used as a chelating agent, being the same previous parameters used for ASV. The LD was 1.10 ppb. Both processes were verified in river water sample and gave comparable results to the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS).

It is notorious the relevance and effectiveness of the ASV for quantification of multiple analytes in different ways, however, consider only such factors, it is not enough to perform this procedure, you must take into consideration the used working electrode.

Boron doped diamond (BDD) electrodes has been featured in several research (VASCONCELOS, et al., 2016; GARCÍA-MONTOYA, et al. 2015; CHATTERJEE, et al. 2014; ZANIN, et al., 2014; ANDRADE, et al. 2014; Hopper, at al., 2014) due to advantages such as high corrosion resistance, wide working potential window, high chemical inertness, low dissolved oxygen sensitivity, residual current small and stable, reproducible electrochemical activity, and high electrical conductivity (YU, et. al, 2013). Among the existing working electrodes, the BDD is the less used for metal detecting with ASV technique what will be the subject of study in this paper.

2 | EXPERIMENTAL PROCEDURE

2.1 BDD Electrode

The working electrode used in this work was formed by a microcrystalline BDD film growth on a plate-shaped titanium (Ti) substrate by Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HFCVD) technique. The experimental conditions used for the BDD film deposition on such substrate were: substrate temperature (measured by a thermocouple inside the substrate) was $650 \text{ }^\circ\text{C}$, total pressure inside the reactor chamber of the 40 Torr and deposition time of 10 h. BDD films were obtained from a 1.0 vol. % H_2/CH_4 mixture and boron was added from an additional H_2 source forced to pass through a bubbler containing B_2O_3 (30000 ppm) dissolved in CH_3OH . For all experiments H_2 and $\text{B}_2\text{O}_3/\text{CH}_3\text{OH}/\text{H}_2$ flows were controlled to obtain the desired B/C ratio in CH_3OH .

2.2 Electrochemical Measurements

The electrochemical measurements were carried out using a three-electrode electrochemical cell being the Ag/AgCl ($3.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl solutions) the reference electrode, a network of Platinum semi-circular was used as counter electrode and BDD as the working electrode. Before each measurement, the solutions were previously deoxygenated

with gaseous N_2 for at least 180 s. The experiment was carried at room temperature. All measurements were performed in an AUTOLAB model PGSTAT 302N controlled by the NOVA software.

To find the better electroanalytical methodology for Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} metal detection on BDD surface, the experimental parameters of the ASV/SWV technique were studied. It is understood as ASV/SWV parameters variables (deposition potential, frequency, amplitude among others) that possibly will influence the current signal obtained during such tests. With this purpose each ASV/SWV parameter was varied taking as selection criterion of results the voltammetric profiles and current intensities of the peaks.

This study was performed using 1 mol.L^{-1} KCl solution as supporting electrolyte. This supporting electrolyte was chosen since it performed the more intensity current against 1 mol.L^{-1} CH_3COOH ; H_2SO_4 and H_3PO_4 solutions (result not shown) for the detection of the metals studied in this work. All solutions used were prepared with analytical grade reagents. Before each experiment the BDD electrode was electrochemically cleaned in 0.5 mol.L^{-1} H_2SO_4 solution by Cyclic Voltammetry (CV). The CV scanning potentials were scanned from -2 V up to 2 V for 30 minutes in a scan rate of 100 mV.s^{-1} .

After this study, the better ASV/SWV parameters were used to produce analytical curves (by the standard addition method) of Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} metal ions to apply the electroanalytical methodology for detection of these metal ions in real samples.

2.3 Water Sampling and Analysis

Fresh water samples were collected at three different points of the “Igarapé do Quarenta”, at the Amazon Basin, with the following Cartesian Coordinates: Point 1: $3^{\circ}06'58.92''S$ and $59^{\circ}58'29.91''O$; Point 2: $3^{\circ}07'09.23''S$ and $59^{\circ}58'43.18''O$; Point 3: $3^{\circ}07'00.58''S$ and $59^{\circ}58'27.87''O$. Such samples were collected in previously clean, sterile plastic bottles with 10% HNO_3 solution and stored in the refrigerator for a maximum of seven days.

After sampling the Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} metal ions concentrations were electrochemically determined by the optimized electroanalytical methodology. The results obtained for the real samples with the ASV/SWV method, have been validated by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) in a Perkin Elmer equipment model SIMAA 6000. Before the AAS analyse the samples were treated by acid digestion process. For such procedure, 5 mL of concentrated and distilled HNO_3 were inserted into 45 mL of water samples individually. Subsequently the samples were placed in the microwave oven MARS model SW846-3015 for 1 h.

The results obtained for metals ions concentrations by AAS and ASV/SWV methodologies were compared and analysed statistically from the respective means and standard deviations.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Study of the Electroanalytical Parameters of the ASV/SWV

The effect of deposition potential applied during ASV/SWV analysis for Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} metal ions was studied. For each metal ion the appropriated range of deposition potential were analysed. All measurements were carried out in standard 1 mmol.L^{-1} metal solution in 1 mol.L^{-1} KCl as the supporting electrolyte. The deposition time used was 180 s. Results are presented in Fig. 1.

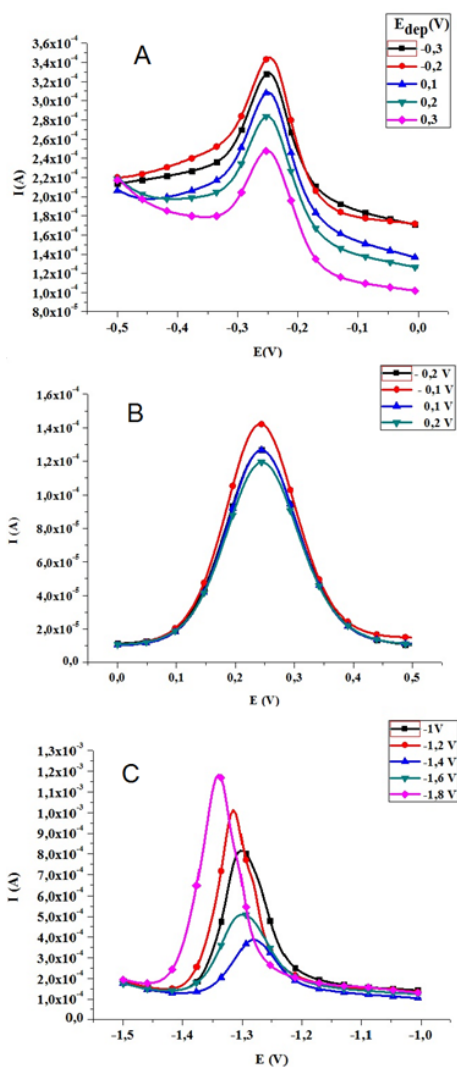


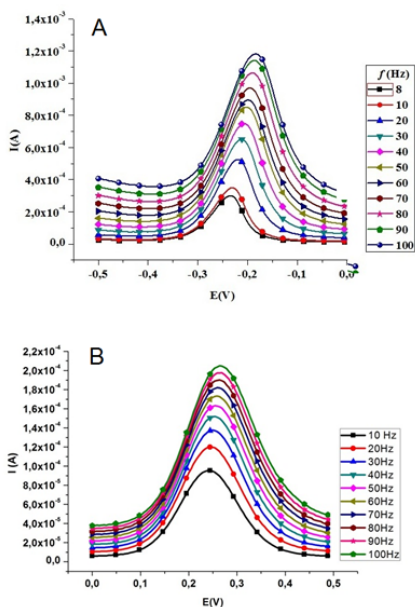
Figure 1: Relationship between deposition potential and peak current obtained in standard 1 mmol.L^{-1} metals ions solution in KCl 1 mol.L^{-1} for Cu^{2+} (A), Fe^{2+} (B) and Zn^{2+} (C).

From the analysis of the voltammograms in Fig. 1A, the best voltammetric profile and current signal for Cu^{2+} was obtained with deposition potential of -0.2 V, which shows that the analyte reduces to a greater extent in this potential. (ASHRAFI & VYTRAS, 2012) has developed a new procedure for the determination of copper in water by ASV/SWV using carbon paste electrode coated with an antimony film. In that work they found deposition potential of -0.5 V, which is close from the values found in our work.

Figure 1B shows the study of deposition potential for Fe^{2+} that was carried out by varying this potential in the range of -0.2 up to 0.2 V in 1 mmol.L⁻¹ Fe^{2+} solution in 1 mol.L⁻¹ KCl. The better voltammetric profile was observed in -0.1 V, where it was registered the highest intensity of current.

The study of the deposition potential for Zn^{2+} was conducted varying the deposition potential in the range of -1.8 up to -1.0 V in 1 mmol.L⁻¹ Zn^{2+} standard solution in 1 mol.L⁻¹ KCl. The analysis in Fig. 1C allows inferring that the potential of deposition -1.8 V has the best current and best voltammetric profile. (LANGELOTH, et.al, 2010) used BDD to determine zinc by ASV/SWV in ammonia buffer solution. The authors used $E_{\text{dep}} = -1.4$ V. Therefore, to the same analyte deposition potential can vary according to the used electrode or array, however, these values are approximate. It is clear at this point the electrode material influence on the electroanalytical parameters. This justifies the study on BDD electrode parameters.

The effect of the frequency was studied for each metal, in the range of 8 up to 100 Hz. The deposition potential used were: E_{dep} (Cu) = -0.2 V, E_{dep} (Zn) = -1.8 V and E_{dep} (Fe) = -0.1 V. The results obtained are shown in Fig. 2.



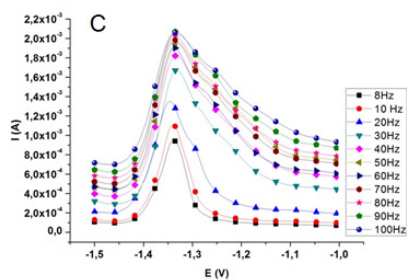


Figure 2: Relationship between frequency and the peak current obtained in standard 1 mmol.L⁻¹ metals ions solution in in KCl 1 mol.L⁻¹ for Cu²⁺ (A), Fe²⁺ (B) and Zn²⁺ (C).

As can be seen in Figure 2A, the voltammograms obtained by ASV/SWV for Cu²⁺ as a function of frequency variation demonstrate that with the increase in the value of the frequency, there is a proportional increase in peak current and the potential displacement to less negative peak. However, frequencies above 90 Hz did not significantly influence the signal strength.

The increased frequency is associated with potential sweeps occurring at higher speeds, this fact can be harmful for analysis, because the peak displacement can undermine the selectivity of the method. Similar fact was noted by (YAMADA, et al., 2008) during a voltammetric study of inorganic species of As³⁺ and As⁵⁺ where scan speeds affected the species stripping. The author noted that the arsenic deposited on the electrode surface was not completely oxidized causing distortion in the form of peak current.

From the aforementioned considerations 60 Hz it was chosen as working frequency for analysis of Cu²⁺ ions as frequencies above this value provides the offset of the current peaks to less negative potentials. The same considerations were considering choosing the ideal frequencies for Fe²⁺ and Zn²⁺ metal ions (Fig. 2B and 2C, respectively) detection. The ideal frequency 70 Hz was found for both metal ions. Values above this have not shown significant power increases.

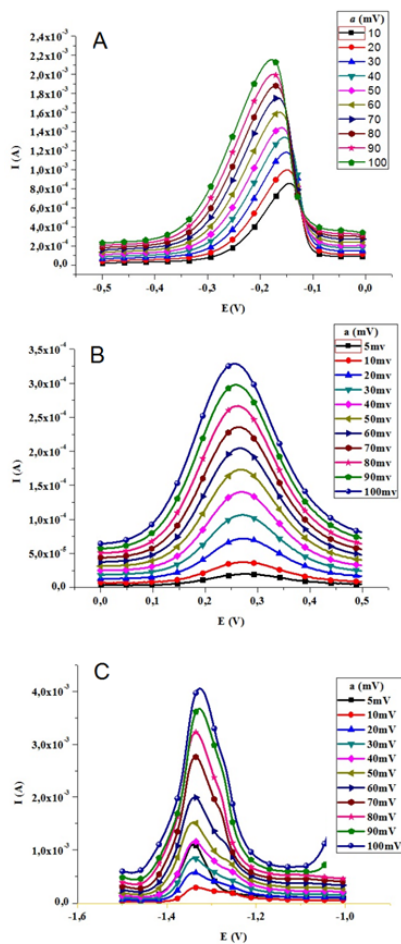


Figure 3: Dependence of the peak current with the amplitude for Cu^{2+} (A), Fe^{2+} (B) and Zn^{2+} (C) 1 mmol.L^{-1} in $\text{KCl } 1 \text{ mol.L}^{-1}$ solutions.

The last parameter to be optimized has been the amplitude, which was varied in the range of 10 up to 100 mV. The potential of deposition used were: $E_{\text{dep}}(\text{Cu}^{2+}) = -0.2 \text{ V}$, $E_{\text{dep}}(\text{Fe}^{2+}) = -0.1 \text{ V}$ and $E_{\text{dep}}(\text{Zn}^{2+}) = -1.8 \text{ V}$. The time of deposition was 180s, $t_{\text{eq}} = 60 \text{ s}$, $f(\text{Cu}^{2+}) = 60 \text{ Hz}$ and $f(\text{Fe}^{2+} \text{ and } \text{Zn}^{2+}) = 70 \text{ Hz}$.

In Figure 3 is shown the square wave voltammograms of 1 mmol.L^{-1} solutions of Cu^{2+} (Fig. 3A), Fe^{2+} (Fig. 3B) and Zn^{2+} (Fig. 3C), respectively for different values of amplitude. It is observed that amplitude increase provides the linear increase in peak current. It was selected to use 70, 80 and 90 mV for (Cu^{2+}), (Fe^{2+}) and (Zn^{2+}) respectively in the subsequent experiments.

The set of the best parameters resulted in electroanalysis methodology used for the construction of analytical curves as well as the detection of metals (Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+}) in

real samples. Table 1 summarizes the voltammetric parameters used in the methodology developed.

Electroanalytical Parameters	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Zn ²⁺
Deposition Potential (E_{dep}) (V)	-0.2	0.2	-1.8
Deposition Time (t_{dep}) (s)	180	180	180
Equilibrium Time (t_{eq}) (s)	60	60	60
Frequency (f) (Hz)	60	70	70
Amplitude (a) (mV)	70	90	80

Table 1: parameters of the ASV/SWV used for detection of Cu²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺ ions in the water samples of the “Igarapé do Quarenta” of the Amazon Basin.

3.2 Analytical curves and detections of Cu²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺ in real samples by AAS and ASV/SWV

After collection, samples of water were subjected to analysis of Cu²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺ by AAS with graphite furnace. Previously, the samples underwent acid digestion and filtration process. The results obtained by AAS are given in Table 2.

Sample	[Cu ²⁺] (ppm)	[Fe ²⁺] (ppm)	[Zn ²⁺] (ppm)
Point 1	4.75 ± 0.15	1.16 ± 0.01	0.78 ± 0.02
Point 2	4.77 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.71 ± 0.01
Point 3	3.13 ± 0.02	1.62 ± 0.02	0.74 ± 0.01

Table 2: Results of analysis of samples of water from the “Igarapé do Quarenta” by Atomic Absorption Spectroscopy.

After the obtainment of the best electroanalytical parameters, analytical curves of each metal (Figure 4 insets) were built, by the method of standard addition by adding aliquots of 100 μL of the solution of metal 1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ in 50 mL of 1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl solution. Figure 4 inserts (A: for Cu²⁺, B: for Fe²⁺ and C: for Zn²⁺) shows that the peak current has increased proportionately with the increase in concentrations of each metal. By these analytic curves and considering the equations (1) and (2), the limits of detection (LD) and quantification (LQ) were calculated.

$$\text{LD} = 3\text{Sb/B (1)}$$

$$\text{LQ} = 10\text{Sb/B (2)}$$

The LD and LQ values obtained for Cu²⁺ in the concentration range studied were 0.005 ppm and 0.017 ppm respectively. (ASHRAFI & VYTRAS, 2012) obtained a limit of

detection for Cu^{2+} of 0.001 ppm also using ASV/SWV but used a carbon paste electrode coated with film of antimony. (NDLOV et al., 2012) performed copper analysis by ASV/SWV and found detection limit 0.094 ppm using exfoliated graphite electrode modified with cobalt oxide. There is no works in the literature on the detection of Cu^{2+} in water using DDB by ASV/SWV. The Brazilian National Council of the Environment (CONAMA) states that the limit of acceptable Cu^{2+} in drinking water is 0.009 ppm.

Lines for the analytical curves of Fe^{2+} and Zn^{2+} are shown in Figures 4 B and 4C inserts, respectively. The LD and LQ found for Fe^{2+} were 0.16 ppm and 0.53 ppm, respectively and for Zn^{2+} 0.12 ppm and 0.4 ppm respectively. CONAMA's requirement establishes the threshold for these metal ions of 0.3 ppm for Fe^{2+} and 0.18 ppm for Zn^{2+} in water. Therefore, the LD and LQ in the methodology developed covers satisfactorily the requirements of CONAMA.

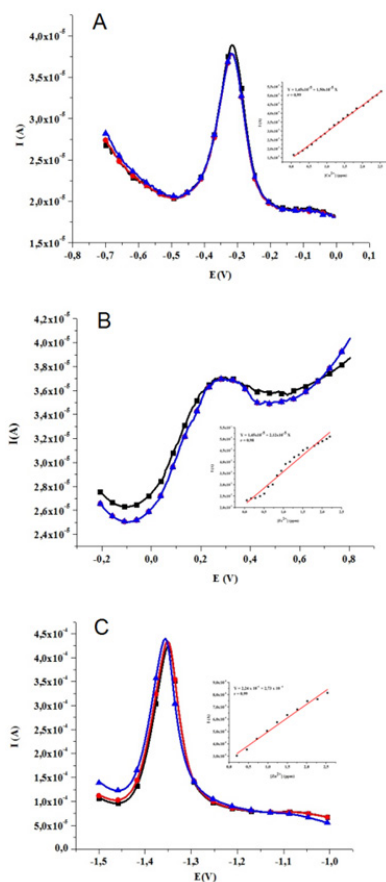


Figure 4: current signals found for metals analysis in real water samples triplicates in the Igarapé do Quarenta: (A) Cu^{2+} , (B) Fe^{2+} and (C) Zn^{2+} . Insets: analytical curves obtained for standards: Cu^{2+} solution (A) in KCl 1 mol.L⁻¹, $E_{\text{dep}} = -0.2$ V, deposition time = 180 s, $t_{\text{eq}} = 60$ s, $f = 60$ Hz, $a = 70$ mv; Fe^{2+} solution (B) KCl 1 mol.L⁻¹, $E_{\text{dep}} = 0.2$ V, deposition time = 180 s, $t_{\text{eq}} = 60$ s, $f = 70$ Hz, $a = 90$ mv and Zn^{2+} solution (C) in KCl 1 mol.L⁻¹, $E_{\text{dep}} = -1.8$ V, deposition time = 180 s, $t_{\text{eq}} = 60$ s, $f = 70$ Hz, $a = 80$ mv.

The results of the measurements for ASV/SWV are demonstrated in Figure 4 which records the current signals obtained in triplicate on water sample collected in point 1 of the "Igarapé do Quarenta". As can be seen in this Figure 4A, the current signs showed values whose arithmetic mean was $3,82 \times 10^{-5}$ A. To apply such value in the equation of the line found for Cu^{2+} (Figure 4a insert) it is an established fact that such matches current value 1.58 ppm, but worth pointing out that such samples were diluted by a factor of 3X, because the high concentration of this metal in the sample was outside the points of analytical curve built for Cu^{2+} .

In this way, the concentration found to Cu^{2+} in point 1 was 4.74 ppm. AAS value found was 4.75 ppm. The measure carried out by ASV/SWV had a percentage error 0.21% from the value measured by atomic absorption is a technique quite widespread on metal detecting.

Figure 4B shows the analysis of Fe^{2+} ions sample in this same spot. By applying the equation of the line built the corresponding value for the concentration of such Fe^{2+} ions were 1.10 ppm. As shown in Table 3 the value found for this metal by atomic absorption was 1.16 ppm resulting in a 5.2% percentage error. Following this procedure, the Figure 4C shows the analysis for Zn^{2+} ions sample by ASV/SWV at the point 1 found 0.77 ppm for this metal ion. By AAS it was found 0.78 ppm. The founded error was 1.3%. The results of the analysis for the remaining points are found in Table 3.

Sample	[Cu ²⁺] (ppm)	[Fe ²⁺] (ppm)	[Zn ²⁺] (ppm)
	AAS ASV/SWV	AAS ASV/SWV	AAS ASV/SWV
Point 1	4.77 4.74 Error % = 0.63	0.62 0.61 Error % = 1.61	0.71 0.72 Error % = 1.40
Point 2	3.13 3.03 Error % = 3.20	1,62 1,60 Error % = 1,23	0,74 0,73 Error % = 1,35
Point 3	4.75 4.74 Error % = 0.21	1.16 1.10 Error % = 5.17	0.78 0.77 Error % = 1.28

Table 3: Comparison between the results of the analyses of Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} by ASV/SWV and AAS of the water samples of the "Igarapé do Quarenta" in Amazon Basin.

The repeatability was a studied at point 1 of sample collection. The analysis was carried out from eight successive oxidation current measures with the electrode immersed in the solution, the voltammograms for Cu^{2+} ion solution can be seen in Figure 5.

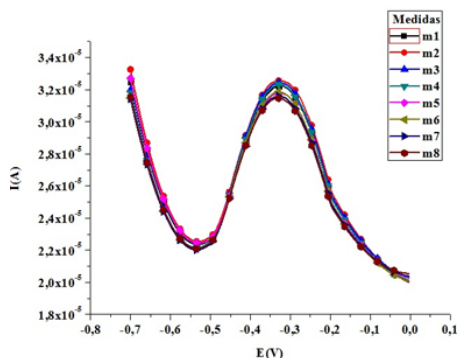


Figure 5: Repeatability test performed in water sample in the “Igarapé do Quarenta” Amazon Basin. in KCl 1 mol.L⁻¹. $E_{\text{dep}} = -0,2 \text{ V}$, $t_{\text{dep}} = 180 \text{ s}$, $t_{\text{eq}} = 60 \text{ s}$, $f = 60 \text{ Hz}$, $a = 70 \text{ mv}$.

As you can verify in Table 3, was found a variation of $3.20 \times 10^{-5} \pm 0.02$ with relative standard deviation (RSD) of $2.36 \times 10^{-3} \%$. There was a slight variation on the values of the potential; however, it did not compromise the definition and resolution of the peaks.

4 | CONCLUSIONS

The analysis of the results allows to conclude that the use of ASV/SWV with DDB as working electrode, is a promising alternative for detecting Cu^{2+} , Fe^{2+} and Zn^{2+} in water. This electroanalytical methodology provides low detection limits and acceptable analytical errors when compared with the technique of AAS.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank CNPq (Process No. 458717/2014-2) and FAPEAM (Process No. 062.00651/2015 and 062.00667/2015) for financial support.

REFERENCES

- ANDRADE, H.D.; OTHMAN, M.Z.; O'DONNELL, K.M.; LAY, J.H.; MAY, P.W.; FOX, N.A.; MORIN, J.; RENAULT, O. **Use of energyfiltered photoelectron emission microscopy and kelvin probe force microscopy to visualise work function changes on diamond thin films terminated with oxygen and lithium mono-layers for thermionic energy conversion.** International Journal of Nanotechnology, v. 11, p. 796-807, 2014.
- ARMSTRONG, K.C.; TATUM, C.E.; DANSBY-SPARKS, R.N.; CHAMBERS, J.Q.; XUE, Z. **Individual and simultaneous determination of lead, cadmium, and zinc by anodic stripping voltammetry at a bismuth bulk electrode.** Talanta, v. 82, p. 675–80, 2010.
- ASHRAFI, A.M.; VYTRAS, K. **New procedures for voltammetric determination of copper (II) using antimony film-coated carbon paste electrodes.** Electrochimica Acta, v. 73, p. 112–117, 2012.

- BERCHMANS, S.; ISSA, T.B.; SINGH, PRITAM. **Determination of inorganic phosphate by electroanalytical methods: A review.** *Analytica Chimica Acta*, v. 729, p. 7-20, 2012.
- CAROLIN, C.F.; KUMAR, P.S.; SARAVANAN, A.; JOSHIBA, G.J.; NAUSHAD, M. **Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review.** *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, p. 2782-2799, 2017.
- CHATTERJEE, V.; HARNIMAN, R.; MAY, P.W.; BARHAI, P.K. **Direct observation of electron emission from the grain boundaries of chemical vapour deposition diamond films by tunneling atomic force microscopy.** *Applied Physics Letters*, v. 104, p. 171907-12, 2014.
- GARCÍA-MONTOYA, M.F.; GUTIÉRREZ-GRANADOS, S.; ALATORRE-ORDAZ, A.; GALINDO, R.; PERALTA-HERNÁNDEZ, J.M. **Application of electrochemical/BDD process for the treatment wastewater effluents containing pharmaceutical compounds.** *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 31, p. 238-243, 2015.
- HOPPER, A.; DUGAN, J.; GILL, A.; FOX, O.J.; MAY, P.W.; CLAEYSSSENS, F. **Amine functionalized nanodiamond promotes cellular adhesion, proliferation and neurite outgrowth.** *Biomedical Materials*, v. 9, p. 045009-20, 2014.
- ISAAC, A.; DAVIS, J.; LIVINGSTONE, C.; WAIN, A.J.; COMPTON, R.G. **Electroanalytical methods for the determination of sulfite in food and beverages.** *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 25, p. 589-598, 2006.
- KEMPAHANUMAKKAGARI, S.; DEEP, A.; KIM, K.; KAILASA, S.K.; YOON, H. **Nanomaterial-based electrochemical sensors for arsenic - A review.** *Biosensors and Bioelectronics*, v. 95, p. 106-116, 2017.
- LANGELOTH, M.; CHIKU, M.; EINAGA, Y. **Anodic stripping voltammetry of zinc at boron-doped diamond electrodes in ammonia buffer solution.** *Electrochimica Acta*, v. 55, p. 2824-2828, 2010.
- LE, T.X.H.; BECHELANY, M.; CRETIN, M. **Carbon felt based-electrodes for energy and environmental applications: A review.** *Carbon*, v. 122, p. 564-591, 2017.
- LU, Y.; LIANG, X.; NIYUNGEKO, C.; ZHOU, J.; TIAN, G. **A review of the identification and detection of heavy metal ions in the environment by voltammetry.** *Talanta*, v. 178, p. 324-338, 2018.
- MALEKZAD, H.; JOUYBAN, A.; HASANZADEH, M.; SHADJOU, N.; DE LA GUARDIA, M. **Ensuring food safety using aptamer based assays: Electroanalytical approach.** *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 94, p. 77-94, 2017.
- NDLOV T.; AROTIBA, O.A.; SAMPATH, S.; KRAUSE, R.W.; MAMBA, B.B. **Electroanalysis of copper as a heavy metal pollutant in water using cobalt oxide modified exfoliated graphite electrode.** *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 50-52, p. 127-131, 2012.
- PUNDIR, C.S.; NARWAL, V. **Biosensing methods for determination of triglycerides: A review.** *Biosensors and Bioelectronics*, v. 100, p. 214-227, 2018.
- THAPLIYAL, N.; PATEL, H.; KARPOORMATH, R.; GOYAL, R.N.; PATEL, R. **A categorical review on electroanalytical determination of non-narcotic over-the-counter abused antitussive drugs.** *Talanta*, v. 142, p. 157-163, 2015.

TRINDADE, J.M.; MARTINIANO, L.C.; GONÇALVES, V.R.A.; SOUZA, A.G.; MARQUES, A.L.B.; BAUGIS, G.L.; FONSECA, T.C.O. **Anodic stripping voltammetry coupled with design of experiments for simultaneous determination of Zn²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, and Cd²⁺ in gasoline.** Fuel, v. 91, p. 26–32, 2012.

VASCONCELOS, V.M.; MIGLIORINI, F.L.; STETER, J.R.; BALDAN, M.R.; LANZA, M.R.V. **Electrochemical oxidation of RB-19 dye using a highly BDD/Ti: Proposed pathway and toxicity.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 4, p. 3900-3909, 2016.

YAMADA, D.; IVANDINI, T.A.; KOMATSU, M.; FUJISHIMA, A.; EINAGA, Y. **Anodic stripping voltammetry of inorganic species of As³⁺ and As⁵⁺ at gold-modified boron doped diamond electrodes.** Journal of Electroanalytical Chemistry, v. 615, p.145–153, 2008.

YU, Z.; WANG, J.; WEI, Q.; MENG, L.; HAO, S.; LONG, F. **Preparation, characterization and electrochemical properties of boron-doped diamond films on Nb substrates.** Transactions of Nonferrous Metals Society of China, v. 23, p. 1334-1341, 2013.

ZANIN, H.; MAY, P.W.; SAITO, E.; MACHADO, J.P.B.; MARTINS, G.; TRAVA-AIROLDI, V.J.; CORAT, E.J. **Effect of multi-walled carbon nanotubes incorporation on the structure, optical and electrochemical properties of diamond-like carbon thin films.** Journal of Electrochemical Society, v. 161, p. H290-H295, 2014.

ZHANG, Y.; WEI, Q. **The role of nanomaterials in electroanalytical biosensors: A mini review.** Journal of Electroanalytical Chemistry, v. 781, p. 401-409, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agrotóxicos 99, 100, 102, 108, 109, 172, 176

Água 2, 7, 11, 16, 18, 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 97, 101, 102, 103, 109, 111, 113, 114, 115, 121, 125, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 144, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 161, 165, 166, 175, 176, 180, 209, 211, 212, 213

Águas superficiais 43, 113, 114, 115, 118, 122, 132, 133, 134, 135, 137, 144, 165, 170, 174, 212

Amostras ambientais 166, 170, 171

Analito 133, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 174

Antimicrobiana 28, 29, 30, 31, 33, 38, 39, 144

Atividades antrópicas 110

B

Bactérias 9, 31, 32, 35, 37, 50, 118, 119, 124, 131, 152

Bioacumulação 145

Biodegradabilidade 131, 209

Biofilme 7, 8, 11, 12, 13, 14, 119

Biomarcadores 124, 128, 134, 136

Biomassa 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 48, 213

Biota aquática 111, 114, 118, 119

C

Carvão 18, 23, 24, 27, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 80

Catalisadores 150, 159

Celulose 8, 16, 18, 20, 21, 22, 40, 44, 49, 50, 53, 54

Compartimentos aquáticos 101, 102, 110, 112, 117

Compostos orgânicos 1, 40, 49, 51, 52, 56, 88, 124, 152, 213

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 166

Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) 110, 111, 215

Corantes 80, 81, 111, 124, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 169, 174, 211

Cromatografia Gasosa (GC) 49, 136, 172, 175, 176

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) 136, 173, 175

D

Degradação 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 92, 105, 115, 118, 122, 127, 130, 131, 132, 137, 152, 153, 161, 162, 163, 164, 210, 211, 212, 213

Desregulação endócrina 110, 117, 166

Drogas ilícitas 110, 113, 114, 119

E

Ecosistemas 97, 110, 111, 114, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 125, 128, 130, 131, 132, 136, 212

Ecotoxicidade 212

Efeitos deletérios 110, 115, 117

Efluentes industriais 150, 152, 208, 209, 211, 213

Energia renovável 17, 23, 25

Esgoto 115, 116, 122, 124, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 144, 145, 212, 215

Estação de tratamento de esgoto 116, 144, 215

F

Fármacos 111, 122, 124, 128, 130, 133, 135, 136, 137, 213

Fotoativação 161, 162

Fotocatalisador 211, 212

Fotocatálise heterogênea 150, 162, 208, 210

Fungos 31, 32, 37, 50, 213

H

Hemicelulose 16, 18, 20, 21, 22, 44

Hormônios 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

I

Impacto ambiental 31, 77, 91, 212

L

Lignina 16, 18, 19, 20, 21, 49, 50, 53, 54, 55

Limite de detecção 134, 170

luz solar 212

luz ultravioleta 212

M

Meio ambiente 6, 8, 32, 38, 47, 77, 79, 87, 90, 99, 100, 105, 119, 122, 123, 125, 128, 131,

132, 145, 149, 165, 166, 167, 176, 209, 212

Metais 42, 80, 111, 165, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 179, 180, 212, 213, 215

Métodos analíticos 165, 166, 167, 168, 173, 175

Métodos eletroquímicos 173

Micro-organismos 40

Microplásticos 110, 112, 113, 117, 118, 119

Micropoluentes 122, 127, 128, 130, 133, 135, 136, 144

O

Óxidos metálicos 150, 153

P

Pesticidas 42, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 165, 166, 168, 169, 172, 174

Poliestireno 28, 30, 32, 39, 40, 77, 78, 118, 119

Polímero 7, 10, 32, 77, 79

Poluentes 22, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 110, 117, 118, 119, 122, 124, 128, 144, 152, 159, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 210

Processos convencionais de tratamento 115, 210

Processos oxidativos avançados 150, 152, 208, 209, 213, 215

Q

Química 7, 14, 16, 17, 18, 21, 25, 26, 28, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 46, 48, 49, 57, 80, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 110, 113, 118, 123, 125, 126, 145, 149, 162, 163, 164, 173, 174, 176, 177, 179, 208, 210, 212, 213, 215

Química orgânica 90, 96

Química verde 7, 89, 90, 91, 92, 96

R

Radical hidroxila 153

Reaproveitamento 1, 2, 5, 7, 41, 44, 77

Reciclagem 32, 36, 37, 77, 79, 87, 88

Recursos hídricos 102, 103, 121, 163, 165, 166, 208, 209

Resíduos 1, 3, 4, 7, 8, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 42, 43, 44, 47, 77, 78, 79, 81, 88, 90, 92, 105, 106, 117, 118, 123, 152, 212, 213

Reutilização 7, 32, 39, 79, 215

S

Sistema endócrino 99, 112, 113, 115, 116

Sistemas aquáticos 118

Substâncias tóxicas 90

T

Toxicidade aguda 110, 114

Toxicidade crônica 166

Tratamento biológico 178

Tratamento de água 33, 41, 43, 44, 47, 48, 115, 144

Tratamento de efluentes 47, 150, 208, 209, 210, 211, 213



Química:

Debate entre a Vida Moderna
e o Meio Ambiente

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Química:

Debate entre a Vida Moderna
e o Meio Ambiente

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br