

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª 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



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



O ensino e a pesquisa em química 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 3 / 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 978-65-5983-761-8
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.618210612>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

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



Atena
Editora
Ano 2021

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química 3” é constituído por quinze capítulos que foram organizados em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* ensino de química: processos formativos e a importância de atividades experimentais contextualizadas; *ii)* preparo de materiais metálicos e síntese aplicada ao desenvolvimento de materiais, substâncias com propriedades biológicas e bicomustíveis e; *iii)* avaliação e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

O primeiro tema é composto por sete capítulos de livro que procuraram investigar a importância do aprendizado de conceitos técnico-científicos e de atividades experimentais para o melhor aprendizado do estudante do ensino médio na área de química. O desenvolvimento de atividades de extensão voltado para o contexto social possibilitou um maior aprendizado da química por intermédio da interdisciplinaridade com outras áreas da ciência e o desenvolvimento de uma consciência ambiental, a princípio, dentro do contexto escolar e que poderá ser disseminado por toda a sociedade a fim de se atingir uma maior conscientização coletiva, proporcionando a mudança em ações e atitudes que levam a consequências negativas para o meio ambiente e retorna a espécie humana com inúmeras consequências negativas.

A segunda temática é composta por cinco capítulos que apresentaram estudos voltados para o preparo de barras utilizando a técnica de Extração por sorção em barra de agitação (SBSE), visando aumentar a inércia química e, conseqüentemente, reduzir o processo de corrosão metálica e aumentando a vida útil deste material. Os outros quatro capítulos apresentaram processos de reação de síntese com o intuito de produzir nanomateriais enriquecidos com biomassa de origem vegetal; produção de quinolina para combater a Leishmaniose que é uma doença parasitária muito presente em países tropicais como o Brasil; a síntese da 2-metilariquinonas com elevada propriedades biológicas que podem vir a ser utilizadas na química medicinal. Por fim a reação de síntese e avaliação de um eletrocatalisador com um enorme potencial para ser utilizado em células de combustíveis para aplicação na produção de bioetanol.

O terceiro e último tema é composto por três capítulos de livro com estudos que procuraram avaliar a degradação de biodiesel utilizando processos em condições anaeróbicas; a distribuição de gás metano presente no sedimento da superfície do Lago Paranoá em Brasília. Por último, um estudo realizado e coordenado por pesquisadores da Universidade de Brasília, que objetiva a possibilidade de monitorar o uso de drogas ilícitas por meio da excreção de usuários na rede de esgoto domiciliar.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES DE ARRHENIUS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO NOS ESTADOS DO ACRE E AMAZONAS

Leandro Junior Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106121>

CAPÍTULO 2..... 12

A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: VIDEOAULAS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTAS NO ENSINO REMOTO

Osvaldo Pacheco Freitas

Ludimila Barbosa dos Santos

Jéssica Del Nero

Deise Ane Oliveira Silva

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106122>

CAPÍTULO 3..... 26

A INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEÚDO DE OXIRREDUÇÃO PARA O 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Fernanda Meneses Amaral

Maria Sorileide Costa Teixeira

Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho

Antônia Flávia Silva Magalhães

Maria Tamires Cordeiro Pereira

Maria Fabiana Araujo da Silva

Ana Kerly Oliveira de Brito

Patrícia Teixeira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106123>

CAPÍTULO 4..... 42

FABRICAÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO E ARTESANAL NO ALTO SERTÃO PARAIBANO: CONSCIÊNCIA AMBIENTAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA

José Manuel Amancio da Silva

Francisco Ferreira Batista

Lucas Ferreira Batista

Maíre Gomes de Meneses

José Iran Filho

Éricka Anulina Cunha de Oliveira

Pedro Nogueira da Silva Neto

Polyana de Brito Januário

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106124>

CAPÍTULO 5.....53

RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM COLÉGIO DA REDE ESTADUAL NA CIDADE DE PEDRO II- PIAUÍ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Fernanda Meneses Amaral
Maria Sorileide Costa Teixeira
Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho
Renata da Silva Carneiro
João Breno Barros da Silva
Larissa Viana Souza
Ana Karina Borges Costa
Hisley Feitosa Meneses
Aline Maria da Silva Duarte
Heloisa de Sousa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106125>

CAPÍTULO 6.....61

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PIGMENTOS RUPESTRES DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE INHUMA (PIAUÍ) POR MEIO DA ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X PORTÁTIL ALIADA A TRATAMENTO QUIMIOMÉTRICO

Jacira Izidório de Moura
Maria Conceição S. M. Lage
Benedito Batista Farias Filho
Wilkins Oliveira de Barros
Anna Luiza Bizerra de Brito
Luanne Miranda Lustosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106126>

CAPÍTULO 7.....78

A IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO/LETRAMENTO CIENTÍFICO EM QUÍMICA PARA ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA, CURSOS DE LICENCIATURA E PROFESSORES EM FORMAÇÃO CONTINUADA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Anelise dos Santos Mendonça Soares
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106127>

CAPÍTULO 8.....91

PREPARO DE BARRAS PARA SBSE SOBRE SUBSTRATO METÁLICO MAGNETIZÁVEL DE ALTA INÉRCIA

José Carlos Rodrigues
Fernanda Maria Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106128>

CAPÍTULO 9.....107

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO REDUZIDAS COM CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum* L.)

Rafaela Spessemille Valotto

Wanderson Juvencio Keijok
Marco Cesar Cunegundes Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106129>

CAPÍTULO 10..... 117

SÍNTESES DE ANALOGOS QUINOLÍNICOS CON ACTIVIDAD LEISHMANICIDA *IN VITRO*
SOBRE *Leishmania (Viannia) panamensis*

Gilmar Gabriel Santafé Patiño

Fernis José Marin Severiche

Sara María Robledo Restrepo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061210>

CAPÍTULO 11 132

SÍNTESE DE 2-METOXIARIL ALQUINONAS E AVALIAÇÃO DE SUA REATIVIDADE EM
REAÇÃO DE CICLIZAÇÃO ELETROFÍLICA

Angélica Ribeiro Claus

Daniela Aline Barancelli

Estela dos Reis Crespan

Letícia Ledo Marciniuk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061211>

CAPÍTULO 12..... 143

SÍNTESES Y EVALUACIÓN DEL ELECTROCATALIZADOR $Pt/Al_2O_3/C$ PARA SU FUTURA
APLICACIÓN EN CELDAS DE COMBUSTIBLE DE BIO-ETANOL DIRECTO

Nallely Téllez Méndez

Sergio Alberto Gamboa Sánchez

Laura Alicia Paniagua Solar

José Fermi Guerrero Castellanos

Enrique de la Fuente Morales

Beatriz Eugenia Graniel García

Jorge Cotzomi Paleta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061212>

CAPÍTULO 13..... 154

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE BIODIESEL EM PROCESSO ANAERÓBIO

Marina Sayuri Kashiwabara

Patrícia Angélica Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061213>

CAPÍTULO 14..... 167

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METANO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO LAGO
PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

Valéria Regina Bellotto

Fernanda Vasconcelos de Almeida

Nickolas Valcarcel da Silva

Thiago Bezerra Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061214>

CAPÍTULO 15..... 178

EPIDEMIOLOGIA BASEADA NO ESGOTO PARA ESTIMAR O USO DE DROGAS:
CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA ANALÍTICA PARA A SOCIEDADE

Fernando Fabriz Sodré

Rafael Silva Feitosa

Alex de Sene Corado Guedes

Adriano Otávio Maldaner

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061215>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 201

ÍNDICE REMISSIVO..... 202

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METANO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 03/09/2021

Valéria Regina Bellotto

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília, Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/0115124958520241>

Fernanda Vasconcelos de Almeida

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília, Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/6969855749872267>

Nickolas Valcarcel da Silva

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília, Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/9047792067050756>

Thiago Bezerra Lima

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília, Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/0158141535228968>

RESUMO: O metano (CH_4) é um eficiente gás de efeito estufa, gerado como um dos principais produtos da mineralização anaeróbica da matéria orgânica, tendo os sedimentos lacustres como uma das suas principais fontes naturais. Este trabalho apresenta a distribuição de metano acumulado nos sedimentos superficiais do Lago Paranoá, um reservatório artificial, localizado em Brasília, DF, Brasil. A amostragem de sedimento foi realizada em nove pontos distribuídos ao longo do lago, empregando-se uma draga do Tipo Van Veen. Para extração

do metano adsorvido ao sedimento e dissolvido na água intersticial foi empregada a técnica de *headspace*. A quantificação de metano foi feita por Cromatografia Gasosa, empregando-se uma coluna *Carboxen 1010 PLOT*. Empregou-se o método de calibração externa com faixa linear entre 10 e 100 mg L^{-1} , retirando-se o metano puro (99,9%) de um cilindro e promovendo sucessivas diluições. Foram determinados também: o percentual de sedimentos finos, o teor carbono orgânico, o pH e o Eh dos sedimentos, seguindo métodos padrões. A concentração média de metano nos sedimentos foi de 18,9 mg kg^{-1} , com uma grande variação de valores ao longo das diferentes partes do lago, sendo o menor valor 0,9 mg kg^{-1} e o maior, 98,5 mg kg^{-1} ; este último registrado na porção mais central do lago. Verificou-se uma correlação linear positiva ($r^2=0,77$) entre os teores de metano e o percentual de sedimentos finos em todo o lago, e uma forte correlação entre metano e carbono orgânico ($r^2=0,92$) somente na sua porção norte. Estes resultados indicam uma maior acumulação de metano em sedimentos mais finos com maior teor de matéria orgânica. O elevado valor encontrado na área do lago, considerada uma bacia de decantação, gera preocupação com relação a evolução do acúmulo deste gás no reservatório e seu impacto sobre as emissões a para atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Metano; sedimentos superficiais; Lago Paranoá.

SPATIAL DISTRIBUTION OF METHANE IN THE SURFACE SEDIMENTS OF LAKE PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

ABSTRACT: Methane (CH_4) is a strong greenhouse gas which is generated as one of the main end products of the anaerobic mineralization of the organic matter. Lake sediment is one of the most important natural methane sources. Methane accumulation and distribution was investigated in surface sediments of Lake Paranoá, an artificial reservoir located in Brasília, Federal District, Brazil. Sediment sampling was carried out at nine points distributed along the lake, using a Van Veen dredge. Headspace technique was used to extract the methane adsorbed to the sediment and dissolved in the pore water. Methane quantification was performed by Gas Chromatography, using a Carboxen 1010 PLOT column. The external calibration method was used with a linear range between 10 and 100 mg L^{-1} . For this, successive dilutions of a pure methane (99,9%) from a cylinder was used. The percentage of fine grain sediments, organic matter content, pH and redox potential of sediment samples were also measured, following standard methods. The mean concentration of methane in the lake sediments was 18.9 mg kg^{-1} , with a wide range of values among different regions of the lake, with the lowest value being 0.9 mg kg^{-1} and the highest, $98,5 \text{ mg kg}^{-1}$; recorded in the most central portion of the lake. There was a positive linear correlation ($r^2 = 0.77$) between the methane concentration and the percentage of fine grain sediments throughout the lake, and a strong correlation between methane and organic carbon ($r^2 = 0.92$) only for the north portion samples. These results indicate a greater accumulation of methane in fine grained and organic rich sediments. The high value found in the lake area considered as a deposition basin, raises concerns regarding the evolution of the accumulation of this gas in the reservoir and its impact on emissions to the atmosphere.

KEYWORDS: Methane; surface sediment; Lake Paranoá.

1 | INTRODUÇÃO

O metano (CH_4) é um importante gás de efeito estufa presente na atmosfera, onde sua concentração aumentou mais de 150 % desde a era pré-industrial (IPCC, 2013). Embora seja menos abundante que o gás carbônico (CO_2), ele é mais eficiente como gás de efeito estufa, tendo um potencial de aquecimento 23 vezes maior que o CO_2 , com base molecular em uma perspectiva de 100 anos (FOSTER et al, 2007).

Estimativas recentes de emissões globais de metano sugerem que os lagos contribuem com 62%, das emissões de sistemas de água doce (LI et al., 2018), que por sua vez emitem $103 \text{ Tg CH}_4 \text{ ano}^{-1}$.

Entre muitas questões preocupantes temos que, se de um lado as emissões atuais de CH_4 contribuem fortemente para o aquecimento global, de outro lado a elevação da temperatura pode promover um aumento das taxas de produção, difusão e ebulição de gás dos sedimentos para a coluna d'água e emissão deste gás através da interface água-atmosfera (DUC, CRILL e BASTVIKEN, 2010). Isto elevaria ainda mais a contribuição dos sistemas aquáticos de água doce e, em particular, dos lagos e reservatórios para o aquecimento global, em função do aumento da produção de metano nos sedimentos

(EMILSON et al., 2018).

Sepulveda-Jauregui e colaboradores (2018) demonstraram que a eutrofização é outro processo crítico, que aumenta o impacto do aquecimento climático nas emissões desse gás de efeito estufa em lagos.

Os lagos são considerados sentinelas efetivas do aquecimento global, pois são sensíveis ao clima, respondem rapidamente às mudanças; além de integrar as informações sobre estas mudanças na sua bacia de captação (ADRIAN et al., 2009). Entretanto, os estudos conduzidos no Brasil em lagos e reservatórios, limitam-se na sua maioria, em aplicação de modelos numéricos ou medidas empíricas de emissões de gases de efeitos estufa para a atmosfera (DOS SANTOS et al., 2008; SBRISSIA, 2008; ARMANI, 2014), sendo escassos os estudos que avaliam a acumulação de metano nos sedimentos e as condições que a favorecem (FURLANETTO et al., 2012).

Os sedimentos correspondem ao compartimento de mineralização anaeróbica da matéria orgânica e consequente produção e armazenamento de metano nos corpos hídricos, sendo este o primeiro processo crítico que determina as taxas de emissão para a atmosfera (SEPULVEDA-JAUREGUI et al., 2018). Por essas razões, torna-se importante investigar a acumulação deste gás em sedimentos de lagos, principalmente aqueles com tendência a processo de eutrofização e de clima tropical (FURLANETTO et al., 2012).

Este trabalho apresenta os primeiros registros da concentração e variação espacial de metano nos sedimentos superficiais do Lago Paranoá, localizado na região do cerrado brasileiro. Este é um lago artificial urbano profundo, que já passou por um processo de eutrofização, foi recuperado e atualmente apresenta retenção de nutrientes (BARBOSA et al., 2019), o que é um indicativo de que pode estar em processo de eutrofização novamente.

2 | ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE SEDIMENTO

O Lago Paranoá é um reservatório urbano localizado na cidade de Brasília – DF (Figura 1). Ele está inserido na Bacia do Lago Paranoá, que é constituída por cinco sub-bacias: Torto, Bananal, Riacho Fundo, Gama e Lago Paranoá. Este reservatório recebe o efluente tratado de duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE norte e ETE sul), localizadas às margens do extremo norte e extremo sul do lago, respectivamente. É classificado como um lago artificial profundo, com profundidade média de 12,42 m (máx. 38 m, próximo da barragem) e uma área de 37,5 km². O reservatório tem uma capacidade máxima de armazenamento de 498 x 10⁶ m³ (BARBOSA et al., 2019).

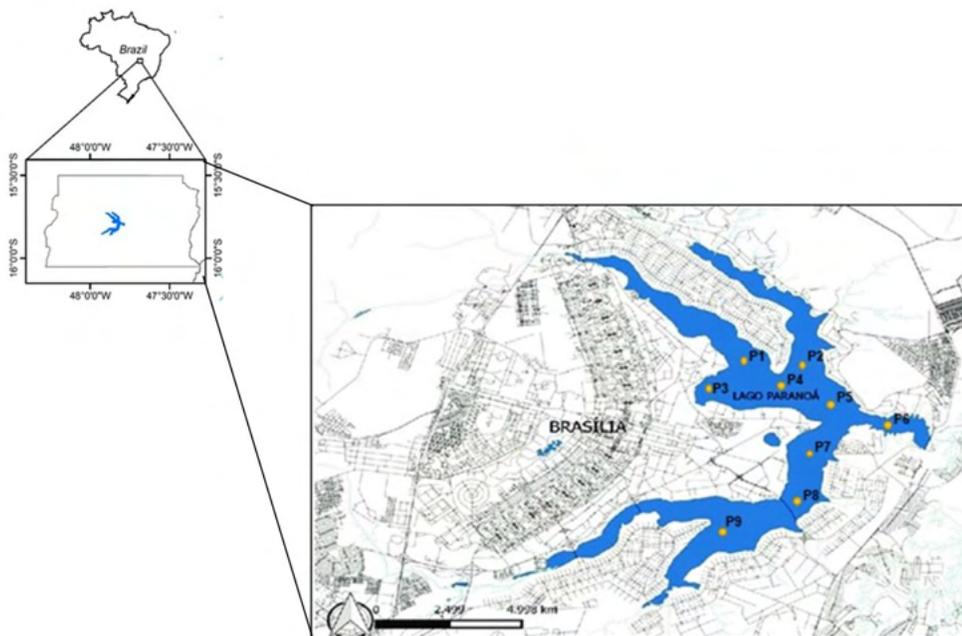


Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos de coleta.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) o clima da região é do tipo Aw (clima de savana tropical), com duas estações distintas: uma seca, no inverno (historicamente: maio a setembro) e uma chuvosa, no verão (historicamente: outubro a abril), com precipitação média anual de 1600 a 1700 mm (BRASIL, 2011).

Os sedimentos superficiais foram coletados em 9 pontos (P1 a P9) distribuídos ao longo do eixo principal do lago (Figura 1).

As amostras foram obtidas com o auxílio de uma draga tipo van Veen (Figura 2), capaz de capturar uma camada de cerca de 15 cm de sedimento. Após içamento, a draga era aberta em uma bandeja de plástico e uma porção da amostra era imediatamente transferida para um frasco do tipo *headspace* (Figura 3). Em seguida, um volume definido de uma solução bacteriostática era adicionado ao frasco para preservar a amostra (ENZWEILER, J.; DUARTE, M.A.I., 2007). As amostras eram armazenadas sob refrigeração e imediatamente transportadas até laboratório.



Figura 2. Procedimento de amostragem com Draga Van Veen. (a) preparação da Draga, (b) lançamento, (c) amostra de sedimento.



Figura 3. Frascos de *headspace* com as amostras e solução bacteriostática.

3 I EXTRAÇÃO DO METANO DOS SEDIMENTOS

Para promover a extração do metano adsorvido às partículas do sedimento e dissolvido na água intersticial, os frascos de *headspace* com as amostras foram aquecidos em banho maria a 80° C, sob agitação, por 30 minutos. Em seguida, os gases foram amostrados com uma seringa cromatográfica (Figura 4) para a injeção no Cromatógrafo.



Figura 4. Amostragem dos gases com seringa cromatográfica.

4 | DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DO METANO

A determinação do metano foi realizada por Cromatografia Gasosa com detector de Ionização em Chama (FID), utilizando-se um instrumento da marca Agilent, modelo 7890A, com coluna Carboxen 110 PLOT (30 m, 0,53 mm ϕ). A calibração foi feita usando o método da curva analítica (calibração externa), empregando-se a integração da área do pico como sinal analítico.

4.1 Curva Analítica

Foram feitas diluições do padrão de metano (99,9% de pureza) em ar (SBRISIA, 2008) abrangendo uma faixa linear de 10 a 100 mg L⁻¹, obtendo-se um coeficiente de determinação (r^2) de 0,999 (Figura 5).

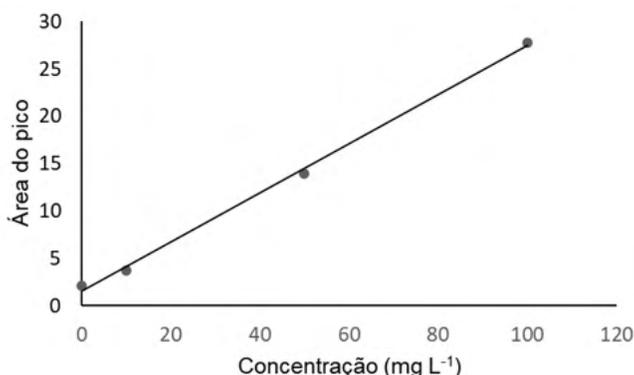


Figura 5. Curva de calibração para metano.

4.2 Análise das amostras

Cada amostra foi diluída antes de ser analisada. Para cada amostra foi feita uma diluição diferente, de maneira que a área do pico ficasse no meio da curva analítica.

Para calcular a concentração do metano foi utilizada a concentração em ppmv em relação à densidade do metano. As concentrações foram, então, expressas em mg por litro de ar para o frasco de *headspace*. Em seguida, as concentrações foram convertidas em mg kg⁻¹, considerando-se a massa de sedimento contida no frasco de *headspace* de cada amostra.

5 | DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS

5.1 pH e EH (potencial redox)

Os parâmetros físico-químicos (pH e Eh) dos sedimentos foram medidos *in situ* imediatamente após a coleta, respectivamente com: um pHmetro com eletrodo de pH

combinado e um potenciômetro com eletrodo Eh, previamente calibrados (APHA, 2005)

5.2 Granulometria

As amostras de sedimento superficial foram peneiradas à úmido em peneira de 63 μm , para determinação do percentual de fração fina em cada amostra. Neste estudo, a soma das frações silte e argila foi considerada como sedimento fino (partículas menores que 63 μm) e a soma das frações cascalho e areia como sedimento grosseiro (partículas maiores que 63 μm), conforme realizado por Pellens et al. (1998). As amostras brutas eram pesadas antes do peneiramento. A partir da massa obtida para a fração fina e a massa total de sedimento bruto, calculou-se o percentual de sedimento fino para cada amostra.

5.3 Carbono Orgânico Total (COT)

A fração fina de cada amostra foi utilizada para determinação de carbono orgânico total (COT), realizada com o emprego de Analisador de Elementar (TOC) da marca Shimadzu, modelo TOC-L.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração média de metano encontrada nos sedimentos do Lago Paranoá foi de 18,9 mg kg^{-1} , com uma grande variação de valores ao longo das diferentes partes do lago (Figura 6); sendo 0,9 mg kg^{-1} a menor concentração registrada e 98,5 mg kg^{-1} a maior. Esta última, localizada na área do lago considerada como uma bacia de decantação, no ponto 4.

São escassos ainda os estudos sobre a concentração de metano em sedimentos lacustres, principalmente em ambientes tropicais. Porém, os níveis encontrados neste estudo são muito superiores aqueles reportados Furlanetto e colaboradores (2012) para lagos rasos subtropicais do Rio Grande do Sul (Brasil), que são de 1,6 mg kg^{-1} em um lago eutrófico e 3,2 mg kg^{-1} em um lago distrófico.

Uma informação importante que se extrai do trabalho de Furlanetto e colaboradores (2012) é que ele mostra a influência do estado trófico do lago na produção e acumulação de metano em ambientes subtropicais. Outros estudos já haviam mostrado esta influência, mas apenas em ambientes temperados (DUC, CRILL e BASTVIKEN, 2010; BEAULIEU, DeISONTRO e DOWNING, 2019).

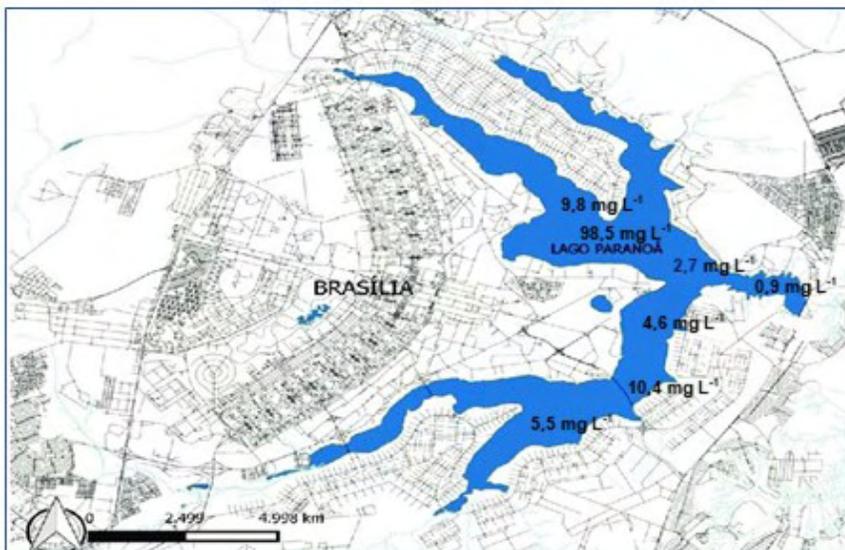


Figura 6. Distribuição de metano nos sedimentos do Lago Paranoá.

As características dos sedimentos superficiais do lago Paranoá são apresentadas na Tabela 1. O sedimento superficial do Lago é majoritariamente arenoso (>63mm). Os pontos com maior porcentagem de silte + argila (% finos) estão em diferentes partes do lago, sendo eles P8 > P3 > P9 > P1.

Ponto	Fração fina (%)	COT (%)	pH	Eh (mV)
P1	29,2	2,07	6,96	-77
P2	6,6	2,34	7,22	-188
P3	33,0	2,89	7,07	-0,68
P4	20,9	4,38	6,80	-151
P5	12,1	2,57	7,60	-165
P6	3,4	4,59	6,70	-84
P7	8,7	4,92	7,60	-167
P8	45,1	2,38	7,10	-148
P9	31,8	3,02	6,80	-105

Tabela 1. Percentual de sedimentos finos, carbono orgânico, pH e EH para cada ponto de coleta.

Verificou-se uma correlação positiva ($r^2=0,77$) entre o teor de metano e o percentual de sedimentos finos (silte + argila), considerando-se todos os pontos amostrais; e uma forte correlação positiva, também, entre o teor de metano e o conteúdo de carbono orgânico (COT); neste caso, porém, somente para os pontos localizados na porção norte do lago.

O fato de ter sido encontrada uma correlação positiva significativa entre metano

e matéria orgânica apenas nos pontos localizados na porção norte e não na porção sul; embora, ambas tenham teores semelhantes de COT, sugerem que a composição da matéria orgânica nas duas regiões é diferente. Emilson e colaboradores (2018) demonstraram que a origem da matéria orgânica (por ex.: macrófitas, coníferas, fitoplâncton), ou seja, sua composição, interfere diretamente na produção de metano nos sedimentos.

Megonigal, Hines e Visscher (2005) demonstraram que a taxa de produção de metano em sedimentos, depende não só da quantidade de matéria orgânica disponível, mas também da qualidade dela, bem como da disponibilidade de nutrientes, da temperatura e do teor de água nos sedimentos.

As características dos sedimentos (Tabela1) ajudam a explicar por que não foi detectado metano nos pontos 2 e 3. No caso do ponto 2, embora o teor de COT seja semelhante ao ponto 1, no qual foi encontrada uma concentração de $9,8 \text{ mg L}^{-1}$ de metano, tem-se um sedimento quase que totalmente arenoso (93,4%), que é muito permeável e não retém o metano eventualmente ali produzido. Já no caso do ponto 3, o potencial redox (Eh) é pouco negativo, ou seja, com baixo potencial de redução, sendo um ambiente sub-óxico, onde a metanogênese não acontece.

7 | CONCLUSÃO

Os resultados indicam uma grande acumulação de metano nos sedimentos dos Lago Paranoá. Esta acumulação apresentou correlação positiva com o percentual de sedimentos finos e do teor da matéria orgânica. Entretanto, deve-se destacar que, no caso da matéria orgânica, os dados obtidos corroboram a ideia de que a taxa de metanogênese depende não só da quantidade de matéria orgânica, mas também do tipo de matéria orgânica presente nos sedimentos.

As concentrações de metano encontradas neste estudo, quando comparadas a outros lagos, inclusive lagos eutróficos e distróficos do Rio Grande do Sul (Brasil), são muito elevadas e podem servir de indicativo do estado trófico do Lago Paranoá, uma vez que vários autores já demonstraram a relação direta entre o grau de trofia e a taxa de produção de metano nos sedimentos.

Estes resultados geram preocupação quanto ao impacto nas taxas produção e emissão de metano pelo Lago Paranoá para atmosfera e o provável aumento destas taxas em função da evolução do estado trófico do lago e da elevação das temperaturas em função das mudanças climáticas.

Este trabalho mostra ainda a importância de estudos experimentais que meçam não só a taxa de emissão deste gás para atmosfera, mas também a sua produção, acumulação nos sedimentos, principalmente em lagos e reservatórios de ambientes tropicais, onde este tipo de estudo é ainda incipiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPDF pelo financiamento deste estudo (Processo número 90193.000996/2015).

REFERÊNCIAS

ADRIAN, R.A.; O'REILLY, C.M.; ZAGARESE, H.; BAINES, S.B.; HESSEN, D.O.; KELLER, W.; LIVINSTONE, D.M.; SOMMARUGA, R.; STARILE, D.; VAN DONK, E.; WEYHENMEYER, G.A.; WINDERL, M. Lakes as sentinel of climate change. **Limnology and Oceanography**, Londres, v.54, n. 6 (part 2), p. 2283-2297, 2009.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ed. Washington, APHA, 2005, 1297 p.

ARMANI, Fernando Augusto Silveira. **Medição e análise de fluxos de CO₂ no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu com o Método de Covariâncias Turbulentas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BARBOSA, J. DO S.B.; BELLOTTO, V.R.; DA SILVA, D.B.; LIMA, T.B. Nitrogen and phosphorus budget for a deep tropical reservoir of the Brazilian savannah. **Water**, Berna, v.11, n. 1205, p. 1-20, 2019.

BASTVIKEN, D., COLE, J., PACE, M.; TRANVIK, L. Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate. **Global Biogeochemistry Cycles**, Washington, v.18, B4009, 2004. <https://doi.org/10.1029/2004GB002238>

BEAULIEU, J.J.; DELSANTO, T.; DOWNING, J.A.; Eutrophication will increase methane emissions from lakes and impoundments during the 21st century. **Nature Communication**, v.10, n. 1375, p. 1-5, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09100-5>

BRASIL. Levantamento da Geodiversidade - Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil - Isoetas Anuais Médias Período 1977 a 2006. CPRM, RIO de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/22220?show=full>. Acesso em 15 de julho de 2021.

DOS SANTOS, M.A.; ROSA, L.P.; MATVIENKO, B.; DOS SANTOS, E.O.; ROCHA, C.H.E. D'A.; SIKAR, E.; SILVA, M.B.; JUNIOR, A. M. P. B.. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p. 116-129, 2008.

DUC, NGUYEN THANH; CRIIL, PATRICK; BASTVIKEN, DAVID. Implication of temperature and sediment characteristics on methane formation and oxidation in lake sediments. **Biogeochemistry**, Berlim, v. 100, p.185-196, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9415-8>

EMILSON, E.J.S.; CARSON, M.A.; YAKIMOVICH, K.M.; OSTERHOLZ, H.; DITTMAR, T.; GUNN, J.M.; MYKYTCZUK, N.C.S.; BASILIKO, N.; TANENTZAP, A.J. Climate-driven shifts in sediment chemistry enhance methane production in northern lakes. **Nature Communication**, Londres, v.9, n.1801, p.1-6, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04236-2>

ENZWEILER, J.; Duarte, M.A.I. Geoquímica Analítica. *In*: LICHT, O. A. B., DE MELLO, C. S. B.; DA SILVA, C. R., **Prospecção Geoquímica- Depósitos Minerais Metálicos, Não Metálicos, Óleo e Gás**. Sociedade Brasileira de Geoquímica, Rio de Janeiro: CPRM, 2007, p.253-279.

FORSTER P.; RAMASWAMY, V.; ARTAXO, P., BERNTSEN, T.; BETTS, R.; FAHEY, D.W.; HAYWOOD, J.; LEAN, J.; LOWE, D.C., MYHRE, G.; NGANGA, J.; PRINN, R.; RAGA, G.; SCHULZ, m.; Van DORLAND, R.. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. *In*: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (eds) **Climate change 2007: the physical science basis**. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 130-234.

FURLANETTO, L.M.; MARINHO, C.C.; PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F.; FIGUEIREDO-BARROS, M.P.; ESTEVES, F.A. Methane levels in shallow subtropical lake sediments: dependence on the trophic status of the lake and allochthonous input. **Limnologia**, Amsterdam, v.42, p.151-155, 2012.

IPCC 2013. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of the Working Group I to the Fifth Assessment of the Intergovernmental Panel of Climate Change. STOCKER, T.F.; QIN, D., PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, Y.; BEX, V. e MIDGLEY, P.M. (ed). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013. 1535 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F.. World map of the Köppen Geiger climate classification updated. **Meteorol Zeitschrift**, v. 15, p. 259–263, 2006. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

LI, L.; XUE, B.; YOA, S.; TAO, Y; YAN, R. Spatial-temporal patterns of methane dynamics in Lake Taihu. **Hydrobiologia**, Berlin, v.822, p.143-156, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3670-4>

MEGONIGAL, J.P.; HINES, M.E.; VISSCHER, P.T. Anaerobic metabolism: linkages to trace gases and aerobic process. *In*: SCHLESINGER, W. H. (ed) **Biogeochemistry: treatise on geochemistry**. Oxford: Elsevier-Pergamon, 2005. p. 317–424.

PELLENS, I.C.; BELLOTTO, V.R.; KUROSHIMA, K.N.; ABREU, J.G.N.. Resultados preliminares da distribuição de fósforo e suas formas nos sedimentos da plataforma continental do estado de Santa Catarina. **Notas técnicas da Facimar**, v.2, p. 51-60, 1998.

SBRISSIA, Rita Christanne. Emissão de gases de efeito estufa de reservatórios de pequenas centrais hidrelétricas: estudo de caso PCH Salto Natal, Campo Mourão - Paraná. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SEPULVEDA-JAUREGUI, A.; HOYOS-SANTILLAN, J.; MARTINEZ-CRUZ, K.; ANTONY, K.M.W.; CASPER, P.; BELMONTE-IZQUIERDO, Y.; THALASSO, F. Eutrophication exacerbates the impact of the climate warming on lake methane emission. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, 2018, v.636, p.411-419. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.283>

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Actividade leishmanicida 117
- Adsorção 92, 94, 144
- Agente tamponante 154, 156, 162, 164
- Alfabetização científica 81, 88, 89, 90
- Amostragem 103, 167, 171, 180, 183, 184, 188
- Análise de Componente Principal - PCA 61, 65, 71, 75
- Análise elementar 61, 67
- Antioxidante 107, 108, 130
- Arrhenius 1, 6, 8, 9
- Atividades experimentais 13, 14, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 39, 44
- Avaliação diagnóstica 26, 31, 34, 35, 39, 40

B

- Bactérias metanogênicas 154, 156
- Biodiesel 145, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166
- Bioetanol 143, 144, 145
- Biomassa 144

C

- Células de combustível 143
- Ciências da natureza 2, 24, 83, 90
- Citometria de fluxo 117
- Citotoxicidade 108, 117
- Cocaína 178, 179, 180, 181, 182, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199
- Conhecimento científico 1, 3, 46, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89
- Contaminantes de interesse emergente 178, 179, 180, 201
- Crack 180, 181, 189, 197, 198, 199
- Cromatografia gasosa 158, 159, 167, 172
- Cromonas 132, 133, 134, 135

D

- Docência 78, 80, 87, 201

E

Educação ambiental 46, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 78, 89, 201

Efeito estufa 167, 168, 169, 176, 177

Efluente 154, 155, 156, 163, 165, 169

Eletrodeposição 91, 96, 97, 98, 105

Energia renovável 144

Ensino de ciências 20, 24, 25, 38, 52, 54, 55, 59, 60, 78, 82, 83, 88, 89, 90, 201

Ensino de química 1, 2, 10, 14, 25, 26, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 47, 50, 51, 52, 81, 84, 85, 89, 90, 201

Enzima 122

Espectrofotômetro UV-Vis 107, 111

Espectrometria de fluorescência de raios x 61, 69, 75

Espectroscopia na região do infravermelho 107, 110, 113

Extração por Sorção em Barra de Agitação - SBSE 91, 92, 102, 106

H

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 91, 92

Hidrólise 98, 180, 181, 191

I

Intervenção pedagógica 1, 3, 10

L

Lago Paranoá 167, 169, 173, 174, 175

Lei de Diretrizes e Base da Educação - LDB 2

Letramento científico 78, 80, 81, 83, 87, 88, 89, 90, 201

Licenciatura em química 42, 51, 52, 78, 80, 85, 86, 88

Lixo 46, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 60

M

Meio ambiente 45, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 59, 60, 98, 155

Metabólitos 133, 180, 181, 183, 199

Microscopia Eletrônica de Transmissão - MET 107, 110, 112

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 144

N

Nanomateriais 114

Nanotecnologia 107

O

Óleo de cozinha 42, 46, 47, 48, 50, 51

Oxirredução 26, 28, 38, 98, 107, 108

P

Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN 2, 14, 27, 38, 51, 81

Pigmentos rupestres 61, 63, 64, 69, 70, 75

Poluição ambiental 53, 55

Potencial farmacológico 132

Potencial zeta 107, 110, 114

Processo anaeróbio 154, 157, 160, 164

Processo de aprendizagem 9, 14, 43, 50, 78, 84, 87

Produtos de metabolização 178, 183

R

Reação de ciclização eletrofílica 132, 138, 141

Reação de condensação do tipo Perkin 117

Reação de oxidação 30, 36, 144

Reciclagem 42, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 105

Recursos audiovisuais 6, 13, 14, 15

Rede federal de ensino 78, 88

Resíduos de drogas de abuso 178

Resíduos sólidos 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 60

S

Sabão ecológico e artesanal 42

Sedimentos finos 167, 174, 175

Síntese verde 107, 108

Sítios arqueológicos 61, 63, 64, 65, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77

Solventes tóxicos 132

Substrato metálico 91, 94, 98, 105

T

Técnica de *headspace* 167

Teor carbono orgânico 167

Tratamento biológico 154, 156

V

Voltametria cíclica 144

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021