

**Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)**



EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 3

Atena
Editora
Ano 2019

Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)

Educação, Meio Ambiente e Território 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E24	Educação, meio ambiente e território 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442192102 1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. 4. Geologia. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de. CDD 320.60981
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Território é um dos termos mais utilizados pela Geografia, pois está intimamente relacionado aos sistemas de formação e transformação do espaço geográfico. Esta definição pode variar segundo a corrente de pensamento, e ou da abordagem que se realiza, mas a concepção mais comumente acolhida, o relaciona ao espaço delimitado a partir de uma associação de poder, seja político, religioso entre outros.

Na atualidade, o termo território é contemplado, nas mais diversas pesquisas e abordagens, como um espaço demarcado pelo uso de fronteiras – desnecessariamente visíveis – e que se fixa a partir de uma expressão e imposição de poder, contudo, desigualmente das concepções anteriores, o território pode se mostrar em múltiplas escalas, não possuindo necessariamente uma natureza política, mais também climáticas, vegetacionais e edáficas. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu terceiro volume, com 27 capítulos, enfatizamos estudos sobre território, com destaque aos estudos de solos e geotécnicos, a influência de estudos erosivos para manutenção de aspectos geológicos e geográficos, e uma série de estudos de viabilidade hídrica, tanto superficiais quanto subterrâneos.

Acreditamos ser extremamente oportuno apresentar um primeiro capítulo que aborde uma temática tão atual (Jan 2019), uma vez que o Brasil tem sofrido com inúmeros desastres ambientais por parte de mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais que não tem a destinação correta para seus rejeitos. O desastre de Mariana em novembro de 2015 e mais recentemente o desastre de Brumadinho são considerados os maiores desastres desta categoria do Brasil, pois além das perdas humanas, afetou inúmeras cidades ao longo das bacias hidrográficas do Rio Doce e Vale do São Francisco, os deixou sem água potável, dizimou grande parte da biodiversidade, e gerou um grande impacto nos estados nos quais perpassaram com influências visíveis inclusive no oceano Atlântico.

E por fim, finalizamos esse volume apresentando informações sobre danos físicos ao ambiente, mitigação de impactos ambientais, bem como técnicas de sensoriamento remoto e análises multitemporais sobre áreas de cultivo e florestais. Dessa forma, conseguimos elencar uma grande gama de aspectos relacionados ao território que não foram antes mencionadas em trabalhos científicos de forma a construir uma base de exemplos/metodologias que podem ser seguidos(as) e utilizadas como base para tomada de decisão dentro das diferentes esferas governamentais e científicas.

Esperamos que esta obra possa contribuir com o conhecimento sobre o território e com artífices ambientais para a sua preservação. Mesmo cientes da existência dos problemas mencionados nos diferentes capítulos, as informações normalmente são veiculadas de formas mais populares em detrimento de informações científicas. Isso interfere na opinião pública que ignora ou esquece problemas tão graves e que terão consequências ao longo de dezenas ou até centenas de anos. Acredita-se que

a informação presente nesse volume três possa estimular boas práticas que poderão ser disseminadas para evitar maiores problemas de ordem territorial e ecológica.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VILA DE ITAPINA E OS LAÇOS COMO O RIO DOCE: REGISTROS DE MEMÓRIA APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO (SAMARCO/VALE/BHP)	
Bianca Pavan Piccoli Maria Cristina Dadalto Patrícia Pavesi Sônia Missagia Matos Leonardo Nunes Aranha Douglas dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4421921021	
CAPÍTULO 2	18
ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921022	
CAPÍTULO 3	35
ANÁLISE DO SOLO LOCALIZADO NA REPRESA DO RIO TAPAJOS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA	
Derek Leão Monteiro Eliana Costa Seabra Jamilly Rocha de Araújo Wesley Leão Monteiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921023	
CAPÍTULO 4	41
ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM BOA VISTA DAS MISSÕES - RS	
Willian Fernando de Borba Gabriel D'Ávila Fernandes José Luiz Silvério da Silva Bruno Acosta Flores Mirta Teresinha Petry Lueni Gonçalves Terra	
DOI 10.22533/at.ed.4421921024	
CAPÍTULO 5	49
LEVANTAMENTO DE SOLOS DO JARDIM BOTÂNICO DE PORTO ALEGRE	
Edsleine Ribeiro Silva Luis Fernando da Silva Paulo César do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.4421921025	

CAPÍTULO 6 57

SUBSÍDIOS GEOLÓGICOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE IGREJINHA/RS

Saulo Borsatto
Norberto Dani
Rafael da Rocha Ribeiro
Nelson A. Lisboa

DOI 10.22533/at.ed.4421921026

CAPÍTULO 7 71

USO DO XRF EM AMOSTRAS DE SOLO DA COMUNIDADE ILHA DIANA – SANTOS, SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco
Alexandre Muselli Barbosa
Marcos Jorgino Blanco
Amanda Figueredo Fonseca
Leonardo Silveira Takase
Luiza de Araújo João Sobrinho
Felipe Ian Strapasson Saldias

DOI 10.22533/at.ed.4421921027

CAPÍTULO 8 79

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.4421921028

CAPÍTULO 9 91

PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS LINEARES DOS TIPOS RAVINA E BOÇOROCA

Gerson Salviano de Almeida Filho
Geraldo Figueiredo de Carvalho Gama Júnior

DOI 10.22533/at.ed.4421921029

CAPÍTULO 10 100

COMPARED BACKGROUND AND REFERENCE VALUES IN SOURCES OF CADMIUM-ENRICHED SOILS FROM BRAZIL

Fernando Machado de Mello
Essaid Bilal
Gustavo Neves
Maria Eduarda Loureiro dos Reis Teodoro
Thiago Peixoto de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.44219210210

CAPÍTULO 11 113

CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS, SUDESTE DO BRASIL

Klinger Senra Rezende
Daniel Silva Jaques
Eduardo Antônio Gomes Marques

DOI 10.22533/at.ed.44219210211

CAPÍTULO 12 123

CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DOS RIOS ARACAÍ, CARAMBEÍ E GUAÇU NA CIDADE DE SÃO ROQUE/SP

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima
Mainara Generoso Faustino
Eddy Bruno dos Santos
Tatiane Bernardino Seixas Carvalho da Silva
Maria Aparecida Faustino Pires
Marycel Elena Barboza Cotrim

DOI 10.22533/at.ed.44219210212

CAPÍTULO 13 137

ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO GUANDU - BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Isabela Martins Itabaiana
Décio Tubbs Filho
Patrick Aloe Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.44219210213

CAPÍTULO 14 147

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AURÁ (RMB) ENTRE OS ANOS DE 2002 A 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira
Fabio Marques Aprile
Arthur Araújo Ribeiro
Alda Lucia da Costa Camelo
Alzira Maria Ribeiro dos Reis
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.44219210214

CAPÍTULO 15 164

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRÍNSECA A CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO EM SALVADOR DO SUL – RS

Jauana Marilise do Nascimento Riegel
Gabriel D'Ávila Fernandes
Pedro Daniel da Cunha Kemerich
José Luiz Silvério da Silva

DOI 10.22533/at.ed.44219210215

CAPÍTULO 16 171

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS DE CONSUMO POTÁVEL NA CIDADE DE BELÉM-PA

Milene Pereira Mendes
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

DOI 10.22533/at.ed.44219210216

CAPÍTULO 17 180

DETERMINAÇÃO DA CURVA CHAVE PARA UM TRECHO DO RIO DA PRATA-RS

Franciele Priori
Sara Regina Sperotto
Taison Anderson Bortolin

DOI 10.22533/at.ed.44219210217

CAPÍTULO 18 187

EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SÃO PAULO, BRASIL

Gerson Salviano de Almeida Filho
Zeno Hellmeister Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44219210218

CAPÍTULO 19 198

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI ANTAS

Tuane de Oliveira Dutra
Pedro Antonio Roehe Reginato
Vinícius Menezes Borges
Marcos Imério Leão
Gustavo Barbosa Athayde

DOI 10.22533/at.ed.44219210219

CAPÍTULO 20 208

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio
Fernando Hamerski
Nicole Giovanna Gross
Günther Gehlen

DOI 10.22533/at.ed.44219210220

CAPÍTULO 21 216

DANOS AO MEIO FÍSICO NA URBANIZAÇÃO DE SANTARÉM-PA: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTARENZINHO

Eduardo Francisco da Silva
Arthur Iven Tavares Fonseca
Anderson Conceição Mendes
Fábio Góis da Mota

DOI 10.22533/at.ed.44219210221

CAPÍTULO 22 225

PREVISÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ATIVIDADES DE CORTE E ATERRO

Christiane Ribeiro Müller
Flávia Cauduro

DOI 10.22533/at.ed.44219210222

CAPÍTULO 23 231

ESTUDOS GEOTÉCNICOS COMO SUBSÍDIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E PROPOSIÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS DO JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrick Aloe Teixeira
José Miguel Peters Garcia
Isabela Martins Itabaiana

DOI 10.22533/at.ed.44219210223

CAPÍTULO 24 242

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM LAVOURAS, ANÁLISE PARA O MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS

Bruno Zucuni Prina

Patrícia Ziani

Romario Trentin

DOI 10.22533/at.ed.44219210224

CAPÍTULO 25 252

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO POR NDVI DO MUNICÍPIO DE RONDON DO PARÁ NOS ANOS DE 2007 E 2017

Juliana Fonseca Cardoso

Isabela Loiane Carvalho Teixeira

José Cicero Pereira Júnior

Taissa Nery Ferreira

Denison Lima Correa

DOI 10.22533/at.ed.44219210225

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 259

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AURÁ (RMB) ENTRE OS ANOS DE 2002 A 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira

Prof. Dr. no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará (PPGCMA/ICEN/UFPA). E-mail: gilmar@ufpa.br

Fabio Marques Aprile

Prof. Dr. Adjunto IV no Instituto de Educação da Universidade Federal Oeste do Estado do Pará (IE/UFOPA). E-mail: aprilerm@hotmail.com;

Arthur Araújo Ribeiro

Mestrando Programa de Pós-Graduação Profissional em Processos do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEP/ITEC/UFPA).

Alda Lucia da Costa Camelo

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará (PPGCMA/ICEN/UFPA).

Alzira Maria Ribeiro dos Reis

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará (PPGCMA/ICEN/UFPA).

Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

Assistente Social pela Universidade da Amazônia (UNAMA) e Bacharel em Direito pela Faculdade Metropolitana da Amazônia (FAMAZ), (PROEX/DPP/UFPA).

superficiais e sedimentos fluviais de fundo da bacia hidrográfica do Rio Aurá, na Região Metropolitana de Belém do Pará, resultam, aparentemente, de atividades relacionadas ao lixo a céu aberto não controlado, localizado a montante dessa bacia. Como procedimento metodológico foi realizado levantamento de dados de vários pesquisadores que realizaram trabalhos nessa região entre os anos de 2002 a 2018, visando identificar principalmente variações espaciais e temporais no Rio Aurá, em sua qualidade ambiental. Enfatizaram-se as concentrações de metais traços e níveis de HPAS nos sedimentos de fundo e nas águas superficiais foram verificados as distribuição dos parâmetros físico, físico-químicos e bacteriológicos. De maneira geral, foi observado através dos dados levantados que, mesmo com fechamento do lixo a céu aberto ocorrido em 2015, esse estudo revelou um grande decaimento na qualidade ambiental dessa bacia hidrográfica tanto no aspecto espacial como também temporal.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Ambiental, Bacia Hidrográfica, Região Metropolitana de Belém.

ABSTRACT: The environmental pollution of surface waters and river bottom sediments of the Aurá River basin in the Metropolitan Region of Belém do Pará apparently results from

RESUMO: A poluição ambiental das águas

activities related to the uncontrolled open dump located upstream of this basin. As a methodological procedure, data were collected from several researchers who carried out studies in this region between the years of 2002 and 2018, aiming at identifying mainly spatial and temporal variations in the Aurá river, in its environmental quality. The concentrations of trace metals and HPAS levels in the bottom sediments and in surface water were emphasized, the distribution of physical, physico-chemical and bacteriological parameters was verified. In general, it was observed from the data collected that, even with the closure of the open dump occurred in 2015, this study revealed a great decrease in the environmental quality of this watershed both in the spatial and temporal aspects.

KEYWORDS: Environmental Assessment, Hydrographic Basin, Metropolitan Region of Belém.

1 | INTRODUÇÃO

Os elementos potencialmente tóxicos, quando introduzidos no ambiente fluvial, estão sujeitos a processos que podem favorecer sua dispersão ou acúmulo no sedimento de fundo. Os vários processos que controlam a qualidade da água de um determinado sistema fazem parte de um frágil equilíbrio, que motivam as alterações de ordem física, química, biológica ou climática em suas características. Desta forma, nas bacias hidrográficas, as práticas que se seguem tendem a promover intensos problemas ambientais, como erosão do solo, sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes (Sopper, 1975), causando conseqüentemente, prolongada degradação da qualidade da água.

A Região Metropolitana de Belém (RMB), no Estado do Pará, é cortada por rios, cursos, canais e igarapés, além de apresentar lagos em diversificados tamanhos e formas. Nesse imenso mosaico, composto pelos ecossistemas aquáticos, há uma constante pressão antrópica pela inserção do ambiente urbano nas imediações dos limites ambientais, sendo que muitas vezes são ocasionados por invasões da população nesses espaços, contribuindo assim, para a poluição e contaminação dos corpos de águas.

Em estudos realizados por Santos, et al., (2011):

Mostraram uma contribuição no balanço de concentração de metais pesados nas amostras da margem direita do Rio Aurá, em decorrência de quantidades significativas de choro depositados nesse rio, e que há uma relação entre o fluxo de marés e os níveis hidrológicos dos Rios Aurá e Guamá, respectivamente, sendo fator preponderante para dispersão de poluentes e contaminantes nas bacias.

Siqueira & Aprile (2013, p. 52) destacam a quantidade de choro despejados no Rio Aurá, considerando “o risco potencial de contaminação da pluma de choro que é agravado com a utilização dessas águas para o consumo humano (...), e para o

abastecimento público pelos sistemas de captação de água potável”.

De acordo com Siqueira & Aprile, (2013), a bacia hidrográfica do Rio Aurá está situada na região metropolitana de Belém, entre os municípios de Belém e Ananindeua, onde a taxa populacional tem aumentado consideravelmente sem medida de controle social ou ambiental. A região é intensamente explorada, sendo que os principais problemas ambientais são o desmatamento, erosão, inundação, poluição e contaminação das águas, especialmente por metais pesados, compostos orgânicos e depósito de lixo a “céu aberto”. O Rio Aurá está localizado na extremidade sudeste da cidade de Belém do Pará, formando com o Rio Guamá uma micro-bacia com drenagens de pequeno porte e pouca extensão, como é o caso dos igarapés Santo Antônio do Aurá, Pescada, Juvêncio, Jaruca e Santana do Aurá. A bacia do Rio Aurá possui uma extensão total de aproximadamente 10.400m distribuídos pelos principais corpos de água da seguinte forma: Rio Aurá com @ 6.800 m; igarapé Santo Antônio do Aurá com @ 2.000m e igarapé Santana do Aurá com @ 1.600 m.

Para Morales & Fenzl (2000):

O aterro sanitário do Aurá encontra-se localizado nas cotas topográficas relativamente baixas, os quais possuem características geológicas impróprias para a deposição dos resíduos sólidos, dada a porosidade do solo permitir que o chorume percole pela zona não insaturada até atingir a zona saturada.

Tal fato coloca o sistema hídrico superficial e subterrâneo em alto grau de vulnerabilidade. O aterro sanitário do Aurá não possui impermeabilização com camadas de argila, tratamento dos líquidos percolados e nem drenagem para segregar águas pluviais que junto com o material lixiviado são direcionadas pelos gradientes topográficos aos igarapés Santo Antônio e Santana do Aurá, que desembocam no Rio Aurá, e este, por sua vez, é tributário do Rio Guamá. É pertinente destacar que o monitoramento do aquífero freático do local não é realizado, pois os poços de controle foram destruídos e/ou desativados. Neste contexto, o conhecimento da dinâmica temporal da bacia hidrográfica do Rio Aurá é de fundamental importância para futuras operações de monitoramento ambiental que possam ser implementadas nesse ecossistema.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O “Aterro Sanitário de Santana do Aurá” está localizado a 19 km do centro da cidade de Belém (PA), e ocupa uma área total de 120 ha, sendo 25% destinado ao aterro de resíduos sólidos. Apesar do elevado número de lagos, rios e igarapés na região, os estudos desenvolvidos no final de 1989 determinaram esse trecho como a melhor opção para a implantação do aterro sanitário. A presença de um solo argiloso compactado e de uma antiga jazida de material laterítico (solo bem típico da região

amazônica) abandonada foram os principais argumentos para a escolha do local. Esse aterro sanitário do Aurá recebeu resíduos sólidos não perigosos de diversas fontes, incluindo resíduos agrícolas, que somam 1.200 ton./dia de resíduos (SATO, 2014).

Em 1993 foi criada a Área de Proteção Ambiental de Belém (APA-Belém) e o Parque Estadual do Utinga (PEUt), ambos com objetivo de preservar a qualidade da água dos mananciais que abastecem parte da RMB (Região Metropolitana de Belém). Dessa maneira, o Aterro Municipal do Aurá passou a fazer parte da APA, uma Unidade de Conservação Estadual, cujos objetivos respaldados por lei incluem assegurar a potabilidade da água dos mananciais, por meio da restauração e da manutenção da qualidade ambiental dos lagos Água Preta e Bolonha e do próprio Rio Aurá (Figura1).

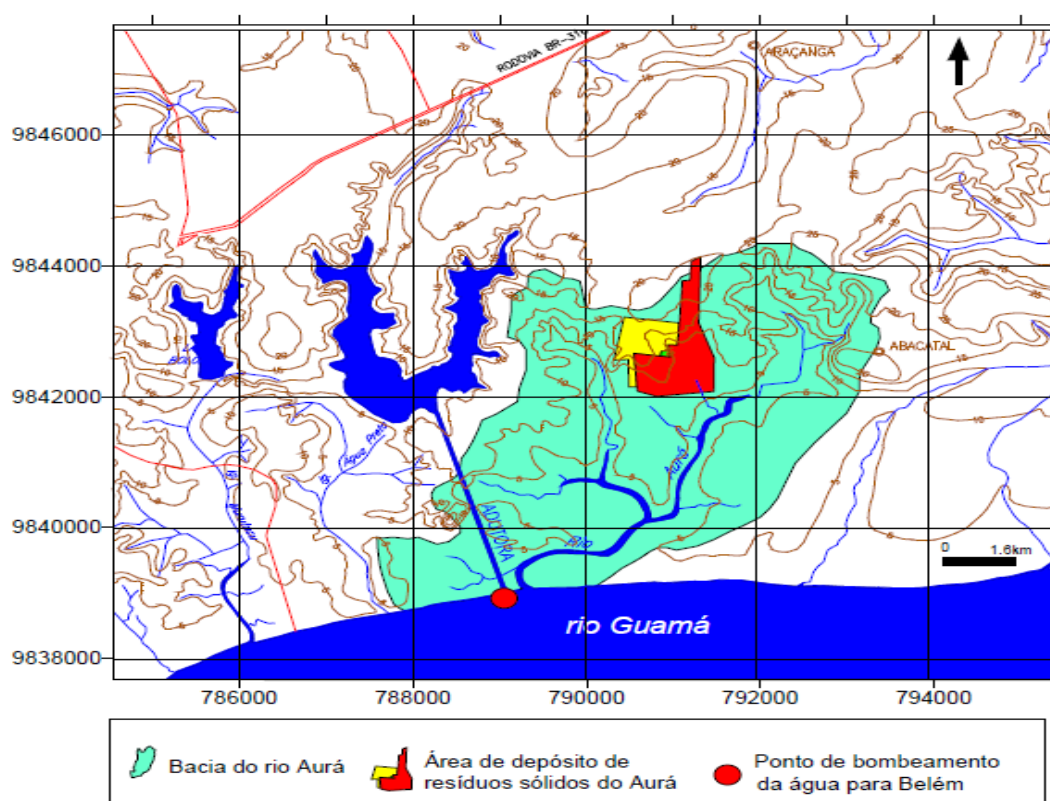


Figura 1. Mapa geral de localização da área de estudo (no detalhe visualização da área influência de resíduos sólidos do Aurá).

Fonte: Morales, (2002)

Em 05 de julho de 2015, o aterro sanitário do Aurá finalmente foi desativado, iniciando assim mais um capítulo envolvendo a política de resíduos sólidos na capital paraense. Longe de ser o fim dos problemas ambientais, o encerramento do lixão prometido pela prefeitura municipal de Belém inicia uma nova fase de debates em torno do tema. Algumas questões se impõem à gestão municipal. O que fazer com o Aurá, que por 30 anos recebeu todo o tipo de resíduo produzido na região Metropolitana? Como avaliar e remediar as consequências do uso descontrolado do aterro? Qual o comportamento dos poluentes ambientais migrados desse aterro para a bacia hidrográfica do Rio Aurá e suas consequências?

Descrições mais detalhadas da bacia do Rio Aurá incluindo informações sobre

hidrologia, geologia e clima, aspectos históricos e sociais da criação do aterro sanitário e uso e ocupação de seu entorno podem ser encontradas nos estudos de Morales (2002), Siqueira & Aprile (2013), Santo (2014), Marques (2014), Siqueira, et al., (2014), Santos, et al., (2016), Siqueira et al., (2016) e Siqueira & Aprile (2017).

Quanto aos procedimentos metodológicos, propõe-se realizar um estudo analítico, utilizando a pesquisa bibliográfica e documental. Uma boa pesquisa para ser desenvolvida e alcançar os seus objetivos necessita de métodos, de como proceder e obter respostas às questões por ela suscitadas. A pesquisa bibliográfica está preconizada de acordo com Oliveira (2002), que têm como objetivo principal, conhecer as contribuições acerca de um dado tema, servindo, portanto, para a construção de um trabalho voltado para a compreensão do fenômeno em estudo. Para este estudo, foi realizada ampla discussão de uma série histórica de dados obtidos por vários pesquisadores acerca da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais de fundo do Rio Aurá, por um período de 14 anos nessa região.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A influência direta do depósito de resíduos sólidos sobre as águas superficiais localizados próximos ao lixão foi constatada pela primeira vez por Morales (2002), que coletou amostras de água em cinco pontos de coletas distribuídos nos Rios Santo Antônio, Santana do Aurá e Igarapé Juruca, todos pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Aurá, a fim de verificar a variação dos parâmetros traçadores de chorume (pH, condutividade, alcalinidade, amônia, nitrato, cloreto, sódio, cálcio, magnésio e potássio). Os maiores valores foram encontrados nos pontos mais próximos do aterro sanitário a céu aberto (montante dessa bacia), indicando que o chorume naquele momento já atinge esses Rios. A condutividade no ponto mais próximo, por exemplo, apresentou uma média de 58 e 69 mS/cm nas duas coletas do período de chuva, e na época de seca, mostrou uma média de 153 e 61 mS/cm nas duas campanhas. Já no ponto mais afastado, as duas coletas realizadas na época de chuva mostraram médias de 33 e 45 mS/cm, enquanto que no período de seca foi de 39 e 45 mS/cm. Esse autor conclui que, mesmo que este estudo não tenha indicado a influência do Aterro Sanitário do Aurá nos corpos hídricos analisados, a partir da concentração de metais, os processos de causa e efeito do Aurá podem estar modificando a qualidade dos recursos hídricos da área de influência de outras maneiras. Na visão desse autor é necessário, portanto, que estudos mais completos sejam realizados na área estudada e apontem alterações físico-químicas que cause, conseqüentemente, a diminuição da salubridade ambiental.

Olavo Filho & Antônio Junior (2009), realizaram estudo na área de abrangência do parque ambiental do Utinga, envolvendo análises de vários parâmetros no curso do Rio Aurá, com a realização de coletas em períodos seco e chuvoso. O teores de

sólidos totais dissolvidos, observados no ponto 1 (localizado bem a montante de bacia) de coleta do Rio Aurá no período seco variaram de 3020 mg/l até 3800 mg/l, e no período chuvoso variaram de 2320 mg/l a 3580 mg/l. Os valores de pH, no período chuvoso no ponto 2 (localizado mais a esquerda dessa bacia) de coleta do Rio Aurá, evidenciaram padrões fora dos valores regidos pela regulamentação do CONAMA, que estão na ordem entre 6.0 a 9.0; os valores evidenciados do pH oscilaram em geral, abaixo do valor mínimo permitido encontrado às 07h00, cujos valores chegaram a 5,47. Já no ponto 3 (localizado um pouco a jusante dessa bacia) de coleta do Rio Aurá, ocorreu a mesma similaridade com valores chegando a 5,68. Em relação aos valores de condutividade no ponto 1 de coleta do Rio Aurá, tanto no verão quanto no inverno, revelaram valores bastante discrepantes quanto aos pontos estudados, que apresentaram 3 casas decimais em ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de 2240 no valor mais baixo do período seco até 7180, enquanto no período chuvoso, os valores variaram de 4670 até 6720 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Quanto à cor no período seco, mostrou estar acima da média no ponto de coleta 3 do Rio Aurá. Em relação aos sólidos suspensos os valores variaram entre a faixa de 10 a 25 mg/l, discrepando apenas no ponto 1 do Rio Aurá, tanto no período seco quanto no período chuvoso. Quando se observa os resultados nos valores de NH_3 , apenas no ponto 1 do Rio Aurá, coletados no período seco, observou-se uma amostra com índices maiores que o permitido, com o valor de 10,03 mg/l. Entretanto, houve um incremento do valor máximo que está fixado pela literatura de 1mg/l, sendo que no período chuvoso nos pontos 1 e 2, ocorreram valores maiores que o máximo pré-estabelecidos pelo Conselho, chegando a valores de 1,67 no ponto 1. Os índices de NH_3 obtiveram um valor nos pontos 1 e 2 do período seco, chegando a índices de 0,674. Quanto a DQO pode-se perceber altos valores nos pontos 1, 2 e 3. Os valores de Ca variaram de forma aproximada ao padrão, se adequando a realidade das águas Amazônicas, chegando a valores de 5,3 mg/l no período seco em uma amostra no ponto 2. Observa-se comportamento semelhante nos parâmetros de Mg, com valores oscilando na casa de 0,1 mg/l, chegando em médias maiores no período seco no ponto 1. Os valores de K seguiram o mesmo padrão dos outros elementos estudados, variando de forma normal as zonas fluviais amazônicas, obtendo valores mais altos no ponto 1, tanto no período seco quanto no período chuvoso; neste último, os maiores valores chegaram à casa de 5,0 mg/l, entretanto no ponto 2 no período chuvoso, resultaram em valores menores que 0,1 mg/l.

Matos, et al., (2011) realizaram uma pesquisa nessa bacia na qual buscou avaliar a influência do depósito de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Belém-PA na qualidade das águas superficiais do entorno e a atuação da maré no processo de dissolução do lixiviado. As coletas para as análises físico-químicas ocorreram simultaneamente em quatro pontos distintos dos Rios Santo Antônio e Aurá, no mês de junho de 2010. Em cada ponto de controle foram coletadas nove amostras, com intervalo de 90 minutos, durante um ciclo completo de maré (6h de baixamar até 6h de preamar). Os maiores valores médios foram observados no ponto mais próximo

do aterro e na maré de baixamar. Além disso, neste ponto, todos os parâmetros analisados apresentaram correlação significativa e negativa com o ciclo de maré. Variações significativas também foram observadas quando comparado os resultados dos parâmetros avaliados nas marés de baixamar para preamar, sendo esta de até 60% para o sódio. Além disso, a análise de correlação indicou que no ponto mais próximo ao Aterro Aurá todos os parâmetros estudados apresentaram correlação significativa e negativa com o ciclo de maré. Os resultados obtidos por esses autores neste trabalho indicam que os Rios Santo Antônio e Aurá, adjacentes ao Aterro Aurá, estão sofrendo influência do lixiviado produzido no local. Porém, segundo os autores percebe-se que com o distanciamento do lixão e nos picos mais altos de maré a influência desse percolado sobre os rios diminui. Estes resultados, entretanto, apenas pressupõem uma situação que poderá ser mais bem avaliada com base em um monitoramento periódico, uma vez que cada área de despejo representa um processo dinâmico e particular, influenciado por características locais próprias.

Siqueira & Aprile (2013) e Siqueira, et al., (2014) iniciaram uma série de estudos sobre a geoquímica de metais traços e diagênese da matéria orgânica ao longo de toda a bacia hidrográfica do Rio Aurá. Foram estudados inicialmente os elementos Al, Fe, Mn, Cr, Ni e Cu, e posteriormente foram incluídos na pesquisa os metais Pb e Cd, assim como também os compostos orgânicos (C_{org} , N_{org} , MO e razões C/N). Foi introduzida uma malha de amostragem mais ampla para essa região em 30 pontos de coletas, que abrangeu os anos de 2008 a 2010. Esses autores concluíram que a principal contribuição dos íons Al e Fe foi o uso descontrolado do aterro sanitário do Aurá, localizado a montante dessa bacia. Sendo que o Mn e Ni vieram principalmente dos solos adjacentes do sistema drenagem, já o Cr foi possivelmente modificado (III/VI) por processo albioquímico, e Cu por processo bioinduzido. Já os compostos orgânicos (MO, Corg e Norg) sofreram influência dos processos químicos e biológicos (decomposição aeróbia e anaeróbia) durante a formação dos clastos, sendo, portanto, caracterizados como frações sedimentares albioquímicas (Figura 2). De maneira geral, as razões C/N determinadas por esses autores refletiram certa estabilidade da matéria orgânica (MO) com padrão C/N < 20, excluindo alguns pontos que apresentaram razões C/N bem elevadas. Com relação aos gradientes de distribuição dos íons metálicos avaliados, os autores observaram que, a exceção do Mn, ocorreu um decréscimo nos teores desses metais em direção à foz do Rio Aurá, na confluência do Rio Guamá.

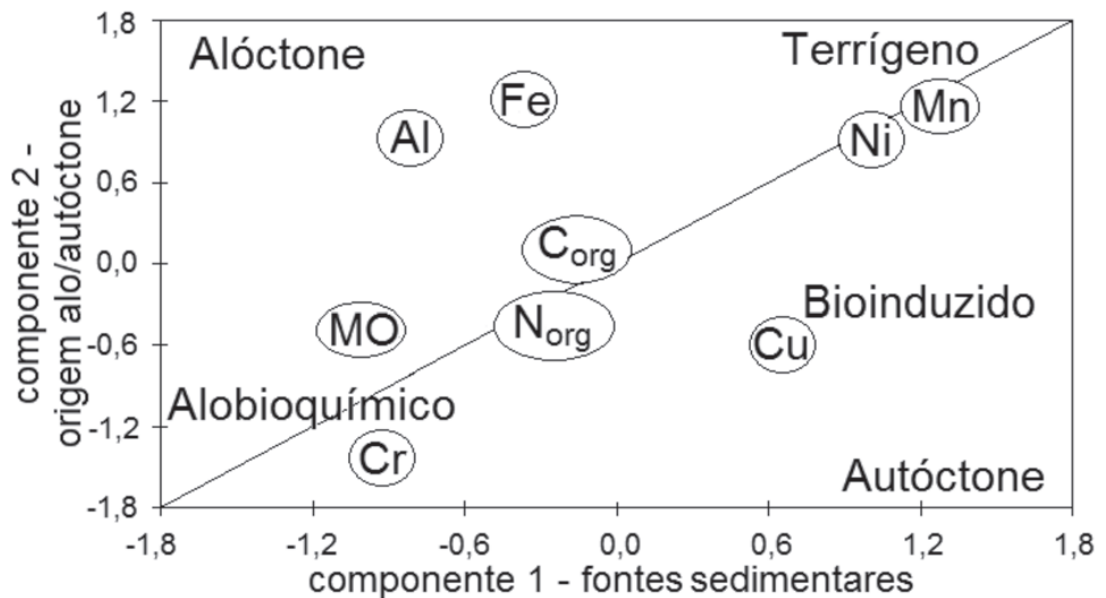


Figura 2: Análise de Componentes Principais com proposta de classificação geral dos materiais sedimentares a partir da caracterização do transporte no Rio Aurá.

Fonte: Siqueira & Aprile (2013).

As amostras coletadas revelaram um padrão granulométrico dominado pela classe textural areno-lamoso, contendo argilominerais como caulinita, illita e esmectita, que favoreceram assim, a adsorção metálica no sedimento fluvial de fundo. Segundo os mesmos autores, há de se convir que os metais traços incorporados nos sedimentos possam estar sendo adsorvidos aos óxidos hidratados e hidróxidos de metais mais abundantes na região, como o Al e Fe. Em decorrência dessa adsorção, acredita-se estar havendo uma baixa biodisponibilidade de metais traços para a cadeia trófica local. O Pb e o Cd indicaram evidências de que uma importante proporção desses elementos são provenientes de outras fontes para essa região, que *a priori* precisa ser melhor investigada. Nesse trabalho os pesquisadores aplicaram critério de qualidade ambiental para esses metais traços (Pb e Cd), o índice de Geoacumulação (IGEO) médio calculado ocorreu no grau 1 classificado como não poluído a moderadamente poluído para esses elementos. De acordo com os critérios de qualidade dos sedimentos utilizados neste estudo, há a presença de contaminação antropogênica e comprometimento dos sedimentos fluviais de fundo por Pb e Cd (Figura 3).

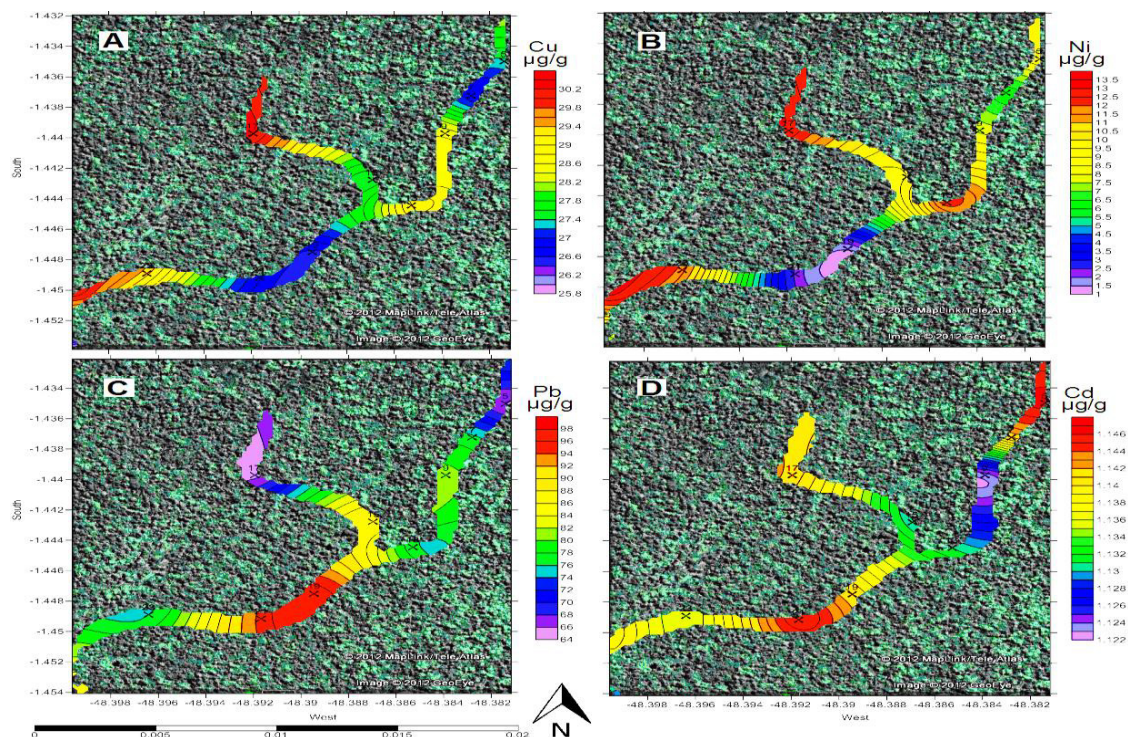


Figura 3: Mapa de isovalores de metais traço Cu, Ni, Pb e Cd para a distribuição espacial e temporal da bacia do Rio Aurá, em destaque o Pb e Cd.

Fonte: Siqueira, et al., (2014).

Silva, et al., (2014) enfocaram uma pesquisa investigativa da qualidade da água dos mananciais do Parque Estadual do Utinga (PEUt), dos Rios Guamá e Aurá, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), com a finalidade de classificá-las de acordo com a normatização vigente. Dentre os resultados encontrados para o Rio Aurá os valores da coluna de água com relação a sua transparência, os resultados oscilaram entre 29 a 28,4°C. Com relação aos valores da condutividade elétrica os mesmos oscilaram entre 153,3 a 169,4 ($\mu\text{s}/\text{Cm}$) ao longo da coluna de água. Os teores de pH variaram entre 6,75 a 6,85. Já os valores de concentração de STD (Mg/L) oscilaram de 81,15 a 81,12. Os teores de turbidez variaram entre 14,42 a 15,74 UTN. Enquanto a media de Oxigênio Dissolvido (OD) obtida foi de 0,5 mg/L, sendo bem abaixo da legislação vigente, haja vista que a mesma determina, para qualquer amostra em águas doces de Classe 2, o limite não inferior a 5 mg/L O_2 . Os valores obtidos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) foram de 0,8 a 0,7 mg/L. O teor máximo obtido de P_{total} (fósforo total) foi de 0,777072 mg/L P na camada de fundo, sendo que na camada superficial foi de 0,785611 mg/L P. O teor encontrado de Nitrogênio Total foi de 9,076 mg/L. Por fim, o valor de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml) foi de 31,2. O IQA calculado para o ponto de coleta do Rio Aurá para esses pesquisadores foi de aceitável. Para a verificação da distribuição do IQA, esses autores apresentaram usando gráficos produzidos pelo *Software Surfer 10*, através do método de interpolação por krigagem, permitindo uma melhor visualização deste índice ao longo das áreas estudadas (Figura 4).

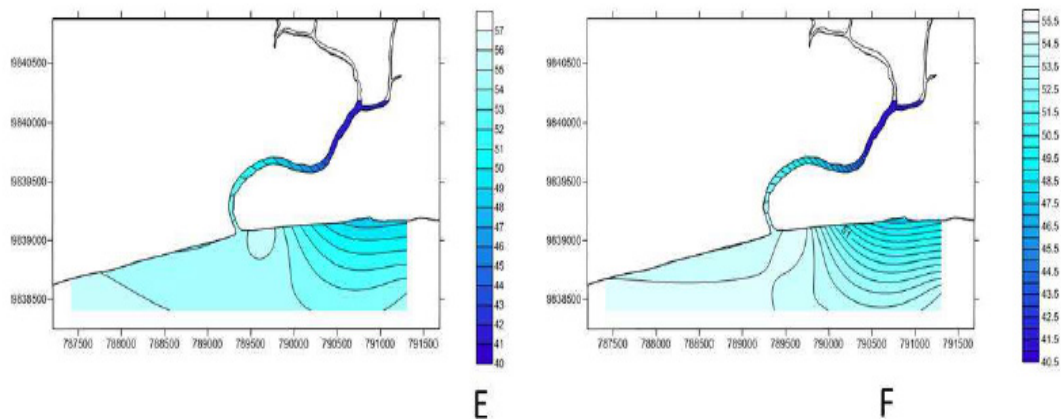


Figura 4: Apresenta o IQA dos rios Guamá e Aurá na profundidade de 20% da coluna d'água (E), e o IQA dos rios Guamá e Aurá na profundidade de 80% da coluna d'água (F)

Fonte: Silva, et al., (2014).

Marques, (2014) publicou a sua dissertação de mestrado na qual realizou uma avaliação da contaminação das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito de resíduos sólidos do Aurá. Para avaliar o grau de influência do Aurá sobre os corpos supracitados, realizou-se a avaliação das águas para determinação da concentração de metais traços (Cu, Cr, Mn, Ni e Pb). O estudo apontou baixas concentrações metálicas nas águas na área de estudo. Os elementos analisados apresentaram-se bem abaixo dos valores máximos permitidos (VMP), recomendados pelas legislações vigentes; à exceção do Pb, que apresentou, em alguns pontos, valores acima do VMP, o qual pode ser explicado pela concentração geogênica do metal na região. Desta forma não foi possível avaliar o grau de influência do aterro do Aurá nos corpos hídricos estudados, devido às baixas concentrações, ou ausência dos elementos metálicos dissolvidos em água, que pode ser explicada pela boa capacidade de autodepuração dos corpos analisados, segundo esse autor.

Santos, et al., (2016) determinaram as principais variações de origem e espaciais em 16 HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) considerados como poluentes prioritários pela USEPA (Environmental Protection Agency Method), em sedimentos de fundo do Rio Aurá. HPAs foram identificados e quantificados em sedimentos de 10 locais ao longo do rio e em sua foz. As amostras foram analisadas por HPLC/UV-Vis-DAD para avaliar o grau de contaminação. De maneira geral, observou-se um gradiente de concentração desses derivados de petróleo. De maneira geral, os resultados obtidos por esses autores indicam que amostras de sedimentos coletas foram classificadas como altamente contaminadas (Σ HPAs > 500 ng g⁻¹). A priori quando se compara com outras áreas, as concentrações de PAH no Rio Aurá são relativamente semelhantes aos lugares altamente industrializados e poluídos, segundo esses autores. As razões de alto peso molecular / baixo peso molecular de HPAs (LMW/ HMW), indicam uma origem pirolítica, que demonstrou-se terem sido gerados principalmente a partir da combustão de resíduos. Portanto, os resultados

apresentados por esses autores sugerem que os HPAs da área de estudo do Rio Aurá são derivados, principalmente, da queima de resíduos sólidos (intencionais ou não) no aterro. Para as amostras de sedimento coletadas, os Δ HPAs variaram de 3824,21 a 15693,911 ng g⁻¹ e são dominados pelo impacto ambiental de compostos de maior peso molecular e possíveis efeitos tóxicos nos organismos que habitam o sedimento de fundo ao longo da grade de amostragem, que segundo esses autores devem ser investigados em estudos posteriores. Em comparação com outras áreas urbanizadas em todo o mundo, o conteúdo medido de HPAs do Rio Aurá indicaria que ele estava altamente contaminado segundo os mesmos autores.

Siqueira et al., (2016), Siqueira et al., (2016a) e Siqueira & Aprile (2017), publicaram os resultados finais de suas pesquisas científicas nessa área. Os teores de Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb e Cd além de 22 parâmetros físicos, químicos e biológicos foram determinados nas águas superficiais e sedimentos fluviais de fundo em 30 pontos de coletas, as amostras ocorreram nos períodos de chuvas e estiagem, entre os anos 2008 a 2013, e utilizados para aplicação de indicadores ambientais. Foram aplicados um total de 7 índices de qualidade da água (tabela 1) e 8 de qualidade do sedimento de fundo (tabela 2), incluindo índices de toxicidade e de preservação da vida aquática.

Índice	Equação geral	Descrição
IQA	$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad e \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1$	q_i número entre 0 e 100 obtido em curva média a partir de medição, e w_i peso variando entre 0 e 1, atribuído a importância da variável
IGQA	$IGQA = (I_1 \times I_2 \times I_3)^{1/3} \times 100$	I_i são índices obtidos pela exponencial da concentração média (C_i) dos valores de cada grupo
ISTO	$ISTO = ST \times SO$	ST = substâncias tóxicas e SO = substâncias organolépticas
IAP	$IAP = IQA \times ISTO$	Inclui no grupo de substâncias tóxicas do ISTO, o Teste de Ames e Potencial de Formação de THM
IET^a	$IET(PT) = 10x \left[6 - \frac{\ln(80,32 / PT)}{\ln 2} \right]$	PT é [fósforo total] na superfície medida em $\mu\text{g/L}$
IET^b	$IET(PT) = 10x \left[6 - \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln PT)}{\ln 2} \right] - 20$	PT é [fósforo total] na superfície medida em $\mu\text{g/L}$
IPMCA	$IPMCA = PE \times ST$	PE valor da maior ponderação do grupo variável essencial; ST valor médio das três maiores ponderações do grupo substâncias tóxicas

IVA	Tabela de integração	O cálculo do IVA integra os valores do IET com os valores do IPMCA
------------	----------------------	--

Tabela 1: Síntese dos indicadores aplicados na água.

Fonte: Siqueira & Aprile (2017).

Índice	Equação geral	Descrição
FE	$FE = \frac{[Metal]_{sed}}{[Al, Fe, Sc]_{sed}} / \frac{[Metal]_{VR}}{[Al, Fe, Sc]_{VR}}$	[metal] é dada em $\mu\text{g/g}$ ou equivalente, e o valor de referência (VR) é baseado no Upper Continental Crust – UCC (Tab. 3)
FC	$FC = [Metal]_{\text{max}} / [Metal]_{VR}$	VR é baseado nos dados do UCC (Tab. 3)
GC	$GC = \sum_{i=1}^n FC_i$	Somatório dos fatores de contaminação
ICP	$ICP = \sqrt[n]{(FC_1 \times FC_2 \times FC_3 \times \dots \times FC_n)}$	Produtório dos FC_n
I_{GEO}	$I_{geo} = \log_2 \frac{[Metal]_{sed}}{1,5 \times [Metal]_{VR}}$	[metal] é dada em $\mu\text{g/g}$ ou equivalente, e o VR é baseado nos dados do UCC (Tab. 3)
RE	$RE = Rt \times ICP$	RT é fator de resposta tóxica observado em tabela
TEL	Tabela de integração	
PEL	Tabela de integração	Limites estabelecidos por MacDonald <i>et al.</i> (1996), BRASIL (2004) e CCME (2014)

Tabela 2: Síntese dos indicadores aplicados nos sedimentos de fundo.

Fonte: Siqueira & Aprile (2017).

Os resultados confirmaram contaminação da água e sedimentos em diferentes graus, com a qualidade da água superficial variando de regular a péssima, e sedimentos de fundo com significativo enriquecimento e acumulação metálica. Em termos de concentração absoluta dos teores de metais traços na fração silto-argilosa dos sedimentos de fundo (< 0,063 mm), revelou a seguinte ordem de magnitude: Al > Fe > Mn > Pb > Cr > Cu > Ni > Cd. Em termos de toxicologia, as concentrações de Pb e Cd mereceram uma atenção especial por esses pesquisadores, devido à elevada toxicidade dos elementos químicos em questão, bem como pela ocorrência, em concentrações significativas em quase todos os pontos de coleta.

Neste trabalho destacou-se a aplicabilidade do Índice de Qualidade das Águas (IQA) sugerindo que há um forte comprometimento na qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Aurá, considerando que todos os pontos amostrados dentro do período

de 2008 a 2013 apresentaram-se fora de padrão de qualidade e conservação. Do total analisado, 87% dos pontos amostrados foram classificados como “Ruim” e 13% permaneceram na categoria “Péssima”. Os piores níveis de qualidade da água foram observados na região da cabeceira do canal principal (pontos de 1 a 4) (Figura 5).

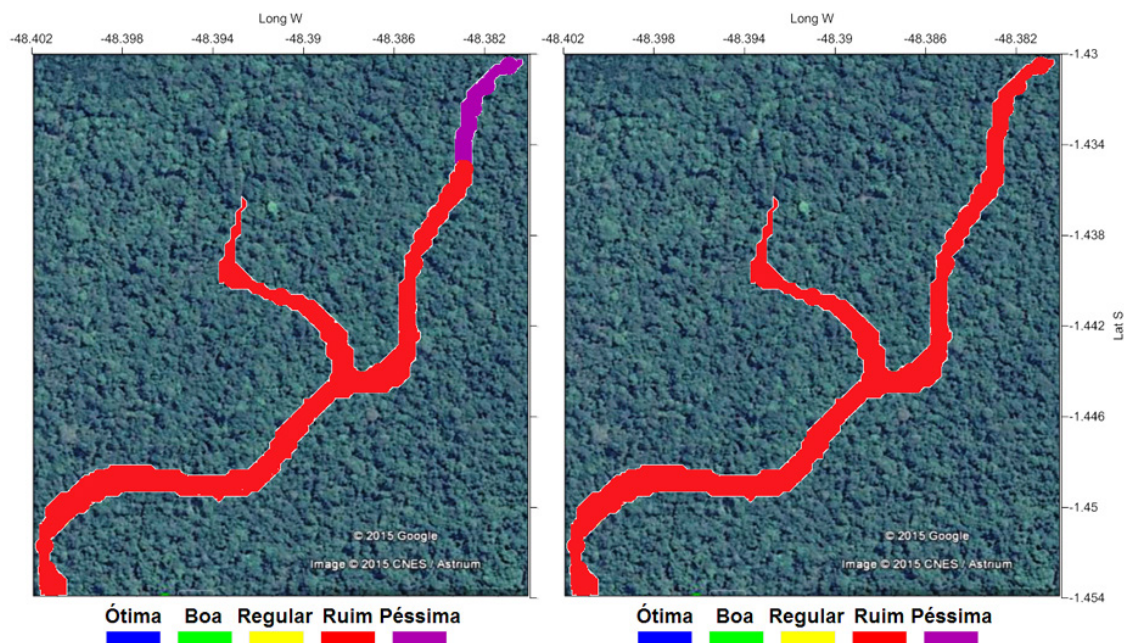


Figura 5: Mapa de isovalores do A) IQA e B) IGQA da bacia do rio Aurá de 2008 a 2013.

Fonte: Siqueira & Aprile (2017).

Segundo esses autores dos nove parâmetros utilizados no cálculo, os que apresentaram maior influência na degradação da qualidade da água foram a saturação do oxigênio, com teores médios de $19,4 \pm 7,3\%$, DBO com média $22,2 \pm 8,5$ mg/L e os coliformes fecais com 990 ± 646 NMP/100ml. Para o cálculo do Fator de Enriquecimento (FE) foi adotado o Al como agente normalizador de referência, e para o VR valores da crosta continental superior. Tendo por base a classificação de Zhang e Liu 2002 citado por Siqueira & Aprile (2017) para definição da origem do elemento metálico, tem-se que os metais Cu, Ni, Pb e Cd apresentaram 100%, o Cr 94% e Mn 50% de contribuição antrópica ($FE > 1,5$). Embora não tenha havido um padrão evidente de enriquecimento ao longo da bacia, é possível notar certa tendência a aumento do FE a partir do ponto 23, quando a declividade é mínima e há um grande meandro no canal principal, resultando em perda de velocidade de corrente e favorecimento do processo de sedimentação, especialmente das frações siltosa e silte-argilosa, cuja afinidade aos elementos metálicos é grande. Com relação a qualidade dos sedimentos, o FE indicou enriquecimento deficiente a moderado para os elementos metálicos Mn e Cr; moderado para Cu e Ni; significativo para Pb, e de significativo a alto para Cd (vide tabela 3). Outro indicador aplicado a qualidade dos sedimentos é o Índice Potencial de Contaminação ou simplesmente Fator de Contaminação (FC), que é a razão da concentração metálica amostrada pelo valor de referência do mesmo metal, ao contrário

do FE que leva em consideração ainda o VR de um agente normalizador de referência (Sc, Al ou Fe). Os resultados indicaram contaminação deficiente à moderada para Mn, Cr, Cu e Ni, significativa para Pb e contaminação significativa a alta para Cd (tabela 3).

	FE		FC		I _{GEO}	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Fe	11,5	16,4	5,1	11,2	1,8	2,9
	13,9±1,3		7,9±1,1		2,4±0,2	
Mn	0,7	2,6	0,4	1,9	-1,9	0,3
	1,5±0,5		0,8±0,3		-0,9±0,5	
Cr	1,1	2,7	0,6	1,8	-1,2	0,3
	2,3±0,3		1,3±0,3		-0,2±0,3	
Cu	2,0	4,3	0,7	2,0	-1,0	0,4
	2,4±0,4		1,4±0,3		-0,2±0,3	
Ni	2,2	4,8	0,8	2,5	-1,0	0,7
	2,9±0,5		1,7±0,4		0,1±0,4	
Pb	5,7	15,6	3,8	5,8	1,3	2,0
	8,6±2,2		4,8±0,6		1,7±0,2	
Cd	13,9	33,2	9,6	11,5	2,7	2,9
	19,5±3,8		10,9±0,4		2,9±0,1	

FE: classificação de Yongming *et al.* (2006) Deficiente Moderado Significativo Alto Extra alto
 FC: classificação ponderada <1 1 - 2,5 2,5 - 10 10 - 20 > 20
 I_{GEO}: classificação de Müller (1969) não não a moderado moderado moderado a forte forte extremo

Tabela 3: Indicadores de Fator de enriquecimento (FE), Fator de contaminação (FC) e Índice de geoacumulação (I_{GEO}) para os metais nos sedimentos. [Média±DP].

Fonte: Siqueira & Aprile, (2017).

Por fim, em estudo realizado recentemente por Ribeiro (2018 *no prelo*), um dos fatores mais importantes destacados no estudo atual foram os teores encontrados do nitrogênio amoniacal e do oxigênio molecular dissolvido nas águas superficiais do Rio Aurá. Os níveis desses parâmetros a montante dessa bacia ficaram acima e abaixo, respectivamente, dos valores permissíveis para rio de classe II segundo a Resolução 357 de 17/03/2005 do CONAMA, sugerindo em principio a hipótese de que ainda o aterro sanitário do Aurá tem uma influência direta sobre os corpos hídricos locais. Para esse autor, as condições físicas químicas das águas superficiais sugere-se intrínseca relação geoquímica com as condições reinantes na bacia de drenagem, desta forma, na visão deste pesquisador, um estudo mais abrangente nos compartimentos ambientais (solo, sedimento, fauna e flora) é conveniente para essa região. Quando se observam as análises dos resultados obtidos na pesquisa de Ribeiro (2018 *no prelo*), pode-se considerar que, as variáveis de qualidade das águas superficiais analisadas, indicaram uma degradação ambiental do Rio Aurá, pois na análise foi possível perceber que as mesmas estão em desacordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, fato esse já constatado por outros autores que realizaram pesquisas nessa bacia. As variáveis que mais influenciaram para tal resultado na pesquisa atual de Ribeiro (2018 *no prelo*) foram: oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio (DBO); nitrogênio amoniacal, os quais indicam uma grande poluição por matéria orgânica, fato este já notado em trabalhos de Siqueira, et al., 2013 e outros autores colaboradores. Os

demais parâmetros (pH, nitratos, turbidez) apresentaram teores que estiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação, nos pontos de amostragem. O Índice de Qualidade das Águas (IQA) aplicado no estudo de Ribeiro (2018 *no prelo*) indicou que 50% da área estudada encontram-se impróprio para o tratamento convencional e abastecimento público, dados estes bem similares a estudos desenvolvidos por outros autores que realizaram estudos nessa região.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que ao longo de mais de uma década, as águas superficiais e sedimentos fluviais de fundo do Rio Aurá vêm sofrendo contaminação ambiental frequente, oriunda do lançamento direto de dejetos do aterro sanitário de Santana do Aurá, no seu curso ou nos seus tributários. A partir deste levantamento bibliográfico de uma série de dados de vários pesquisadores que realizaram estudos nessa região, é possível afirmar que o Rio Aurá sofre influência direta e indireta do lixo do Aurá existente na cabeceira desse sistema, mas devido a prováveis mecanismos naturais diversos, como autodepuração, diluição, adsorção, sedimentação, complexação, quelação e outros processos, ao chegar aos mananciais dos Lagos Bolonha e Água Preta para adução, os padrões ambientais estão timidamente comprometidos. Tendo por base a Resolução CONAMA nº 357 para águas doce de classe 1, pode-se concluir que há indícios de que ao longo do curso do Rio Aurá apresente um quadro de moderada poluição e contaminação ambiental. É notório que as águas captadas pela adutora passam por um sistema de tratamento e descontaminação, mas apesar disso, considerando que as águas do Rio Aurá e de seu receptor (Rio Guamá) são captadas muito próximo da foz do rio Aurá (100 – 150 m a jusante), e redistribuídas nos mananciais usados no abastecimento público da RMB, a indicação de moderada poluição deve ser relida como “**Quadro de Atenção**”, com a necessidade do estabelecimento de um programa efetivo de monitoramento permanente das bacias envolvidas. Alguns pesquisadores quando aplicaram o Índice de Qualidade das Águas (IQA), detectaram que a maior parte das águas do Rio Aurá (@ 86%) encontra-se imprópria para tratamento convencional para abastecimento público. Entretanto, os valores obtidos de IQA são divergentes entre vários autores e não são corroborados em sua plenitude. No presente levantamento bibliográfico foi possível verificar a distribuição dos principais metais traços (Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Ni, Cd e Pb) nos sedimentos fluviais de fundo ao longo do tempo, identificando a ocorrência de origem natural e antrópica. Alguns autores aplicaram como critérios de qualidade de sedimentos o Índice de Geoacumulação (I_{GEO}) e o Fator de Enriquecimento (FE), conferindo entre eles, maior comparabilidade aos estudos de poluição por metais traços nesse sistema aquático. Os índices de I_{GEO} e FE variaram de não poluído para Al, Fe, Mn, Cu, Ni e Cr, e não poluído e moderadamente poluído para Cd e Pb. Tanto

o FE como I_{GEO} mostraram bem coerentes entre si. A concentração total de HPAs estudadas por pesquisadores indica uma contaminação dos sedimentos do Rio Aurá por esses poluentes, a priori, quando se compara com outras áreas urbanizadas em todo o mundo, o conteúdo medido de HPAs do Rio Aurá indica que ele estava altamente contaminado segundo os autores da pesquisa.

De um modo geral, o levantamento das pesquisas realizadas por vários autores nessa região entre os anos de 2002 a 2018 nos proporcionou verificar dados significativos do estado da arte e da situação ambiental no que se refere à contaminação da bacia hidrográfica do Rio Aurá, bem como no tange à qualidade ambiental das suas águas superficiais e dos sedimentos fluviais de fundo. Conclui-se que apesar do lixão do Aurá ter sido desativado em 05 de julho de 2015, que já foi um grande avanço do ponto de vista da legislação ambiental, ainda continua ocorrendo o processo de degradação em quase toda a bacia hidrográfica, necessitando de maior atenção do poder público local, sobretudo no que concerne à contaminação pelo chorume no sistema de drenagem e ecossistema local, e suas implicações ao ambiente aquático em questão.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará;

REFERÊNCIAS

MARQUES, L.C.A. **Avaliação da contaminação das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito de resíduos sólidos do Aurá.** Dissertação de Mestrado, Belém do Pará: PPGCA, UEPA. 2014. 88pp.

MATOS, F.O.; PINHEIRO, L. P.S.; MORALES, G. P.; VASCONCELOS, R.C.de.; MOURA, Q. L. de. **Influencia da maré na dissolução de poluentes gerados no depósito de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Belém-PA.** Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 pág. 1166 a 1176.

MORALES, G. P. **Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do Depósito de Resíduos Sólidos do Aurá.** Tese de Doutorado em Hidrogeoquímica. Centro de Geociências, UFPA. 2002. 350pp.

MORALES, G. P.; FENZL, N. **Environmental impact for of the deposit of solid waste of the “Auré” Belém-PA.** In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31. 2000.

OLAVO FILHO.; ANTÔNIO JUNIOR. **Avaliação hidrogeoquímica na área de abrangência do Parque Ambiental de Belém – PA.** Anais do IV Congresso de Pesquisa e Inovação de Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica (IV CONNEPI), Belém do Pará. 2009.

RIBEIRO, A.A. **Caracterização dos parâmetros de qualidade de água do Rio Aurá, Belém-Pará: Aplicação de índice de qualidade malasiano (DOE-IQA).** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Profissional em Processos do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEP/ITEC/UFPA), 2018, *no prelo*.

SANTO V.C.P. **Aurá de gentes, lixo e água: ação pública e racionalidades em confronto em Belém (PA)**. Revista de Direito da Cidade, 6 (1):65-89, 2014.

SANTOS, C.C. dos; SOARES, L. da S.; CORRÊA, J. A. M. **Occurrence and Sources of Priority Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediment Samples along the Aurá River (Northern Brazil)**. Revista Geochimica Brasiliensis 30(1): 26 - 32, 2016.

SANTOS, S. N.; LAFON, J. M.; CORRÊA, J. A. M.; BABINSKI, M.; DIAS, F. F.; TADDEI, M. H. T. **Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém - Pará)**. Revista, *Quim. Nova*, Vol. XY, No. 00, 1-8, 2011.

SILVA, L. M. da.; MORALES, G. P.; LIMA, A. M. M.de. **Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos Rios Guamá e Aurá, Belém do Pará**. Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; pág. 3161 a 3179. 2014.

SIQUEIRA G.W., APRILE F. **Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém - PA**. Revista Acta Amazônica, 43(1):51-62. 2013.

SIQUEIRA G.W., APRILE F. **Indicadores de qualidade ambiental para a bacia do Rio Aurá sob influência de aterro sanitário descontrolado (Região Metropolitana de Belém, Brasil)**. II Seminário de Pesquisa em Meio Ambiente e Conservação (II SPMAC), de 16 à 18/11/2016. Livro E-Bock Digital - Educação Ambiental & Sustentabilidade na Amazônia - Cláudio Nahum Alves, Davi do Socorro Barros Brasil, Gilmar Wanzeller Siqueira, Edson Leandro de A. Silva, José Douglas da G. Melo e Renato Hilton da S. Reis (Organizadores). Belém do Pará: Editora da UFPA. ISBN: 978-85-63728-47-0/Vol. I, 1-307. 2017.

SIQUEIRA G.W., APRILE F., ALVES C.N., OLIVEIRA M.L., MENDES A.M., SANTOS V.C.D., RIBEIRO A.A., BENTES B.A. **Metal fractionation on fluvial bed sediments and the risk assessment for water supply (Amazonian-Brazil)**. Global Journal of Interdisciplinay Social Sciences, 3(2):93-102. 2014.

SIQUEIRA, G.W., APRILE F., DARWICH A., SANTOS V.C. DOS, MENEZES B.T.A. **Environmental Diagnostic of the Aurá River Basin (Pará, Brazil): Water Pollution by Uncontrolled Landfill Waste**. Archives of Current Research International 5(2):1-13, 2016a.

SIQUEIRA, G.W., MENEZES, B.T.A; ROSA, W.L; BENTES, B.A. **Indicadores da qualidade dos sedimentos do Rio Aurá e suas implicações ambientais (Região Metropolitana de Belém)**. Anais do IV Congresso Nacional de Educação Ambiental & VI Encontro Nordestino de Biogeografia. UFPB, João Pessoa, PB, 20 a 23 de abril de 2016. Livro E-Bock Digital - Educação Ambiental & Biogeografia / Giovanni Seabra (Organizador). Ituiutaba: Barlavento, 2016. ISBN: 978-85-68066-24-9, Vol. I, 1945-1957, 2360pp. 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Felipe Santana Machado

Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

Aloysio Souza de Moura

Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-144-2

