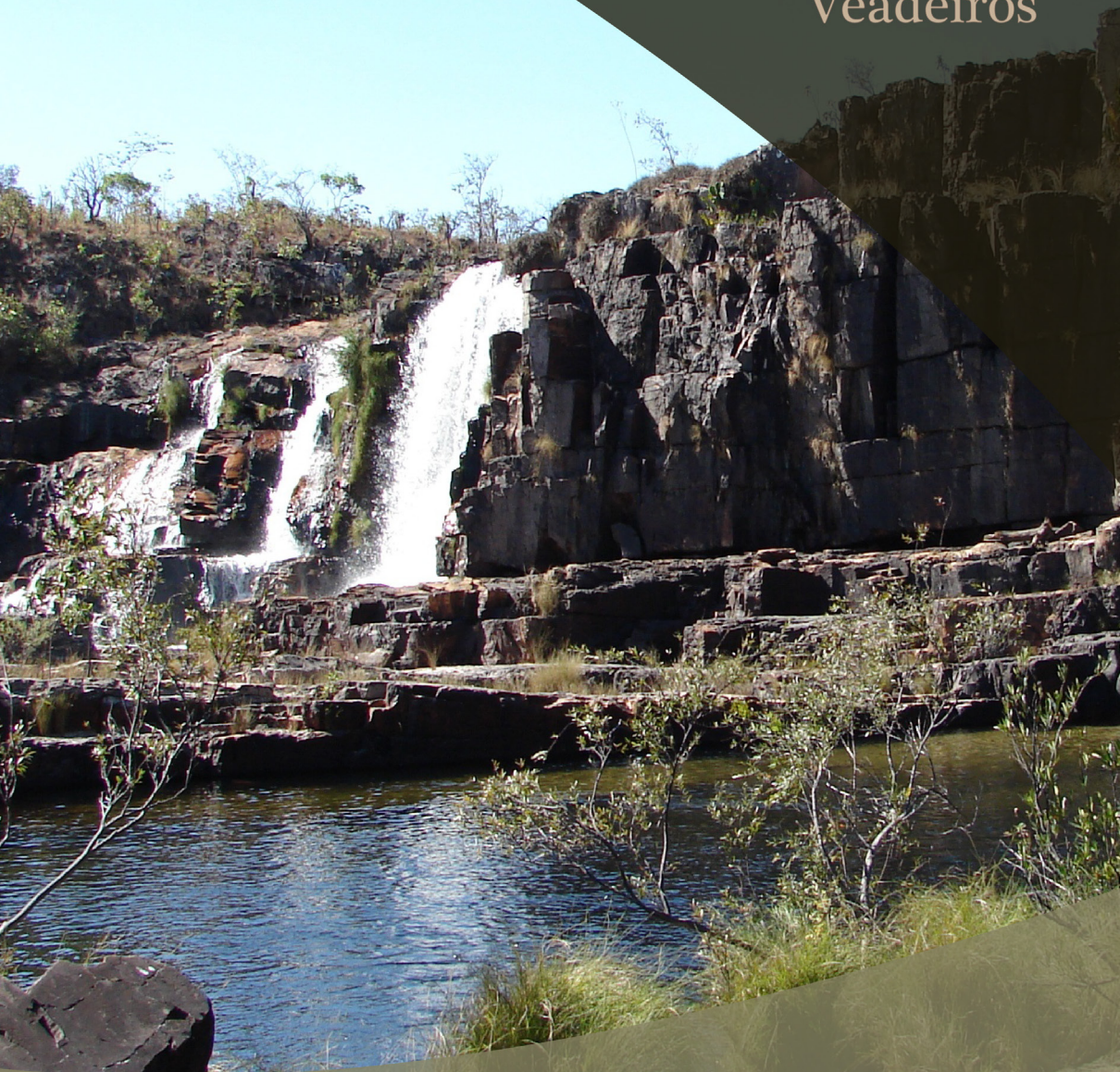


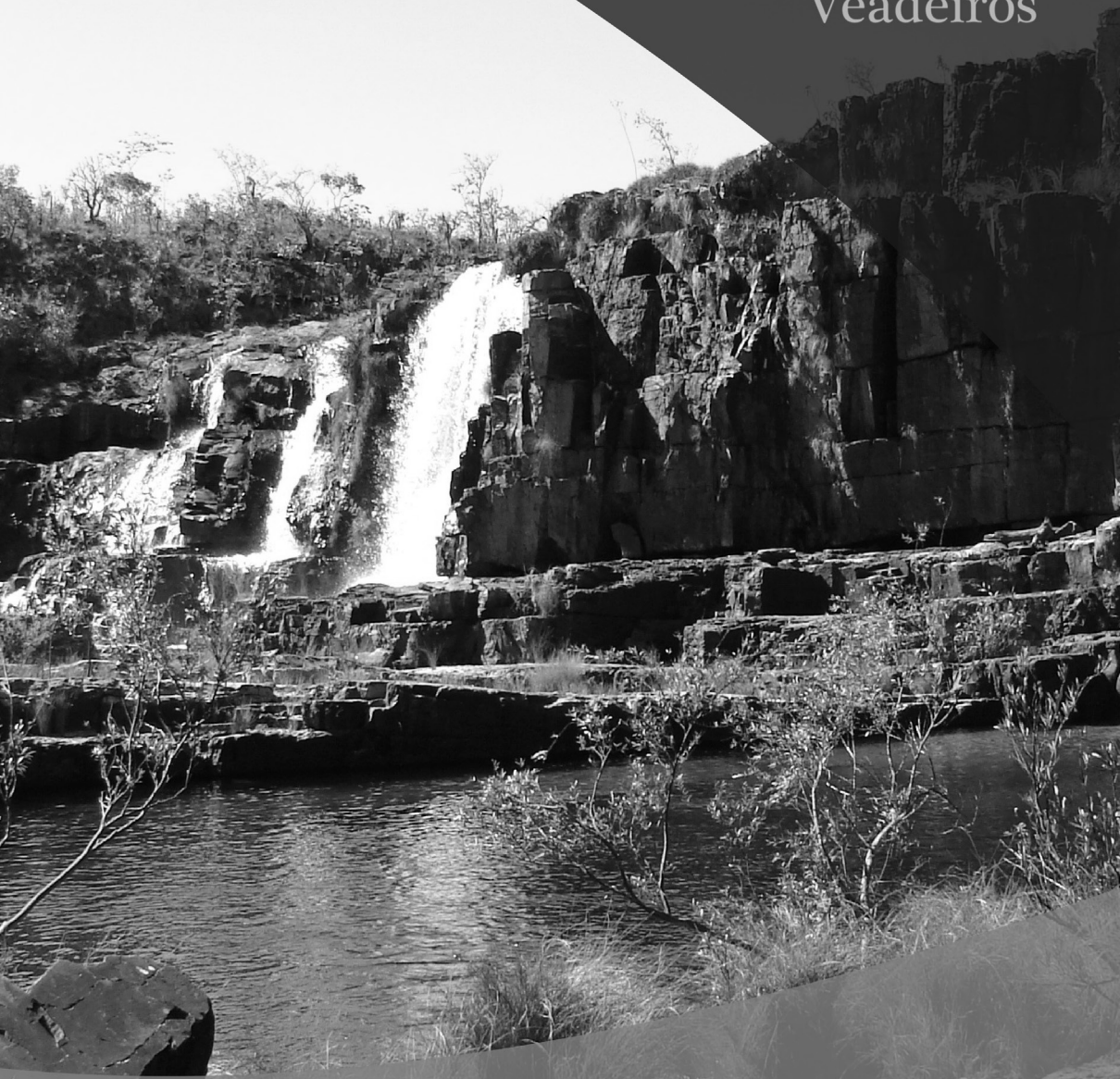
Mapeamento de Indicadores Ambientais e de Diversidade Biológica Aquática da Chapada dos Veadeiros



Claudia Padovesi Fonseca
(organizadora)

 EDITORA
ARTEMIS
2023

Mapeamento de Indicadores Ambientais e de Diversidade Biológica Aquática da Chapada dos Veadeiros



Claudia Padovesi Fonseca
(organizadora)

 EDITORA
ARTEMIS
2023



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Prof. ^a Dr. ^a Claudia Padovesi Fonseca
Imagem da Capa	Catarata do Rio dos Couros, Chapada dos Veadeiros, GO, Fotografia de: Claudia Padovesi Fonseca (arquivo pessoal)
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointier Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

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

M297 Mapeamento de indicadores ambientais e de diversidade biológica aquática da Chapada dos Veadeiros / Organizadora Claudia Padovesi Fonseca. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-87396-86-6

DOI 10.37572/EdArt_030723866

1. Ecossistemas – Veadeiros, Chapada dos (GO). I. Fonseca, Claudia Padovesi.

CDD 580.981

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



DEDICATÓRIA

À Mercedes, minha mãe, pelo amor e
confiança

Aos meus filhos, Ana Luisa e Artur, pela
permissão do recomeço

AGRADECIMENTOS

Este livro é fruto de pesquisas realizadas pelo Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL) da Universidade de Brasília (UnB), cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) desde 1997. As atividades do projeto 'Mapeamento de indicadores ambientais e de diversidade biológica aquática da Chapada dos Veadeiros' foram iniciadas em 2011. A sede do Centro de Estudos Avançados do Cerrado (CER) da Universidade de Brasília em Alto Paraíso de Goiás foi fundamental para o apoio logístico das atividades de campo e de laboratório do projeto em andamento.

Agradecemos à secretaria do CER de Alto Paraíso, pelo auxílio nas comunicações e logística para aulas ministradas aos estudantes de ensino médio da região. Estendemos os agradecimentos à diretoria do CER, Maria Júlia Martins Silva (Diretora) e Renato Caparroz (Vice-Diretor).

Agradecemos ao Instituto de Biologia da UnB pela viabilização de veículo e motorista, e que, frequentemente nos auxiliava nas coletas de campo e análise laboratorial.

Agradecemos ao Centro de Estudos Avançados do Cerrado (CER) da Universidade de Brasília pelo apoio logístico no transporte de Brasília a Alto Paraíso, com a disponibilização de veículo e motorista.

Agradecemos ao CER pelas bolsas de iniciação científica voltadas especificamente para estudos na Chapada dos Veadeiros.

Agradecemos a todos os estudantes que participaram das atividades de campo e laboratório durante o período do projeto. O envolvimento de todos na execução das atividades foi fundamental para a troca de conhecimento e produção de resultados com embasamento técnico-científico.

APRESENTAÇÃO

Um mergulho ao centro do Brasil. A partida foi o encontro de duas pesquisadoras amigas e loucas por águas. Que vislumbraram a oportunidade de trabalhar sua fonte de loucura em águas nunca codificadas sob suas especialidades. O convite se estendeu a outras pesquisadoras que embarcaram firmes nessa corrente de loucura. Formamos o quarteto de mulheres na ciência aquática do centro do Brasil: eu, Maria Júlia, Maria Fernanda e Valéria. Navegantes foram convocados a incorporar a tripulação nessa aventura aquática. Estudantes em formação, graduados e técnicos formaram a nossa estimada equipe nas idas ao campo e análise laboratorial de amostras de água e material biológico. A nossa área de estudo são as águas da Chapada dos Veadeiros, no centro do Brasil. Onde as nuvens e os picos dos morros se encostam entre vales, que conferem espetaculares paisagens. Águas que nascem em um contínuo e percorrem vales rochosos e planaltos de vidas seculares. Do encontro das loucas se passaram 12 anos e, nesse momento, o brindamos com a publicação do presente livro.

O livro aborda o mapeamento de indicadores ambientais e de diversidade biológica aquática. O capítulo inicial apresenta bases na biodiversidade aquática que confere o Cerrado como região relevante para abrigo de espécies endêmicas, bem como as ameaçadas de extinção.

Temos mais quatro capítulos que traduzem a indicação de grupos biológicos na qualidade ambiental das águas do Cerrado do Brasil central. As algas de riachos de cabeceira e de interface do Cerrado com outros biomas do Brasil foram mapeadas, e apontaram maior poder de avaliação ambiental local, em detrimento ao efeito da paisagem da bacia hidrográfica. A microfauna de rios foi analisada em dois cursos d'água da Chapada dos Veadeiros. O tipo de sedimento e a heterogeneidade ambiental dos córregos foram os pilares para a diversificação de espécies. Tendência semelhante foi obtida para os macroinvertebrados bentônicos nesses dois cursos d'água. Houve o registro de maior número de organismos em sedimento rochoso e em período sem chuvas. Estratégia reprodutiva de espécies de peixes foi analisada no alto do rio Tocantins em área de influência de represa artificial. Os aspectos reprodutivos foram influenciados pelo represamento do rio, em especial das espécies de peixes migratórias.

Os dois últimos capítulos se referem à caracterização da bacia hidrográfica e condições ambientais, e físicas e químicas das águas de rios da Chapada dos Veadeiros. As águas de três rios indicaram boa qualidade, e os rios se encontram preservados em termos de qualidade química. A principal contribuição química é de origem natural decorrente do intemperismo e lixiviação do solo. Diagnóstico ambiental dos rios e de

suas bacias hidrográficas identificou elementos essenciais para o poder de preservação da região. O Cerrado está bem preservado e ainda tem reduzida atividade humana na área. Entretanto, os cursos d'água são vulneráveis à entrada de sedimentos devido ao acentuado declive do solo e a sua predominância de ser pedregoso.

A publicação desse livro vem ao encontro de suprir lacunas ainda presentes sobre as águas do Cerrado do centro do país, tanto voltadas para o conhecimento da diversidade biológica, bem como obtenção de diagnósticos de condições ambientais de áreas preservadas e ainda prístinas.

Demonstra também a importância de unidades acadêmicas localizadas em municípios da região de coletas de campo, como o Centro de Estudos Avançados do Cerrado da Universidade de Brasília (CER/UnB). A realização desse projeto não seria possível sem a logística fornecida pelo Centro, bem como de suas bolsas aos estudantes vinculados. Alia a formação de recursos humanos e fornece subsídios aos gestores ambientais.

O livro está dirigido a graduandos e graduados em ecologia, biologia e de outras áreas ambientais; técnicos e profissionais de meio ambiente em instituições de pesquisa, de órgãos ambientais, privados e governamentais.

Esperamos que esse livro seja útil para agregar conhecimento e permitir reflexões dirigidas a decisões que efetivamente contribuam para um futuro melhor. Boa leitura!

Brasília, 12 de maio de 2023.

Claudia Padovesi Fonseca
Organizadora

PREFÁCIO

A Chapada dos Veadeiros é uma região onde a natureza é superlativa em todos os aspectos, quanto à biodiversidade, paisagens e belezas cênicas, destinos turísticos, e diversidade cultural e humana. É reconhecida como um dos centros de riqueza e endemismo da biota do Cerrado, e possui grandes áreas naturais, como o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, diversas Reservas Particulares do Patrimônio Natural, a APA do Pouso Alto, e outras áreas protegidas públicas e particulares. Destaca-se ainda a presença do pato-mergulhão, espécie criticamente ameaçada de extinção, e considerado o “embaixador das águas brasileiras” por depender de águas limpas e transparentes para sobreviver.

Os aspectos notáveis da Chapada dos Veadeiros, assim como o pato-mergulhão, são associados à água, sejam os ecossistemas de veredas de buriti, os campos úmidos e campos de murundus, os córregos e rios cristalinos ou dourados, e as incontáveis cachoeiras. Dito isto, é paradoxal que existam pouquíssimas pesquisas científicas sobre os ambientes hídricos da região.

Este livro vem com sucesso cobrir várias lacunas sobre o conhecimento da biota aquática da Chapada dos Veadeiros, graças ao trabalho da coordenadora Profa. Claudia Padovesi Fonseca, e demais colegas da Universidade de Brasília, Profa. Maria Júlia Martins Silva, Profa. Maria Fernanda Nince Ferreira, Profa Valéria Regina Belotto, Carolina Teixeira Puppim Gonçalves, e João Bosco Rodrigues Peres Júnior.

Parabenizo a coordenadora e os autores dos capítulos, e desejo que o livro encontre o sucesso merecido pela qualidade do trabalho e relevância para o conhecimento e conservação da biodiversidade e qualidade de vida humana na Chapada dos Veadeiros.

Roberto Brandão Cavalcanti
Prof. da Universidade de Brasília
Pesquisas em ecologia e conservação da avifauna do Cerrado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ÁREAS DE CERRADO COMO ANÁLISE DE REFERÊNCIA PARA A CONSERVAÇÃO
AQUÁTICA NO BRASIL

Claudia Padovesi Fonseca

Maria Júlia Martins Silva

Carolina Teixeira Puppim Gonçalves

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238661

CAPÍTULO 2..... 21

DIVERSIDADE DE ALGAS EM RIACHOS PRÍSTINOS DO CERRADO

Claudia Padovesi Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238662

CAPÍTULO 3..... 30

MICROFAUNA DE RIOS DA CHAPADA DOS VEADEIROS, BRASIL CENTRAL

Claudia Padovesi Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238663

CAPÍTULO 4..... 40

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RIACHOS DE CABECEIRA DA
CHAPADA DOS VEADEIROS

Maria Júlia Martins Silva

Claudia Padovesi Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238664

CAPÍTULO 5..... 50

ESTRATÉGIA REPRODUTIVA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM AMBIENTE
IMPACTADO PELA CONSTRUÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA NO ALTO RIO
TOCANTINS

Maria Fernanda Nince Ferreira

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238665

CAPÍTULO 6..... 59

HIDROGEOQUÍMICA E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE RIOS DO CERRADO CENTRAL DO BRASIL

Valéria Regina Bellotto

João Bosco Rodrigues Peres Júnior

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238666

CAPÍTULO 7 72

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE RIACHOS DA CHAPADA DOS VEADEIROS, BRASIL CENTRAL

Claudia Padovesi Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_0307238667

SOBRE A ORGANIZADORA 83

ÍNDICE REMISSIVO 84

CAPÍTULO 6

HIDROGEOQUÍMICA E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE RIOS DO CERRADO CENTRAL DO BRASIL

Data de submissão: 24/05/2023

Data de aceite: 12/06/2023

Valéria Regina Bellotto

Professora Associada da
Universidade de Brasília (UnB)
Mestre em Geociências (Geoquímica) pela
Universidade Federal Fluminense (UFF) e
Doutora em Química Analítica pela
Pontifícia Universidade Católica do
Rio de Janeiro (PUC-Rio)
Divisão de Química Analítica
Instituto de Química
Universidade de Brasília - UnB
Brasília - Distrito Federal
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF CEP 70910-900, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-6909-6707>

João Bosco Rodrigues Peres Júnior

Bacharel em Química pela
Universidade Federal do Pará
Mestre e Doutor em Química pela
Universidade de Brasília
Divisão de Química Analítica
Instituto de Química
Universidade de Brasília - UnB
Brasília - Distrito Federal
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF CEP 70910-900, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9492735438923965>

a hidrogeoquímica das águas de três micro-bacias, sendo elas: a do Rio São Bartolomeu, do rio dos Couros e do rio Tocantininho. Foram realizadas coletas em três períodos distintos: na estação seca, no início das chuvas e final das chuvas. Em cada período foram coletadas amostras de vários pontos dos rios e determinaram-se *in situ* os parâmetros físico-químicos, como: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Além disso, foram coletadas amostras subsuperficiais de água para determinação de ânions (Cl^- , SO_4^{2-} , F^-) e cátions majoritários (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}). Pelo diagrama de Piper verificou-se que as águas do Rio São Bartolomeu, têm predomínio dos cátions: cálcio e magnésio e o ânion predominante é o Bicarbonato, o mesmo ocorre para o Rio Tocantininho, já no rio dos Couros não existe predominância de um cátion e ânions. Na comparação com o que estabelece a Resolução CONAMA para classe 2 de água doce, todos os parâmetros químicos de todos os rios estudados encontravam-se dentro dos limites estabelecidos, indicando uma boa qualidade de suas águas. Os resultados indicam que os rios estudados se encontram preservados em termos de qualidade química de suas águas, pois a principal contribuição dos elementos químicos é de origem natural, proveniente do intemperismo químico e lixiviação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de água. Diagrama de Piper. Composição química. Águas naturais.

RESUMO: O presente estudo foi realizado na região da Chapada dos Veadeiros – GO e aborda

HYDROGEOCHEMISTRY AND CLASSIFICATION OF RIVER WATERS FROM THE CENTRAL CERRADO OF BRAZIL

ABSTRACT: The present study was carried out in the region of Chapada dos Veadeiros - GO and addresses the hydrogeochemistry of the waters of three micro-basins, namely: the São Bartolomeu River, the Couros River and the Tocantinzinho River. Water sampling was carried out in three different periods: in the dry season, at the beginning of the rainy season and at its end. In each period, samples were collected from various rivers sites and physical-chemical parameters were determined *in situ* (temperature, pH, dissolved oxygen, dissolved oxygen saturation, total dissolved solids and electrical conductivity). In addition, subsurface water samples were collected for determination of anions (Cl^- , SO_4^{2-} , F^-) and major cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+}). Through the Piper diagram it was verified that the waters of the São Bartolomeu River, have a predominance of calcium and magnesium cations and the predominant anion is bicarbonate, the same occurs for the Tocantinzinho River. The waters of the Couros River do not show predominance of any cation and anion. In comparison with what is established by the CONAMA Resolution for class 2 of fresh water, all the chemical parameters of all the rivers studied were within the established limits, indicating a good quality of their waters. The results indicate that the investigated rivers are preserved in terms of the chemical quality of their waters, since the main contribution of chemical elements is of natural origin, from chemical weathering and soil leaching.

KEYWORDS: Water quality. Piper diagram. Chemical composition. Natural waters.

1 INTRODUÇÃO

As condições das águas naturais tanto em termos de qualidade como disponibilidade tem mudado gradativamente devido às mudanças climáticas e ao aumento das atividades humanas (RAYMOND *et al.*, 2008). Uma vez que as águas dos rios representam uma das principais fontes de água para os seres humanos e para as demais espécies de animais e plantas, conhecer e monitorar a disponibilidade e a qualidade das águas é extremamente importante para os ecossistemas e para a sociedade (BEHMEL *et al.*, 2016).

Estudos geoquímicos de sistemas fluviais ao redor de todo o mundo têm sido fundamentais na determinação de como o intemperismo das rochas e os padrões de uso do solo impactam a química dos rios e a qualidade das águas para seus diferentes usos (DOUGLAS *et al.*, 2002). Estes estudos, porém, tem se concentrado principalmente em grandes rios como o Amazonas, Mackenzie, Mississipi, Ganges, entre outros, em função, obviamente, da grande importância destes em vários aspectos (GOLDSMITH *et al.*, 2015). Estes grandes rios, por exemplo, suprem a necessidade de água e alimento de grandes comunidades e são responsáveis por carrear e distribuir sedimentos férteis por grandes áreas (GAILLARDET *et al.*, 1997). De outro lado, muitas vezes se torna difícil avaliar a

contribuição das diferentes fontes que determinam a composição geoquímica de suas águas, já que muitos fatores importantes, tais como: litologia, geomorfologia, clima, cobertura vegetal e impacto humano, podem variar muito através de seus longos cursos (SHARMA *et al.*, 2011).

Os pequenos rios, quando comparados aos grandes rios, em geral fluem através de terrenos com geologia menos diversificada, tem variações de clima mais limitadas e as intervenções humanas podem ser avaliadas de forma mais adequada. Vários estudos, como os de JENNERJAHN *et al.* (2008) e GODSMITH *et al.* (2015), recomendam os pequenos sistemas fluviais de montanha ou de altitude, em especial aqueles situados nos trópicos, como candidatos adequados para estudos de processos biogeoquímicos por causa de suas bacias relativamente pequenas, curto tempo de resposta e uma identificação mais fácil das atividades antrópicas em suas hidroquímica e biogeoquímica. Neste sentido, presente trabalho teve como objetivo investigar a o comportamento de variáveis físico-químicas e dos componentes (cátions e ânions) majoritários nas águas de três rios da Chapada dos Veadeiros (GO), uma região ainda preservada de Cerrado central do Brasil, de forma a permitir a classificação destes rios conforme sua composição química e avaliar o grau de preservação da qualidade de suas águas.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Chapada dos Veadeiros é uma região de Cerrado localizada no nordeste do estado de Goiás, ponto culminante do Planalto Central, abrangendo cinco municípios: Alto Paraíso, Cavalcante, Colinas do Sul, São João D'aliança e Teresina de Goiás. A região ainda é em grande parte uma área preservada, porém essa característica vem se modificando com a expansão da agricultura e a pressão para instalação de mineradoras e barragens de rios. Estas atividades são conflitantes quanto à qualidade de água requerida e produzida.

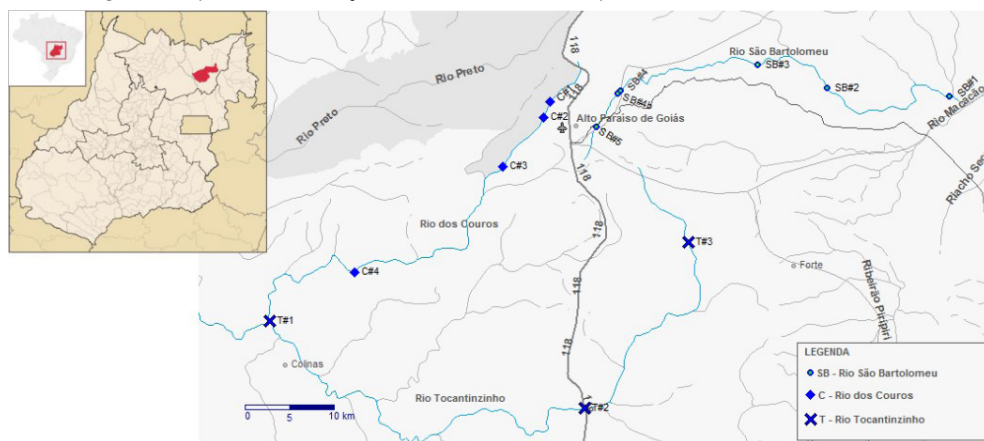
Dentre os vários rios que cortam esses municípios, destacam-se: o Rio São Bartolomeu, o Rio dos Couros e o Rio Tocantinzinho. O rio São Bartolomeu tem sua nascente próxima ao perímetro urbano do município de Alto Paraíso de Goiás e percorre 74 km da região, longitudinalmente em direção leste até o Rio Macacão. O Rio dos Couros nasce próximo ao Morro do Capão Grosso (1.638 m de altitude), no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e corre 71,5 Km pela divisa leste desta unidade de conservação, até desaguar no Rio Tocantinzinho. Este por sua vez, possui nascente próximo à cidade de Alto Paraíso e percorre 184 km até desaguar no lago da hidrelétrica de Serra da Mesa.

A região está inserida na porção norte da zona externa da Faixa Brasília, que compõe a Província Tocantins, um sistema orogênico do Ciclo Brasileiro, localizada entre os crátons São Francisco, a leste e Amazônico, a oeste (ALMEIDA *et al.*, 1981). As unidades de rocha que afloram na área de estudos, estas unidades pertencem aos grupos Araí, Formação Arraias, Paranoá, Bambuí; Formação Paraopeba e Três Marias (CPRM, 2004). O regime de chuva é tropical, com estações de seca ocorrendo entre abril e setembro, e a chuva concentrando-se no verão, entre novembro e março, com precipitação anual entre 1.500 mm e 1.750 mm.

2.2 METODOLOGIA DE COLETA E DE ANÁLISES QUÍMICAS

Foram realizadas coletas de água subsuperficial em diferentes pontos de três rios: São Bartolomeu, Couros e Tocantinzinho (Figura 1), em três épocas distintas: estação seca (agosto/2011), início da estação úmida (outubro/2011) e final da estação úmida (fevereiro/2012).

Figura 1 - Mapa com a localização da área de estudo e dos pontos de coleta (fonte: os autores).



Os parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos-TDS e oxigênio dissolvido) foram determinados *in situ* com uma sonda multiparâmetro (Marca Oakton e Modelo PCD650). As amostras de água foram coletadas com garrafa horizontal de Van Dorn e filtradas em filtros de membrana tipo HA de 0,45µm de porosidade.

Os cátions majoritários: sódio, potássio, cálcio e magnésio foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) com atomização em chama (Varian AA240FS); os ânions cloreto e sulfato foram determinados por Cromatografia de Íons (881 Compact IC pro - Metrohm); enquanto o bicarbonato foi determinado por titulometria.

Na tabela 1 são apresentadas as coordenadas geográficas dos pontos de coleta nos rios.

Tabela 1. Coordenadas e códigos dos pontos de coleta.

Sigla dos pontos de coleta	Coordenadas		Local
	Latitude (S)	Longitude (W)	
SB1	14°05'14,7"	47°07'33,2"	Rio São Bartolomeu
SB2	14°04'46,3"	47°15'15,2"	Rio São Bartolomeu
SB3	14°02'44,7"	47°20'10,3"	Rio São Bartolomeu
SB4	14°04'00"	47°27'54"	Rio São Bartolomeu
SB4b	14°04'48"	47°28'24"	Rio São Bartolomeu
SB5	14°06'53,4"	47°29'55,2"	Rio São Bartolomeu
C1	14°05'21,4"	47°32'39,2"	Rio dos Couros
C2	14°33'04"	47°33'03"	Rio dos Couros
C3	14°09'36,9"	47°33'37,8"	Rio dos Couros
C4	14°16'33,1"	47°44'55,1"	Rio dos Couros
T1	14°19'51,6"	47°50'10,1"	Rio Tocantinzinho
T2	14°25'41,5"	47°30'24"	Rio Tocantinzinho
T3	14°14'39,4"	47°24'35"	Rio Tocantinzinho

Os ânions dissolvidos: fluoreto, cloreto, sulfato, nitrato e fosfato foram determinados por Cromatografia Iônica no Laboratório de Geocronologia IG/UnB, empregando-se um Cromatógrafo de íons (881 *Compact IC pro - Metrohm*), através de um detector de condutividade, em uma coluna do tipo: Metrosep A Supp 5 - 250/4.0, tendo Na₂CO₃ (3,2 mM)/NaHCO₃ (1 mM) como eluente, fluxo de 0,700 mL/min, pressão de 13,89 Mpa, volume de injeção igual a 20 µL e temperatura de 22,5 °C. Utilizou-se calibração externa.

O íon bicarbonato foi calculado por meio de um modelo iônico, empregando-se nos cálculos: a alcalinidade total, a temperatura da água e o pH. A alcalinidade total das amostras foi determinada por titulação com HCl (0,001M), empregando-se o método de Gran (GRAN, 1952).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta os resultados encontrados para as variáveis físico-químicas: T (temperatura), pH, O.D (oxigênio dissolvido), Sat. O.D, (saturação de oxigênio dissolvido), STD (sólidos totais dissolvidos), Cond. (condutividade), nos três rios estudados, considerando todo o período de estudo.

Os valores médios de temperatura, oxigênio dissolvido e grau de saturação de oxigênio não apresentaram diferenças significativas (para um nível de confiança de 95%) entre os três rios, considerando todo o período de estudo. Em todos os rios o nível de oxigênio manteve-se acima de 5 mg/L, considerado o valor limite para águas naturais Classe 2 (CONAMA, 2005).

Tabela 2. Valores máximos, mínimos, médio e D.P. (desvio padrão) encontrados para as variáveis T (temperatura), pH, O.D (oxigênio dissolvido), Sat. O.D, (saturação de oxigênio dissolvido), STD (sólidos totais dissolvidos), Cond. (condutividade), nos três rios estudados, considerando todo o período de estudo.

Rio		T (°C)	pH	O.D (mg/L)	Sat. O.D (%)	STD (mg/L)	Cond. (µS/cm)
São Bartolomeu (n=17)	Máximo	25,60	7,61	7,87	94,00	38,40	70,31
	Mínimo	21,10	6,54	5,91	75,20	8,40	17,23
	Média	23,28	7,09	7,19	85,74	19,01	39,55
	D.P.	1,35	0,35	0,50	5,23	10,25	20,09
Couros (n=9)	Máximo	24,30	6,58	7,53	89,20	4,56	10,00
	Mínimo	19,50	5,36	4,60	64,90	1,99	4,58
	Média	22,06	5,93	6,54	77,50	2,81	6,38
	D.P.	1,57	0,42	0,92	8,51	0,77	1,84
Tocantinzinho (n=7)	Máximo	25,10	7,21	7,55	95,20	28,14	62,74
	Mínimo	21,80	5,76	5,94	69,70	3,20	7,21
	Média	23,25	6,73	6,90	82,94	14,80	32,09
	D.P.	1,17	0,49	0,68	10,34	10,44	23,03

Os valores médios de condutividade elétrica 39,55 (\pm 20,09) μ S/cm ($p=0,000139$), sólidos totais dissolvidos 19,01 (\pm 10,25) mg/L ($p=0,000137$) e bicarbonato 18,91 (\pm 11,27) mg/L ($p=0,000136$) foram significativamente maiores no Rio São Bartolomeu do que no rio dos Couros 6,38 (\pm 1,84) μ S/cm, 2,81 (\pm 0,77) mg/L e 1,29 (\pm 1,29) mg/L. Este resultado é um reflexo direto da litologia e da geoquímica da região. A Bacia do rio São Bartolomeu está sobre forte influência de solos eutróficos, ou seja, com alta capacidade de troca de bases, essas bases geralmente são provenientes de rochas carbonáticas presentes no grupo Bambuí (CPRM, 2004).

A tabela 3 apresenta os resultados dos cátions majoritários: Na⁺ (sódio), Ca²⁺ (cálcio), K⁺ (potássio) e Mg²⁺ (magnésio) nos três rios estudados, considerando todo o período de estudo. Enquanto, a tabela 4 apresenta os resultados dos ânions majoritários: HCO₃⁻ (bicarbonato), F⁻ (fluoreto), Cl⁻ (cloreto) e SO₄²⁻ (sulfato).

Tabela 3. Valores máximos, mínimos, médio e D.P. (desvio padrão) encontrados para os cátions: Na⁺ (sódio), Ca²⁺ (cálcio), K⁺ (potássio) e Mg²⁺ (magnésio) nos três rios estudados, considerando todo o período de estudo.

Rio		Na ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)
São Bartolomeu (n=17)	Máximo	0,746	9,18	1,44	2,229
	Mínimo	0,207	1,76	0,210	0,565
	Média	0,515	4,77	0,455	1,249
	D.P.	0,169	2,90	0,301	0,623
Couros (n=9)	Máximo	0,252	0,368	0,839	0,257
	Mínimo	0,012	0,113	0,112	0,048
	Média	0,151	0,226	0,321	0,125
	D.P.	0,088	0,089	0,252	0,074
Tocantinzinho (n=7)	Máximo	0,374	7,607	1,390	3,13
	Mínimo	0,184	0,144	0,255	0,153
	Média	0,268	3,228	0,509	1,59
	D.P.	0,079	2,846	0,409	1,11

As concentrações médias de cálcio e magnésio no rio São Bartolomeu são significativamente maiores do que no rio dos Couros ($p < 0,05$).

A concentração de média de magnésio para o rio Tocantinzinho também é significativamente maior do que no rio dos Couros ($p < 0,05$). Esses valores significativamente maiores para o rio São Bartolomeu e Tocantinzinho se dão em função da geologia, com predominância de rochas calcárias e dolomíticas da Formação Bambuí, já referida acima.

Estes resultados indicam um controle majoritário dos processos de intemperismo sobre a composição das águas dos rios investigados. BELLOTTO *et al.* (2020) mostraram, por meio da análise do Diagrama de Gibb's, que o intemperismo seria o principal fator controlador da composição química dos rios São Bartolomeu e Tocantinzinho. Enquanto, para o rio dos Couros os autores verificaram uma alternância entre a predominância de intemperismo e precipitação no controle da composição química, dependendo da época do ano: seca e chuva, respectivamente.

Tabela 4. Valores máximos, mínimos, médio e D.P. (desvio padrão) encontrados para os ânions: HCO₃⁻ (bicarbonato), F⁻ (fluoreto), Cl⁻ (cloreto), SO₄²⁻ (sulfato), nos três rios estudados, considerando todo o período de estudo.

Rio		HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
São Bartolomeu (n=17)	Máximo	48,5	0,656	1,02	1,05
	Mínimo	6,12	<0,088	0,357	<0,275
	Média	18,1	-	0,597	-
	D.P.	11,	-	0,295	-
Couros (n=9)	Máximo	2,98	<0,088	<0,368	<0,275
	Mínimo	0,07	<0,088	<0,368	<0,275
	Média	1,29	-	-	-
	D.P.	1,29	-	-	-
Tocantinzinho (n=7)	Máximo	25,7	<0,088	<0,368	<0,275
	Mínimo	2,89	<0,088	<0,368	<0,275
	Média	13,9	-	-	-
	D.P.	9,11	-	-	-

Estudos realizados em outros sistemas fluviais em diferentes partes do mundo têm encontrado resultados semelhantes, com a geologia local e o intemperismo sendo os principais fatores controladores da composição química de águas fluviais ainda preservadas (DOUGLAS *et al.*, 2002; TSERING *et al.*, 2019).

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

A composição química de águas naturais serve de base para a classificação dessas águas segundo seus componentes principais (cátions e ânions majoritários).

Um dos principais métodos gráficos empregados para a classificação de águas é o diagrama de Piper, que é uma ferramenta hidroquímica utilizada para comparação de distintos grupos de água quanto aos cátions e ânions dominantes. (PIPER, 1944).

O Diagrama é obtido plotando os valores percentuais das concentrações dos principais cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$) e dos principais ânions (HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-}) em dois triângulos, um do lado direito referente aos ânions e um do lado esquerdo referente aos cátions e no centro um losango que combina as informações dos dois triângulos. Os valores das proporções são traçados nos gráficos, assim classificando as amostras de acordo com suas fácies hidroquímica (PINTO, 2006; CAJAZEIRAS, 2007).

Para se calcular os valores percentuais de cada cátion ou ânion são usadas às equações (1) e (2), respectivamente, onde as concentrações das variáveis devem ser expressas em unidade de meq/L.

$$X (\%) = \frac{C}{([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]} \times 100 \quad (1)$$

$$Y (\%) = \frac{A}{[\text{HCO}_3^-] + [\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}]} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

C = concentração de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} ou Mg^{2+} ;

A = concentração de HCO_3^- , Cl^- ou SO_4^{2-} ;

X = Distribuição percentual da espécie iônica C;

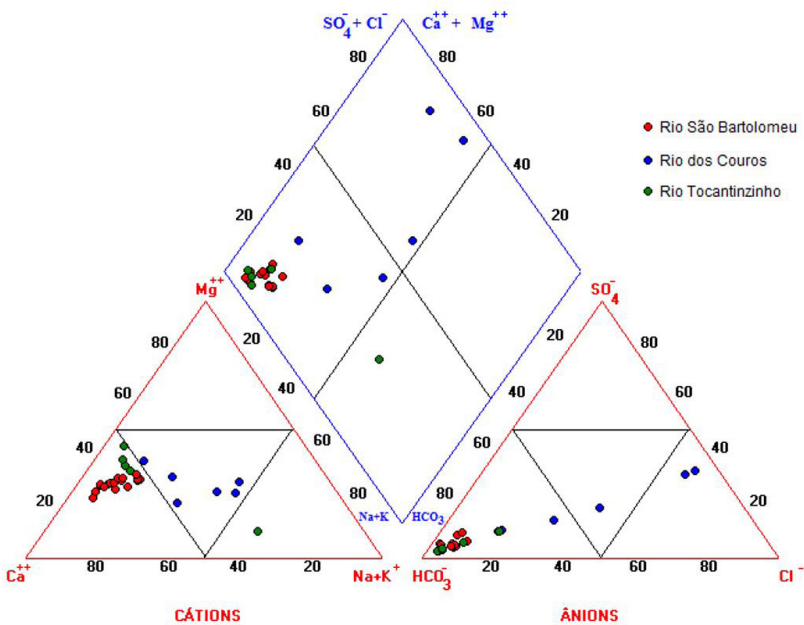
Y = distribuição percentual da espécie iônica A.

Se algum cátion ou ânion perfizer mais que 50% do conteúdo iônico total, a água é classificada por esta espécie dominante. Caso isto não ocorra à água é classificada pelos dois íons mais abundantes (PIPER, 1944).

Quando as concentrações relativas de cátions e ânions são plotadas no Diagrama de Piper, têm-se a classificação da amostra a partir da porcentagem de cada íon, como obtido para os três rios (Figura 2).

De acordo com o Diagrama de Piper (Figura 2) as águas dos rios São Bartolomeu e Tocantinzinho apresentaram predominância da classe bicarbonatada cálcicas, com exceção do ponto T3 do rio Tocantinzinho durante o final do período chuvoso que teve classificação de água mista. Esta classificação se dá devido à alta concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} e HCO_3^- representando o processo de dissolução de rochas carbonáticas, responsável pela produção deste tipo de água. No rio dos Couros, entretanto, não se destaca nenhum íon majoritário, ocorrendo uma maior variação na composição das águas, ocorrendo desde águas bicarbonatadas cálcicas-magnesianas até águas sulfatadas-cloretadas cálcicas-magnesianas.

Figura 2. Distribuição das amostras dos rios São Bartolomeu, rio dos Couros e rio Tocantinzinho no Diagrama de Piper.



3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS CONFORME A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E NA COMPARAÇÃO COM OUTROS RIOS DA REGIÃO E EM ESCALA GLOBAL

Embora não se possa falar em enquadramento propriamente dito, uma vez que o Estado de Goiás não tem definidas as classes de seus rios e córregos, pode-se fazer uma

avaliação da qualidade das águas dos rios estudados, considerando todos os três rios como sendo de Classe 2 (CONAMA, 2005). Isto porque, a própria legislação, a Resolução CONAMA Nº 357 (2005) assim estabelece no seu Art. 42º.

A tabela 5 mostra os valores estabelecidos pelo CONAMA e os valores médios encontrados nos três rios estudados para os parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (O.D), sólidos totais dissolvidos (STD), cloretos totais (Cl), fluoretos totais (F) e sulfatos totais (SO₄²⁻).

Tabela 5. Valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 para água doce, Classe 2 e valores encontrados nos rios São Bartolomeu, Couros e Tocantinzinho para os parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (O.D), sólidos totais dissolvidos (STD), Cl, F e SO₄²⁻.

Parâmetro	CONAMA Classe 2	Rio São Bartolomeu	Rio dos Couros	Rio Tocantinzinho
pH	6-9	6,5-7,6	5,4-6,6	5,8-7,2
OD (mg/L)	>5,0	5,9-7,9	4,6-7,5	5,9-7,5
STD (mg/L)	Até 500	8,4-38,4	2-4,6	3,2-28,1
Cl ⁻ (mg/L)	Até 250	0,357-1,02	<0,368	<0,368
F ⁻ (mg/L)	Até 1,4	<0,088-0,656	<0,088	<0,088
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Até 250	<0,275-1,05	<0,275	<0,275

Verifica-se que os valores mínimos de pH encontrados nos rios dos Couros e Tocantinzinho estão um pouco abaixo do limite mínimo estabelecido pelo CONAMA. Porém, resultado semelhante foi relatado por Boaventura *et al.* (1996) para a Região Hidrográfica do Bananal (DF), localizada na mesma região de Cerrado central. Além disso, Carmo, Boaventura e Oliveira (2005) afirmam que a média de pH dos rios do Distrito Federal (DF), localizados também na região do Cerrado central, variam entre 5,6 e 6,85. Segundo estes autores, estes valores mais baixos de pH decorrem da interação com o solo da região que tem elevada acidez. Além do pH, apenas uma medida de OD, em uma única coleta e um único ponto no rio dos Couros apresentou valor abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação.

Todos os demais parâmetros investigados mantiveram-se muito abaixo dos limites máximos estabelecidos em todos os rios e durante todo o período de estudo.

Estes resultados indicam uma boa qualidade de água dos rios estudados, segundo os parâmetros investigados e sugerem que eles se encontram em bom estado de preservação.

A tabela 6 apresenta os resultados deste estudo, bem como resultados de outros estudos, regionais e mundiais.

Tabela 6. Comparação dos rios estudados com outros rios regionais e mundiais.

Local	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
pH	6,9	5,6	5,9	-	7,61	5,93	6,73
T (°C)	19,6	23,9	24,9	-	23,2	22	23,2
Cond. (µS/cm)	9,1	36	-	-	39,55	6,38	32,09
Cl (mg/L)	-	-	22	3,3	0,59	-	-
TDS (mg/L)	4,2	23,1	59	16,2	19,01	2,81	14,80
Ca (mg/L)	21,80	4,88	4,9	18,00	4,77	0,22	3,22
Mg (mg/L)	0,12	0,47	1,2	4,10	1,24	0,12	1,59
K (mg/L)	0,25	0,59	3,9	2,30	0,45	0,32	1,59

(1) Região Hidrográfica do Gama (CARVALHO JUNIOR, 1998); (2) região Hidrográfica Bananal (BOAVENTURA et al, 1999); (3) região hidrográfica do Rio Descoberto (CARMO, BOAVENTURA e OLIVEIRA, 2005); (4) Média de rios do Mundo (Esteves, 1998); (5) Rio São Bartolomeu (presente estudo); (6) Rio dos Couros (presente estudo); (7) Rio Tocantinzinho (presente estudo).

Nota-se que os valores dos rios investigados no presente estudo são semelhantes à de outros rios e córregos da mesma região geográfica, representados pela Região hidrográfica do Gama (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 1998); região Hidrográfica Bananal (BOAVENTURA *et al.*, 1999); região Hidrográfica do Rio Descoberto (CARMO, BOAVENTURA e OLIVEIRA, 2005) e quando comparados a Média de rios do Mundo (ESTEVES, 1998). Portanto, de acordo com os valores obtidos dos parâmetros do rio São Bartolomeu, Couros e Tocantinzinho, pode-se inferir que as águas dos rios São Bartolomeu, Couros e Tocantinzinho refletem em sua composição a dominância de processos biogeoquímicos naturais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo fornece importantes informações sobre a composição química e a qualidade das águas das microbacias dos rios São Bartolomeu, Couros e Tocantinzinho, na Chapada dos Veadeiros (GO) e demonstra que estes rios encontram-se preservados segundo suas características químicas. A composição química das águas desses rios está intimamente relacionada à geologia e pedologia da região, indicando a predominância dos processos naturais de intemperismo das rochas e lixiviação dos solos no controle de suas características. Desta forma, este trabalho deve servir de base, ou referência para novos estudos e monitoramentos sobre eventuais futuras alterações causadas pela ação antrópica ou pelas alterações dos regimes de chuva e temperatura decorrentes das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. **Brazilian Sctructural provinces: an introduction.** Earth-Science, 17, 1-27, 1981.

- BEHMEL, S.; DARMOUR, M.; LUDWIG, R.; RODRIGUEZ, M.J. **Water quality monitoring strategies – a review and future perspectives**. Science of total environment, 571, 1312-1329, 2016.
- BELLOTTO, V.R.; FERREIRA, V.H.C; PERES JUNIOR, J.B.R. **Geoquímica de elementos traços em águas fluviais pristinas de uma região preservada do cerrado brasileiro – influência de processos hidrogeoquímicos e da geologia**. Brazilian Journal of Development, 6(8), 57208-57219, 2020.
- BOAVENTURA, G.R; SOUZA, R.S.; PONTES, C.H.C; PINELLI, M.P. **Estudo geoquímico em águas da Bacia do Bananal - Brasília - DF. In: VII Congresso Brasileiro Geoquímica. e V Congresso dos Países de Língua Portuguesa**. Porto Seguro -BA. Resumo expandido, SBGQ, p. 41-43, 1999.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 053 de 18 de março de 2005.
- CAJAZEIRAS, C. C. A. **Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar –CE**. Orientador: Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante. 2007. 144p. Dissertação (Mestrado) Geologia - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- CARMO, M. S.; BOAVENTURA, G. R. OLIVEIRA, E. C. **Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF - Brasil**. Química Nova, São Paulo, 28(4), 565-574, 2005.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A.C; BOAVENTURA, G. R.; MARTINS, E.S. *et al.* **Caracterização por análise de grupo de assinaturas geoquímicas naturais de águas naturais da Bacia do Taquara, Distrito Federal**. Revista da Escola Minas, 51(3), 76-79, 1998.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo – Folha Brasília SD.23**, 2004.
- DOUGLAS, T.A.; CHAMBERLAIN, C.P.; BLUM, J.D. **Land use and geological controls on the major elemental and isotopic ($\delta^{15}\text{N}$ and $87\text{Sr}/86\text{Sr}$) geochemistry of Connecticut River watershed, USA**. Chemical Geology, 189, 19-34, 2002.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.
- FLINTROP, C.F.; HOHLMAN, B.; JASPER, T. *et al.* **Anatomy of pollution: rivers of North Rhine-Westfali, Germany**. American Journal of Science, 296(1), 58-98, 1996.
- FONSECA, M.A.; DARDENNE, M.A.; UHLEIN, A. **Faixa Brasília Setor Setentrional: Estilos Estruturais E Arcabouço Tectônico**. Revista Brasileira de Geociências, 25(4), 267-278, 1995.
- GAILLARDET, J.; DUPRE, B.; ALLEGRE, C.J.; NEGREL, P.H. **Chemical and physical denudation in the Amazon River basin**. Chemical Geology, 142, 141-173, 1997.
- GOLDSMITH, S.T.; MOYER, R.P.; HARMON, R.J. **Hidrochemistry and biogeochemistry of tropical small mountain rivers**. Applied Geochemistry, 63, 453-455, 2015.
- GRAN, G. **Determination of the equivalence point in potentiometric titrations-Part II**. Analyst, 77, 661-671, 1952.
- JENNERJAHN, T.C.; SOMAN, K.; ITTEKKOT, V. **Effects of land use on the biogeochemistry of dissolved nutrients and suspended and sedimentary organic matter in the tropical Kallada River and Ashtamudi estuary, Kerala, India**. Biogeochemistry, 90(1), 29-47, 2008.

PINTO, B. V. **Características químicas e físico-químicas de águas subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro**. Orientador: DR. Godoy, J.M de O., 144p. Dissertação (Mestrado) Química – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PIPER, A.M. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 25, p. 914-928, junho. 1944.

RAYMOND, P.A.; OH, N.H.; TURNER, R.E.; BROUSSARD, W. **Anthropogenically enhanced fluxes of water and carbon from the Mississippi River**. *Nature*, 451(7177), 449-452, 2008.

SHARMA, A.; SINGH, A.K.; KUMAR, K. **Environmental chemistry and quality assessment of surface and subsurface water of Mahi River basin, western India**. *Environmental Earth Science*, 65(4), 1231-1250, 2011.

TSERING, T.; ABDEL WAHED, M.S.M; IFTEKHAR, S.; SILLANPÄÄ. **Major ion chemistry of the Teesta River in Sikkim Himalaya, India: chemical weathering and assessment of water quality**. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 24, 1-13, 2019.

SOBRE A ORGANIZADORA

Dra. Claudia Padovesi Fonseca - Bióloga formada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, Brasil), Mestre em Engenharia Civil: Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP, Brasil) e Doutora em Engenharia Ambiental (USP, Brasil). Realizou dois Estágios Pós-Doutoral no exterior: em Limnologia na Universidade de Granada, Granada, Espanha; e em Ecologia Aplicada na Universidade de Paris Pierre e Marie Curie, Paris, França. Atualmente é Professora Associada 4 da Universidade de Brasília (UnB, Brasil). Até o presente foi responsável pela orientação e formação de mestres e doutores na área de Limnologia (PPG Ecologia, UnB), mestres professores de biologia (ProfBio) e gestores de água (ProfÁgua), além de estagiários de graduação, inclusive de alunos estrangeiros. É líder do grupo de pesquisa Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL) da UnB, cadastrado no CNPq desde 1997. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Limnologia, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade de água, biota aquática (zooplâncton, fitoplâncton, bentos e peixes), ambientes lóticos (riachos) e lênticos (lagoas e reservatórios), Brasil central e Amazônia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Águas naturais 25, 34, 59, 60, 64, 66, 70, 79

Águas pristinas 41

Ambientes lóticos 30, 37, 45, 47

Áreas preservadas 2, 6, 45, 77

B

Bacia hidrográfica 5, 70, 72, 73, 78, 79

Bentos 1, 41, 43, 45, 46, 47

Biodiversidade aquática 1, 2, 4, 8, 9, 13, 14, 16, 27

Biologia reprodutiva 50, 52, 53, 56, 57, 58

C

Cerrado 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 61, 68, 70, 72, 73, 74, 76, 79, 80, 81

Cerrado de altitude 30, 41, 42, 74

Composição química 59, 61, 65, 66, 69

Conservação biológica 21

D

Diagrama de Piper 59, 66, 67

E

Espécies endêmicas 2, 6, 7, 12, 21, 22, 31, 34, 38

F

Fitoplâncton 8, 11, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28

I

Ictiofauna 10, 50, 51, 52, 58

Indicadores biológicos 14, 24, 30, 41

M

Mapeamento ambiental 72

Microcrustáceos aquáticos 30, 34

N

Nascentes 1, 3, 13, 15, 21, 23, 25, 27, 34, 42, 46, 79, 80

P

Preservação ambiental 27, 72

Q

Qualidade de água 41, 42, 59, 61, 68, 72, 78, 79

R

Razão gonadossomática 50, 53

S

Savana brasileira 2, 21