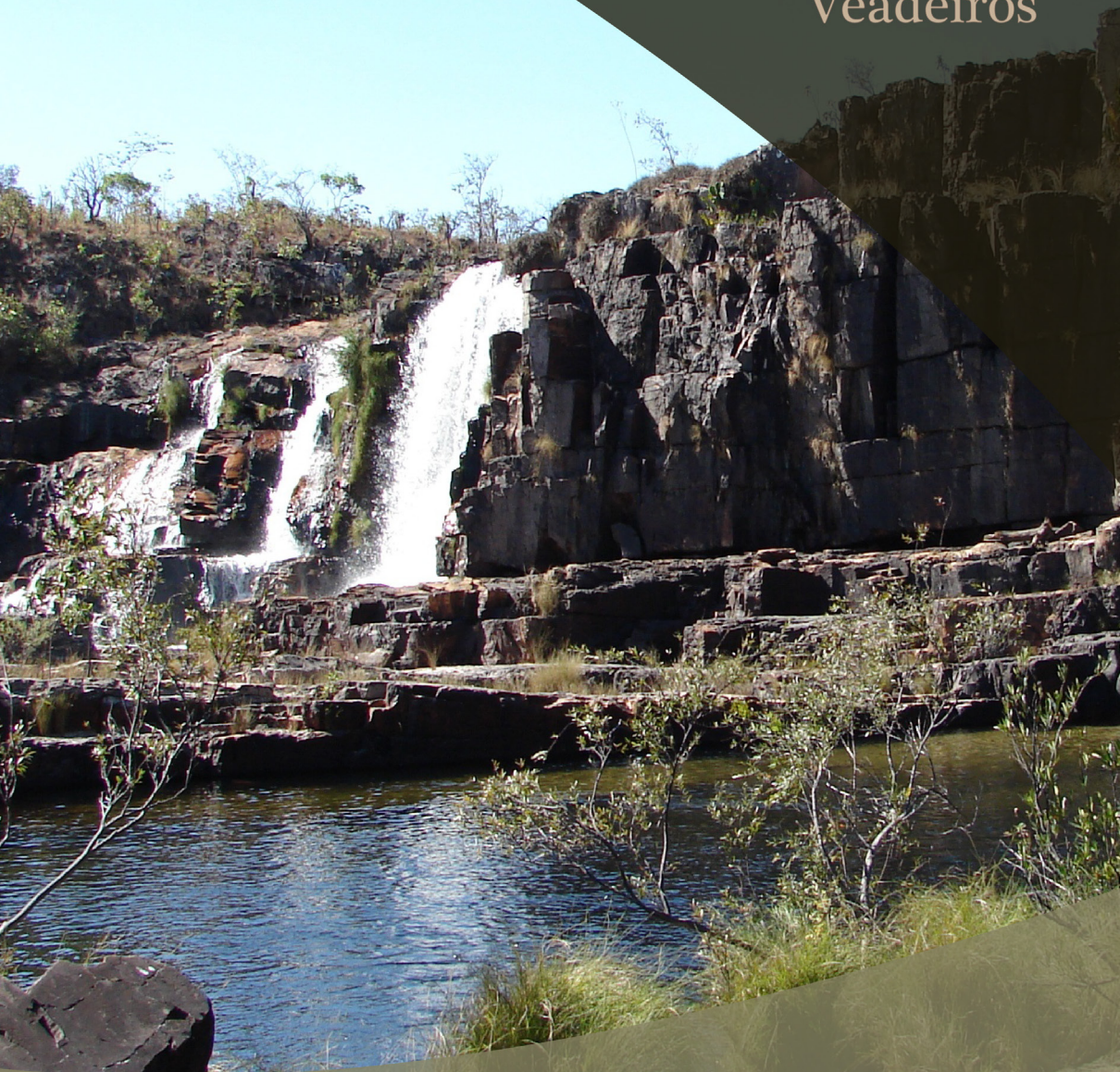


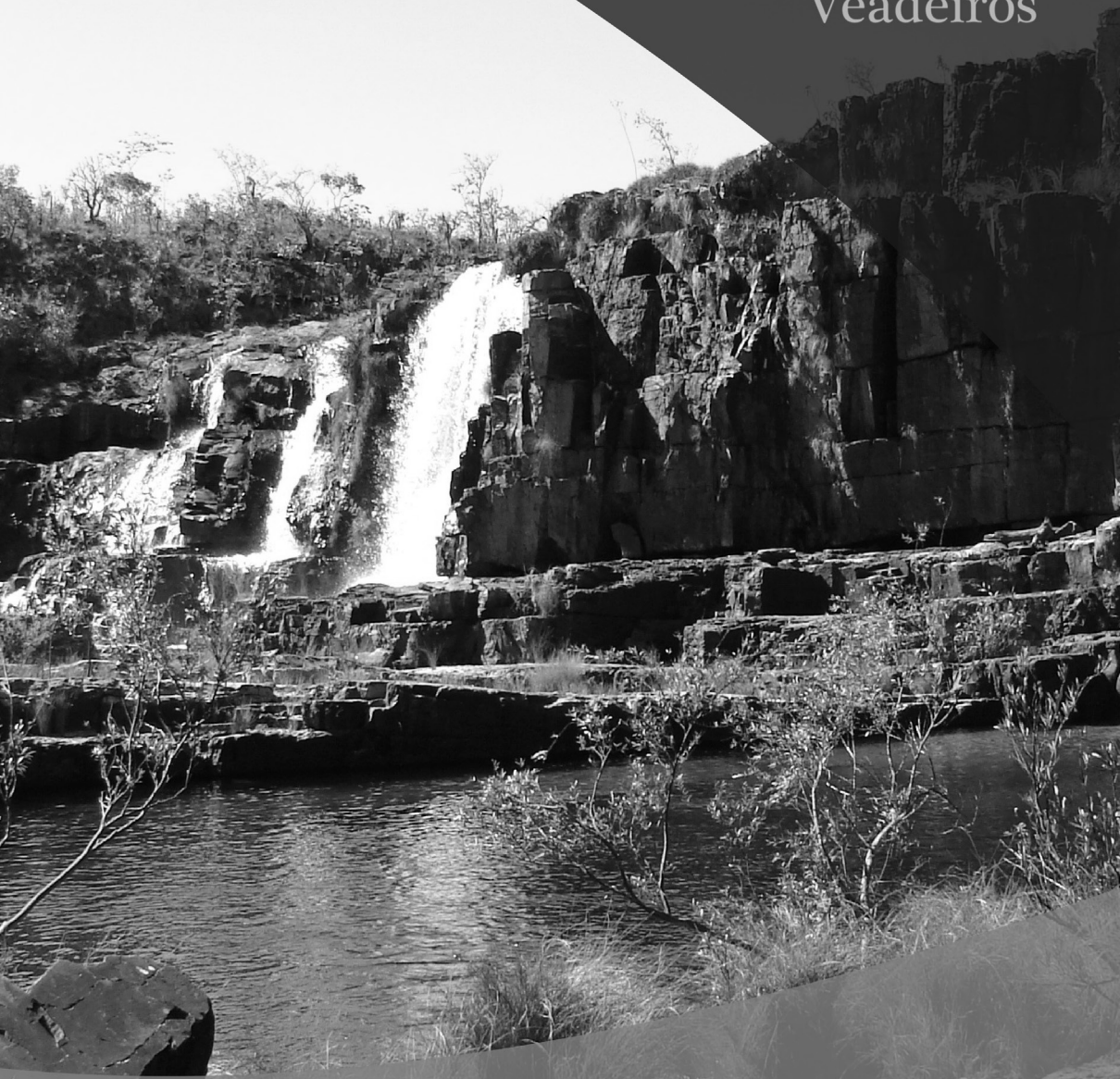
Mapeamento de Indicadores Ambientais e de Diversidade Biológica Aquática da Chapada dos Veadeiros



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 2

DIVERSIDADE DE ALGAS EM RIACHOS PRÍSTINOS DO CERRADO

Data de submissão: 24/05/2023

Data de aceite: 12/06/2023

Claudia Padovesi Fonseca

Professora Associada da
Universidade de Brasília (UnB)
Líder do Núcleo de Estudos
Limnológicos (NEL) – CNPq
Mestre e Doutora em Área de Limnologia
pela Universidade de São Paulo (USP)
Realizou pós-doutorado na
Universidade de Paris
Pierre e Marie Curie, na França, e na
Universidade de Granada, na Espanha
Departamento de Ecologia
Instituto de Biologia
Universidade de Brasília – UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF CEP 70910-900, Brazil
<https://orcid.org/0000-0001-7915-3496>

RESUMO: O Domínio Cerrado inclui formações secas e abertas e cobre 25% de terras brasileiras. O Cerrado abriga uma elevada diversidade biológica, com boa parte de suas espécies endêmicas. As cabeceiras do Cerrado se situam em áreas elevadas e conferem divisores de águas para as bacias contíguas. A interface de divisor de águas, além de representar um núcleo potencial para espécies endêmicas, pode também conferir áreas prioritárias de conservação no Brasil. Este capítulo apresenta estudos realizados

em cabeceiras de riachos no Cerrado e de interfaces entre biomas (Amazônia-Cerrado-Caatinga). Amostras de fitoplâncton foram coletadas em córregos da Chapada dos Veadeiros (GO), no Parque Nacional da Chapada das Mesas (municípios de Carolina e Estreito, MA), e em áreas próximas do Parque Estadual da Serra de Ricardo Franco, município de Vila Bela de Santíssima Trindade (MT). Resultados aqui apresentados apontaram um maior poder de previsão de condições ambientais locais, em detrimento aos efeitos paisagístico da bacia. Assim, o fitoplâncton de riachos de cabeceira representa um elemento biológico reconhecido para avaliação ambiental, que pode conferir áreas prioritárias para a conservação aquática.

PALAVRAS-CHAVE: Savana brasileira. Conservação biológica. Nascentes. Fitoplâncton.

ALGAE DIVERSITY IN PRISTINE STREAMS OF THE CERRADO

ABSTRACT: The Cerrado Domain includes dry and open vegetation formations and covers 25% of Brazilian area. The Cerrado shelters great biological diversity, most of its species being endemic. Cerrado headwaters are in elevated areas and provide lines divisor for the adjacent basins. Watershed interfaces besides to to representing a potential nucleus for endemic species, can also provide priority areas for conservation in Brazil. This chapter presents studies carried out in headwater

streams of Cerrado and interfaces between biomes (Amazon-Cerrado-Caatinga). Phytoplankton samples were collected in streams of Chapada dos Veadeiros (GO), in the Parque Nacional da Chapada das Mesas (municipalities of Carolina and Estreito, MA), and in areas close to the Parque Estadual da Serra de Ricardo Franco, municipality of Vila Bela de Santíssima Trindade (MT). Results presented here point to a greater predictive power of local environmental conditions, to the detriment of the basin's landscape effects. Thus, the phytoplankton of headwater streams represents a recognized biological element for environmental assessment, which can confer priority areas for aquatic conservation.

KEYWORDS: Brazilian savannah. Biological conservation. Springs. Phytoplankton.

1 INTRODUÇÃO

O Domínio Cerrado cobre quase 25% do território do Brasil, somente suplantado pela floresta amazônica. Sua formação inclui paisagens secas e abertas ao longo de uma área diagonal que atravessa desde o Chaco/Pantanal no sudeste e a Caatinga no nordeste do país. Funciona, assim, como uma barreira biogeográfica entre as florestas amazônica e atlântica (FONSECA *et al.*, 2014). A biodiversidade do Cerrado é maior que formações similares em outros continentes, e abriga um elevado número de espécies endêmicas (PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2015).

A interface de divisor de águas além de representar um núcleo potencial para espécies aquáticas endêmicas, pode também conferir áreas prioritárias para a conservação aquática no Brasil (PADOVESI-FONSECA *et al.*, *op. cit.*). Essas áreas de interface podem estar sob condição natural, e, portanto, amostragem da biota em riachos do Cerrado configura uma importante estratégia para conservação de cabeceiras de sistemas aquáticos no Brasil (PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2016).

O fitoplâncton é uma assembleia de organismos, em sua maioria fotoautotróficos, que vivem suspensos na água. Apresenta uma variedade de grupos taxonômicos, como as algas azuis, as verdes, as diatomáceas, os dinoflagelados, entre outros. As assembleias formam a base da cadeia alimentar, e, conseqüentemente, alterações antrópicas em ambientes aquáticos podem promover mudanças na estrutura e dinâmica desses produtores, como também em outros níveis seguintes da cadeia (ODUM, 2004).

A radiação solar, a concentração dos nutrientes e a temperatura da água são as variáveis ambientais que exercem influência sobre a dinâmica espacial e temporal do fitoplâncton. Esses fatores representam os principais atuantes sobre a distribuição bem como biomassa e produção primária do fitoplâncton de águas doces (ESTEVES & SUZUKI, 2011). O consumo alimentar do zooplâncton, e movimentos de massas d'água por correntes e ventos, são destacados pelos autores como denominadores biológico e ambiental na distribuição do fitoplâncton.

Este capítulo apresenta estudos realizados no Cerrado em regiões de cabeceiras de riachos e de interfaces entre biomas (Amazônia-Cerrado-Caatinga). Amostras de fitoplâncton foram coletadas em córregos da Chapada dos Veadeiros (GO), do Parque Nacional da Chapada das Mesas (municípios de Carolina e Estreito, estado do Maranhão), e áreas próximas do Parque Estadual da Serra de Ricardo Franco, município de Vila Bela de Santíssima Trindade, estado de Mato Grosso. Características dos locais e amostragem são apresentadas nesse livro no capítulo sobre o zooplâncton, em PADOVESI-FONSECA (2021) e PADOVESI-FONSECA *et al.* (2016), respectivamente.

2 A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS NAS NASCENTES DO CERRADO

A importância de estudos realizados em áreas de nascentes em condições naturais, e em especial, em áreas protegidas, vem ao encontro de registrar espécies ou grupos novos essenciais para indicação de proteção ambiental e biológica aos tomadores de decisão no Brasil e no mundo, como discutido por DI MININ *et al.* (2017).

O estudo em áreas protegidas vem progressivamente alavancado pela relação mais acentuada com as mudanças climáticas (HANNAH, 2010). A autora discute que estudos têm mostrado um decréscimo das espécies descritoras em áreas de proteção existentes devido às mudanças climáticas; e a necessidade de ampliação e conexão de áreas de proteção como auxílio na redução de perda de espécies em cenários de meio século adiante. Entretanto, ressalta a importância de reduzir as mudanças climáticas induzidas pelas atividades humanas.

A definição de metas para conservação deve ser estratégica para a proteção da biodiversidade e deve garantir a representatividade e persistência de seus componentes. Isso é especialmente crítico em ecossistemas que estão desaparecendo rapidamente, como ocorre no Cerrado, apresentado por FRANÇOSO *et al.* (2015). Áreas inundadas, nascentes e vegetação ripária estão incluídas como Áreas de Proteção Permanente pela Convenção de Diversidade Biológica, devido à relevância de serem protegidas de forma integral e interesse para a sociedade. Os autores argumentam que mesmo em áreas mais restritivas para a ocupação humana, como as de Proteção Integral, ações não estão sendo mais efetivas para a conservação da biodiversidade. Um dos pilares para a sua efetividade versa que as políticas de conservação devem ser construídas sob argumentos que fornecem base ecológica (PETERSON *et al.*, 2005).

O conhecimento da diversidade biológica aquática é um elemento chave para entender como a heterogeneidade ambiental se acopla com a diversificação dos nichos, a partição dos recursos e a organização das assembleias biológicas. As microalgas são

importantes indicadores ambientais, devido especialmente ao curto tempo de geração de suas populações, que propicia uma rápida resposta às mudanças ambientais (REYNOLDS, 2006). Além disso, a produção orgânica das algas planctônicas exerce influência sobre as redes tróficas e a estruturação das funções ecossistêmicas aquáticas.

As características da paisagem da bacia circundante como de suas águas são condições ambientais na avaliação das assembleias fitoplanctônicas. A vegetação riparia, o fluxo da água, turbidez e teor de nutrientes, são alguns itens que direcionam a disponibilidade de recursos e conseguinte na organização das microalgas (BURSON *et al.*, 2018; SHERMAN *et al.*, 2016). A integração de informações sobre a biodiversidade em diferentes ambientes, dentro de áreas de preservação é essencial para a compreensão das funções e serviços ecossistêmicos, bem como no fortalecimento das estratégias de manejo e conservação.

3 FITOPLÂNCTON COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO CERRADO

Os organismos aquáticos representam sensores de qualidade ambiental e de suas alterações, e assim constituem-se em indicadores biológicos das condições ambientais. Suas espécies e comunidades são capazes de responder a diferentes alterações, tanto naturais como antropogênicas. Podem, assim, constituir uma ferramenta ecológica para o monitoramento e a antecipação dos efeitos das alterações sobre o sistema aquático, como observado por CHELLAPPA *et al.* (2009) para o fitoplâncton.

A biota aquática tem distribuição espacial suportada por conexões aquáticas oferecidas pelas bacias dos cursos d'água, que frequentemente drenam áreas com mais um tipo de formação vegetativa, e, por conseguinte, influenciam na sua distribuição geográfica. Riachos são ambientes de correnteza, no qual a água é constantemente renovada a cada local. Assim, as características ambientais podem se alterar ao longo do tempo. As análises biológicas, por sua vez, podem detectar possíveis alterações na qualidade da água, bem como as tendências ao longo do tempo, que se refletem nas mudanças do habitat ou na natureza dos organismos aquáticos.

Estudos realizados em cursos d'água de pequeno porte situados em áreas de cabeceira vêm suprir falhas de distribuição geográfica de assembleias fitoplanctônicas. Além de ser recomendado para indicação de qualidade das águas, o fitoplâncton consiste em uma grande variedade de algas com diferentes formas e estratégias de história de vida. Possuem distribuição espacial e temporal bastante diversificada, além de formas de vida variadas. Há os planctônicos, que possuem vacúolos gasosos que ajudam a

flutuar; os bentônicos, que tendem a ocupar o sedimento; algas flutuantes neutras que têm densidade semelhante à água; membros de dinoflagelados e euglenophyceae para migrar livremente na coluna de água (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Com isso, o registro de algas em cabeceiras além de agregar suporte ecológico e distribuição de organismos indicadores de condições naturais e ainda prístinas de nascentes, podem avaliar potenciais mananciais para a sociedade humana.

Houve um entendimento amplificado sobre o conceito da biodiversidade em relação ao sistema fluvial. De acordo com WARD & TOCKNER (2001), a biodiversidade em sistemas lóticos engloba a heterogeneidade ambiental, os processos funcionais e a riqueza de espécies, que se unem para formar a ecologia fluvial. Os autores ressaltam que os fundamentos teóricos da ecologia de riachos muitas vezes não refletem a importância da dinâmica e complexidade nos ecossistemas fluviais naturais, o que tem impedido avanços conceituais e a eficácia dos esforços de conservação e restauração. Para o Brasil, os riachos de cabeceira do Cerrado e as suas interfaces com outros biomas são áreas relevantes de conhecimento científico na condução de tomadas de decisão relacionadas à conservação ambiental.

Nossos estudos revelaram microflora diversificada e ao mesmo tempo relacionada às características ambientais de cursos d'água de Cerrado de cabeceira. Os córregos de cabeceira no Cerrado tendem a ter águas mais frias (em torno de 17°C), transparentes, com baixo teor de nutrientes e levemente ácidas (PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2015), como visto para os rios da Chapada dos Veadeiros. Os córregos das interfaces de biomas (Chapada das Mesas e Serra de Ricardo Franco) apresentaram características peculiares de cursos d'água de nascentes do Cerrado, como águas ácidas, transparentes, bem oxigenadas e baixo teor de íons. Devido à localização geográfica, suas águas estavam mais quentes (25 a 29°C).

As demidiáceas representou o grupo mais biodiverso para os estudos, e dominante nas chapadas dos Veadeiros e das Mesas (Quadro 1). Esse grupo é planctônico e prefere águas ácidas, além de ser indicador de águas naturais não impactadas. COESEL (2003) identificou o valor ecológico das demidiáceas como medida de qualidade ambiental e ferramenta basilar para a conservação de áreas alagadas.

Outro grupo em destaque foi Bacillaryophyceae, cujas espécies são adaptadas a águas de correnteza e bentônicas, e podem estar associadas a sedimentos e áreas com macrófitas aquáticas. As algas verdes, as Chlorophyceae, também presentes nos córregos, podem habitar uma ampla gama de ambientes, lóticos e lênticos, oligotróficos e eutrofizados. A relação dos grupos de algas com o seu habitat pode ser vista em

PADISAK *et al.* (2009). Análise de grupos funcionais agregam informação adicional coletada pela análise das espécies (BORTOLINI *et al.* 2016), e pode compor uma via para o entendimento dos processos do ecossistema aquático.

Quadro 1. Táxons de fitoplâncton registrados nos rios dos Couros e São Bartolomeu, Chapada dos Veadeiros (GO); no município de Vila Bela Santíssima, Parque Estadual da Serra de Ricardo Franco (MT); e na Chapada das Mesas (MA). *táxon mais abundante do grupo.

Locais	Grupos/ Táxons	Chapada dos Veadeiros (GO)		Vila Bela de	Chapada
		Rio dos Couros	Bartolomeu	Santíssima	das Mesas
				Trindade (MT)	(MA)
Bacillariophyceae					
	Bacillariophyceae	X*	X*		
	Eunotia	X	X		
	Frustulia	X			
	Gyrosigma		X		
	Pinnularia			X	
	Pinnularia viridis		X		
	Stenopterobia delicatissima		X		
Coscinodiscophyceae					
	Thalassiosira	X*			
Chlorophyceae					
	Crucigeniella rectangularis			X	
	Dictyosphaerium pulchellum			X	
	Drepanochloris uherkvichii		X		
	Eutetramorus	X*	X*		
	Glaucozystis	X*			
	Scenedesmus	X*	X*		
	Scenedesmus acuminatus	X	X		
	Tetrachlorella incerta	X			
Cyanophyceae					
	Nostoc	X*	X*		
Zygnemaphyceae					
	Cosmarium	X*	X*		
	Closterium	X			
	Euastrum	X	X		
	Micrasterias	X*	X*		
	Micrasterias arcuata	X*			
	Micrasterias radiosa				X
	Netrium digitus var. naegelii		X		
	Octacanthium octocorne		X		
	Pseudostaurastrum enorme				X
	Roya obtusa		X		
	Spirogyra			X	
	Staurastrum		X*		
	Staurastrum affine				X*
	Staurastrum arctiscon			X	
	Staurastrum boergesenii			X	
	Staurastrum leptocladum			X*	X*
	Staurastrum penicilliferum			X	
	Staurastrum rotula			X	
	Staurodesmus	X	X		
	Staurodesmus triangularis	X	X		
	Triploceras gracile		X		
	Xanthidium		X		

Análise da composição fitoplanctônica realizada em lagos de várzea do Cerrado indicaram que condições ambientais locais foram determinantes na composição taxonômica e funcional do fitoplâncton, ao passo que a cobertura do solo da bacia não afetou sua composição. Concentração de fósforo e águas oxigenadas, do lado físico e químico, e a densidade do zooplâncton, do lado biológico, foram os principais fatores de condução na diversidade fitoplanctônica (MACHADO *et al.*, 2016).

O maior poder de previsão de condições ambientais locais para o fitoplâncton pode ser decorrente da relação dos organismos com seu meio ambiente (CELLAMARE *et al.*, 2013), das interações com outras espécies (LICHMAN *et al.*, 2012), e do seu nicho ecológico (LICHMAN & KLAUSMAIER, 2008). Em cursos d'água de pequeno porte, e em especial, de cabeceiras, as escalas espaciais menores, como a dispersão passiva dos organismos e a conexão entre os pontos de amostragem, representam condutores da biodiversidade aquática em córregos do Cerrado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O poder condutor das condições locais para a biodiversidade aquática fornece implicações práticas no exercício da preservação ambiental em áreas de nascentes e de proteção integral. Águas de nascentes de Cerrado em áreas ainda preservadas pode explicar a relevância de condições locais em detrimento ao efeito da paisagem da bacia na estrutura das assembleias fitoplanctônicas.

Tal tendência reforça o potencial de águas do Cerrado em condições naturais serem as guardiãs de espécies preditoras de alterações ambientais. Podemos, assim, considerar a implementação de programas de monitoramento, estudos de impactos e planos de conservação.

5 AGRADECIMENTOS

Este capítulo é produto de pesquisas desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL), da Universidade de Brasília. O Grupo de Pesquisa é cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradeço à Amanda Duarte Vaz Pinto, Daniella Vieira Evangelista e Isabela Mandarinô Soares da Silva pelo auxílio em campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

BORTOLINI, J.C.; BUENO, N.C. **Temporal dynamics of phytoplankton using the morphology-based functional approach in a subtropical river.** Brazilian Journal of Botany, 40(3), 741-748, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s40415-017-0385-0>

BURSON, A.; STOMP, M.; GREENWELL, E.; *et al.* **Competition for nutrients and light: testing advances in resource competition with a natural phytoplankton community.** *Ecology*, 99(5), 1108-1118, 2018.

CELLAMARE, M.; PINTO, P.T.; LEITÃO, M.; *et al.* **Using functional approaches to study phytoplankton communities in a temperate region exposed to tropical species dispersal.** *Hydrobiologia*, 702, 267-282, 2013.

CHELLAPPA, N.T.; CÂMARA, F.R.A.; ROCHA, O. **Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil.** *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 241-251, 2009.

COESEL, P.F.M. **Desmid flora data as a tool in conservation management of Dutch freshwater wetlands.** *Biología*, Bratislava, 58(4), 717-722, 2003.

DI MININ, E.; Soutullo, A.; Bartesaghi, L.; *et al.* **Integrating biodiversity, ecosystem services and socioeconomic data to identify priority areas and landowners for conservation actions at the national scale.** *Biological Conservation*, 206, 56-64, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.037>

ESTEVEZ, F. A.; SUZUKI, M. S. Comunidade Fitoplanctônica. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência. p. 375-476, 2011.

FONSECA, B.M.; MENDONÇA-GALVÃO, L.; PADOVESI-FONSECA, C.; *et al.* **Nutrient baselines of Cerrado low-order streams: Comparing natural and impacted sites in Central Brazil.** *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 19-33, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3351-8>

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C.C.; *et al.* **Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot.** *Brazilian Journal of Nature Conservation*, 13, 35-40, 2015.

HANNAH, L. **A Global Conservation System for Climate-Change Adaptation.** *Conservation Biology*, 24(1), 70-77, 2010.

LITCHMAN, E.; KLAUSMEIER, C.A. **Trait-based community ecology of phytoplankton.** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 615-639, 2008.

LITCHMAN, E.; EDWARDS, K.F.; KLAUSMEIER, C.A.; THOMAS, M.K. **Phytoplankton niches, traits and eco-evolutionary responses to global environmental change.** *Marine Ecology: Progress Series*, 470, 235-248, 2012.

MACHADO, K.B.; TERESA, F.B.; LUDGERO CARDOSO GALLI VIEIRA, L.C.G.; *et al.* **Comparing the effects of landscape and local environmental variables on taxonomic and functional composition of phytoplankton communities.** *Journal of Plankton Research*, 38(5), 1334-1346, 2016. doi:10.1093/plankt/fbw062

ODUM, E.P. **Fundamentals of Ecology**. 5th ed. New York: Brooks Cole. 624 p. 2004.

PADISAK, J.; CROSSETTI, L.O. NASELLI-FLORES, L. **Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates.** *Hydrobiologia*, 621(1), 1-19, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>

PADOVESI-FONSECA, C. **First occurrence of *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) from low-order streams in a protected area at Cerrado-Amazon boundary, central Brazil.** *Brazilian Journal of Biology* (online), 81, 1118-1119, 2021.

- PADOVESI-FONSECA, C.; MARTINS-SILVA, M.J.; PUPPIN-GONÇALVES, C.T. **Cerrado's areas as a reference analysis for aquatic conservation in Brazil.** Biodiversity Journal, 6, 805-816, 2015.
- PADOVESI-FONSECA, C.; SARAIVA, M.F.; FERNANDES, C.L.S. **First record of cladocerans from the headwaters of the Cerrado-Amazon boundary, central Brazil.** Biodiversity (Nepean), 1-3, 2016.
- PETERSON, M.N.; PETERSON, M.J.; PETERSON, T.R.A.I. **Conservation and the myth of consensus.** Conservation Biology, 19, 762-767, 2005.
- REYNOLDS, C.S. **Ecology of Phytoplankton.** Cambridge University Press: Cambridge, 535p., 2006.
- SHERMAN, E.; MOORE, J.K.; PRIMEAU, F.; TANOUYE, D. **Temperature influence on phytoplankton community growth rates.** Global Biogeochemical Cycles, 30(4), 550-559, 2016.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 631p., 2008.
- WARD, J.V.; TOCKNER, K. **Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology.** Freshwater Biology, 46, 807-819, 2001.

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