ÁGUAS DO CERRADO:

Biodiversidade, Recursos e Uso Sustentável



Claudia Padovesi Fonseca
(Organizadora)

EDITORA ARTEMIS
2026

ÁGUAS DO CERRADO:
Biodiversidade, Recursos e Uso Sustentável



Claudia Padovesi Fonseca
(Organizadora)

EDITORA ARTEMIS
2026

2026 *by Editora Artemis*
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2026 Os autores
Copyright da Edição © 2026 Editora Artemis

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	Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M.ª Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M.ª Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Profª Drª Claudia Padovesi Fonseca
Imagem da Capa	Lago Paranoá, Brasília, DF (autoria: Claudia Padovesi Fonseca)
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 Guanajuat*o, 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
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha

EDITORA ARTEMIS 2026

Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

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*, 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.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer 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 Politécnido da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
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 Albornoz, *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. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Lívia 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. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
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 da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
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 MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
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. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
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 Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

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)

A268 Águas do Cerrado [livro eletrônico] : biodiversidade, recursos e uso sustentável / organização de Claudia Padovesi Fonseca. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-82858-04-8
DOI 10.37572/EdArt_250626048

1. Cerrado. 2. Biodiversidade – Conservação. 3. Recursos hídricos – Uso sustentável. I. Fonseca, Claudia Padovesi.

CDD 577.6

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

EDITORA ARTEMIS
2026

Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

À ciência por dar luz a um mundo mais digno

Ao Cerrado com o florescer de suas águas

APRESENTAÇÃO

Eu vi as águas... e elas sustentam o Cerrado.

O Cerrado é o *berço das águas* do Brasil. As águas que brotam de suas entranhas conseguem alimentar oito das 12 grandes bacias hidrográficas do país. As raízes profundas da vegetação funcionam como uma esponja, absorvendo a chuva e alimentando extensos aquíferos, que mantém os cursos d'água e áreas alagadas, mesmo em período seco.

As águas do Cerrado desempenham papel fundamental na diversidade biológica e no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas, tanto naturais como antrópicos, com reflexos para o Brasil e América do Sul. Como importante fonte de água, o Cerrado representa um elo entre ambiente, atividades económicas e populações humanas, sendo crucial equilibrar as atividades humanas com a conservação ambiental.

Este livro reúne diferentes abordagens sobre os ambientes aquáticos do Cerrado, explorando aspectos relacionados à diversidade biológica, aos recursos hídricos e às formas de uso sustentável. Apresenta estratégias para uma gestão eficaz e legislação pertinente a problemas atuais na questão hídrica do Brasil.

Os dois primeiros capítulos dissecam um panorama atual da qualidade das águas com estratégias para uma gestão hídrica eficaz no Distrito Federal (DF). Destacam ser indispensável equacionar os diversos usos humanos da água na região, especialmente por possuir baixa disponibilidade hídrica.

Na sequência, temos o uso de ferramenta tecnológica na avaliação ambiental de rios a ser aplicada em aulas de ensino médio no Brasil, com o objetivo de aproximar a realidade dos discentes do conhecimento acadêmico. O estudo foi desenvolvido em escolas públicas da cidade de Imperatriz (MA), e a sua aplicação potencializou o conhecimento e sensibilização dos usuários, bem como ampliou o debate sobre questões relacionadas à educação ambiental e à qualidade ambiental de rios urbanos.

Os dois próximos capítulos abordam regulamentação frente a problemas ambientais decorrentes a lançamentos de diversos resíduos em sistemas hídricos. O capítulo 4 viabiliza um diagnóstico sobre efluentes lançados em corpos d'água por atividades industriais no Brasil. Apresenta sugestões de melhoria como um sistema unificado nacional para facilitar a coleta de informações, bem como a

análise e o planejamento de ações corretivas e preventivas. O capítulo 5 propõe avanços regulatórios de microplásticos em água potável no Brasil. Destaca que no país os estudos são raros até o momento, com uma lacuna relevante no conhecimento sobre a contaminação por microplásticos nas águas distribuídas à população. Ainda se tem a necessidade de padronização metodológica, ampliação de pesquisas nacionais e desenvolvimento de uma normativa brasileira.

A biota aquática do Cerrado é explorada em outros cinco capítulos do livro. As águas do Cerrado abrigam uma elevada diversidade biológica, com alto registros de espécies endêmicas. A biota é formada por vários grupos, que incluem as algas, os microcrustáceos, a fauna bentônica (moluscos e fases imaturas de insetos) e peixes. São milhares de espécies que vivem em áreas de cabeceira e são adaptadas às variações de seca e cheia.

Os capítulos destacam a importância de conhecer os diversos grupos aquáticos das águas do Cerrado, com a finalidade primordial de reconhecimento como indicadores de qualidade ambiental e aquática.

As algas de águas abertas e mansas, denominadas de fitoplâncton, foram consideradas úteis como indicadores de qualidade das águas de reservatórios. A sazonalidade climática do Cerrado, com a seca prolongada, associada às pressões antrópicas e às mudanças climáticas, intensificaram a variabilidade ambiental e por conseguinte, influenciaram diretamente a dinâmica do fitoplâncton.

A microfauna de águas abertas, denominada zooplâncton, também foi essencial para avaliar a qualidade das águas de reservatórios no Cerrado. Esse grupo apresenta elevada sensibilidade às variações ambientais e seus estados tróficos. A sazonalidade do Cerrado, com secas marcantes, atuou como regulador principal sobre o zooplâncton. Por sua vez, a produtividade dos reservatórios evidenciou espécies oportunistas de acordo com o seu grau de fertilidade.

A fauna ocupante dos sedimentos de corpos d'água, os macroinvertebrados bentônicos, foi determinante para avaliar a qualidade das águas dos riachos do Cerrado. Grupos mais sensíveis foram frequentes em águas limpas, e raros ou ausentes em ambientes poluídos. Por sua vez, os tolerantes estiveram predominantes em águas com condições ambientais mais degradadas, em especial nas áreas urbanas.

Os peixes foram definitivos como indicadores de qualidade de água em ambientes do Cerrado. As espécies responderam de forma integrada às

alterações ambientais e biológicas dos sistemas aquáticos. A integração foi resultado de respostas fisiológicas, histopatológicas e ecológicas associadas à degradação ambiental.

Os peixes de cavernas foram representados por espécies especializadas e endêmicas, resultado de características ambientais peculiares, como ausência de luz, estabilidade ambiental e escassez de recursos. Em cavernas do Cerrado revelaram espécies indicadoras de ambientes subterrâneos antigos, estáveis e isolados.

Assim, com caráter interdisciplinar, esse livro busca contribuir para o avanço do conhecimento científico e para a conscientização sobre a importância da conservação dos ecossistemas aquáticos brasileiros. Alia o uso sustentável dos recursos hídricos, com gestão hídrica eficaz e regulamentação de lançamentos de efluentes, e a preservação ambiental.

Destina-se a pesquisadores, estudantes, gestores ambientais e a todos os interessados na sustentabilidade das águas e da biodiversidade do Cerrado e do Brasil.

A presente obra é produto do Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL) da Universidade de Brasília (UnB), cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) desde 1997.

Brasília, 03 de junho de 2026.

Claudia Padovesi Fonseca

Organizadora

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....1

CENÁRIO ATUAL E DESAFIOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL CENTRAL

Claudia Padovesi Fonseca

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260481

CAPÍTULO 2.....16

ESTRATÉGIAS PARA UMA GESTÃO HÍDRICA EFICAZ NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL CENTRAL

Lucas Brandão de Moraes
Claudia Padovesi Fonseca

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260482

CAPÍTULO 3.....28

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DE RIACHOS URBANOS COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Anwar Faiz Ahmad Amorim
Claudia Padovesi Fonseca

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260483

CAPÍTULO 4.....44

EFLUENTES LÍQUIDOS DE ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS NO BRASIL: BASE DOCUMENTAL E PROPOSTAS DE MELHORIA NAS ANÁLISES DE QUALIDADE

Thaianne Resende Henriques Fábio
Claudia Padovesi Fonseca

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260484

CAPÍTULO 5.....58

AVANÇOS REGULATÓRIOS PARA O CONTROLE DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA POTÁVEL

Luiz Gustavo Haisi Mandalho
Claudia Padovesi Fonseca

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260485

CAPÍTULO 6 ..... **75**

FITOPLÂNCTON COMO BIOINDICADOR EM RESERVATÓRIOS DO CERRADO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Maria Júlia Sousa Paes
Ana Clara Alves da Silva

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260486

CAPÍTULO 7 ..... **89**

DIVERSIDADE DE ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS NO BIOMA CERRADO

Ana Clara Guedes de Souza
Vitória Araujo Martins

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260487

CAPÍTULO 8 ..... **103**

EFEITOS DA OCUPAÇÃO HUMANA SOBRE OS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DE RIACHOS DO CERRADO

Izabela Abadia Curcino Borges
Letícia Alcântara Silva

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260488

CAPÍTULO 9 ..... **113**

PEIXES COMO INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁGUAS CERRATENSES

Théo Victor Mafra de Andrade
Alexandre Diadorim Zerbini Brandão

https://doi.org/10.37572/EdArt_2506260489

CAPÍTULO 10 ..... **126**

BIODIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA CAVERNÍCOLA NO CERRADO

André Luiz Marques de Andrade
Otávio Silverio

https://doi.org/10.37572/EdArt_25062604810

SOBRE A ORGANIZADORA **136**

ÍNDICE REMISSIVO **137**

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DE RIACHOS URBANOS COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Data de submissão: 05/06/2026
Data de aceite: 18/06/2026

Anwar Faiz Ahmad Amorim[1]
Professor de Ensino Médio do
Centro de Ensino Graça Aranha
Imperatriz - MA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/9847287979066725

Claudia Padovesi Fonseca[2]
Professora Titular da
Universidade de Brasília (UnB)
Departamento de Ecologia
Instituto de Biologia
Universidade de Brasília – UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF Brasil
https://orcid.org/0000-0001-7915-3496

RESUMO: O uso de aplicativos para equipamentos móveis possibilita a inserção das tecnologias de informação no contexto da sala de aula, aproximando a realidade dos discentes do conhecimento acadêmico. Além disso, possibilita a interação dos estudantes com a realidade vivenciada fora do ambiente escolar, sendo utilizada como ferramenta didática para o ensino de diversas disciplinas, como a Biologia. Com base nessa linha de pensamento, o presente projeto visou utilizar o Protocolo de Avaliação Rápida de rios (PAR), adaptado e convertido em um aplicativo para dispositivos móveis. A proposta apresentada visou a integração de dispositivos móveis (celulares) na realização de ações práticas sobre ecologia fora da sala de aula ou na sala de aula durante a disciplina de biologia no ensino médio. O aplicativo foi enviado a estudantes e professores para um uso teste e avalição de aplicabilidade, por meio de questionário de formulário Google. Ao todo, foram avaliados 108 usuários, sendo 96 estudantes e 12 docentes, da rede pública de Imperatriz – MA. Apesar de 69% dos usuários desconhecerem a problemática ambiental de riachos urbanos, a maioria (82%) se sensibilizou quanto ao tema. O desenvolvimento deste trabalho com a disponibilização efetiva de aplicativo para celulares móveis na educação do ensino médio vem agregar valor às atividades desenvolvidas para a educação ambiental, inclusive por ser um instrumento de fácil

[1] Biólogo da Prefeitura Municipal de Imperatriz. Pesquisador da Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, ProfBio.

[2] 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.

uso e replicação. Além disso, espera-se que este aplicativo auxilie as aulas de biologia, geografia e área afins, e, por conseguinte, colabore na formação dos estudantes. Tal ferramenta possibilita a vivência dos estudantes na caracterização da qualidade ambiental de rios urbanos, bem como realização de debates na escola sobre questões relacionadas à educação ambiental e à qualidade do rio urbano.
PALAVRAS-CHAVE: ensino da biologia; tecnologia da informação; integridade de riachos; protocolo de avaliação rápida.

ECOLOGICAL ASESSMENT OF URBAN STREAMS AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT: The use of applications for mobile devices enables the insertion of information technologies in the classroom context, bringing the reality of the students closer to academic knowledge. In addition, it allows the interaction of students with the reality experienced outside the school environment, being used as a didactic tool for teaching various subjects, such as Biology. Based on this line of thought, the present project aimed to use the Rapid River Assessment Protocol (RAP), adapted and converted into an application for mobile devices. The proposal presented aimed at integrating mobile devices (cell phones) to carry out practical actions about ecology outside the classroom or in the classroom during the subject of biology in high school. The application was sent to students and teachers for a test use and applicability evaluation, by means of a Google form questionnaire. In all, 108 users were evaluated, being 96 students and 12 teachers, from the public network of Imperatriz - MA. Although 69% of the users were unaware of the environmental problems of urban creeks, most (82%) were sensitized to the theme. The development of this work with the effective availability of application for cell phones in high school education adds value to the activities developed for environmental education, including for being an instrument of easy use and replication. Moreover, it is expected that this application will help in the biology, geography, and related areas, and, consequently, collaborate in the students' education. This tool allows students to experience the characterization of the environmental quality of urban rivers, as well as to hold school debates on issues related to environmental education and the quality of the urban river.
KEYWORDS: teaching biology; information technology; stream integrity; rapid assessment protocol.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos veículos motores da terra e essencial à vida. Apesar de ser essencial ao ciclo vital no planeta, as atividades antrópicas têm produzido uma degradação contínua e progressiva nos sistemas hídricos, tanto em termos quantitativos como qualitativos.

Cerca de 25 a 30% da população mundial, em torno de dois bilhões de pessoas, não tem acesso a água potável gerenciada de forma segura, ou seja, água tratada em casa (ONU, 2023), o que inclui o não acesso a instalações básicas de higiene (água e sabão). Em decorrência do não acesso a água tratada como também ao tratamento sanitário, mais de 10 milhões de pessoas morrem de doenças intestinais (CETESB, 2021).

Problemas inerentes da expansão urbana como crescimento populacional, inadequação de condições sanitárias em moradias, falta de planejamento e a ausência de políticas públicas são apontados entre as principais causas para a degradação dos ecossistemas aquáticos no Brasil (TUNDISI, 2003; OLIVEIRA, 2018). Essa negligência e a falta de respeito com este recurso são observadas tanto no Brasil como em muitos países (PADOVESI-FONSECA, 2005).

Tanto no Brasil (ANA, 2020) como em termos mundiais (FEIO *et al*., 2021), grande parte dos cursos d'água (70%) estão com boa qualidade de água, 9% representam os de ótimo grau, 14% são considerados regulares, e 9% são ruins ou de péssima qualidade.

A caracterização limnológica é uma ferramenta importante para o planejamento e gerenciamento de corpos hídricos (TUNDISI, 2003). Em corpos hídricos sob influência de espaços urbanos com alterações relevantes pela ação antrópica, tem como resultados comuns a degradação da qualidade da água e a perda na biodiversidade de rios (PADOVESI-FONSECA *et al*., 2010). A execução de programas de monitoramento da qualidade ambiental de rios urbanos, apesar de necessária e importante, está vinculada à necessidade de uma logística para coleta e análise de dados, além da garantia de meios para a divulgação e acesso aos dados gerados (BUSS, 2002).

Uma alternativa menos onerosa é a avaliação da qualidade ambiental em rios urbanos por meio de Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) como uma estratégia técnica e economicamente viável. Aliados a ações clássicas de monitoramento, estes protocolos permitem gerar a caracterização da qualidade de ambientes urbanos. Além disso, podem gerar a inserção social no processo de monitoramento, gerenciamento e disponibilização da informação para subsidiar ações e debates sobre ecologia, preservação e educação ambiental (BUSS *et al*., 2003; PADOVESI-FONSECA *et al*., 2010).

Nessa perspectiva, uso do PAR para o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas dos rios é de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pois permite conhecer a atual situação dos corpos d'água e as principais alterações ocorridas com o tempo. Ademais, possibilita identificar as tendências e apoiar a elaboração de diagnósticos que podem subsidiar as políticas públicas para a fiscalização e o licenciamento ambiental (FINOTTI *et al*., 2009; ANA, 2020).

A inserção da utilização de aplicativos via aparelhos móveis nas atividades em sala de aula voltados a ações de aprendizagem interativa ou ainda na forma de ambientes de colaboração, como os que ocorrem em redes sociais, são uma tendência que deve ser mais bem explorada no ambiente escolar (BATISTA *et al*., 2010; BENTO & CAVALCANTE, 2013). O uso de tecnologias que permitam a interação e a formação de espaços colaborativos via aplicativos cria no ambiente virtual um novo universo que disponibiliza ao discente acesso à informação e à possibilidade de interação e entendimento de questões relativas ao espaço urbano onde está inserido (BENTO & CAVALCANTE, 2013).

No ensino de biologia, a burocratização das saídas de campo, escassez de recursos, laboratórios desativados, equipamentos ultrapassados, técnico desinteressado, impossibilita uma melhor abordagem das práticas e conceitos biológicos em muitas instituições. Uma alternativa é o uso de aplicativos em telefones celulares, hoje estão impulsionados pela tecnologia digital e a facilidade de acesso e aquisição.

O presente trabalho tem por objetivo adequar o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) de rios para uso em telefones celular e propor a utilização aos estudantes e professores do ensino médio. Acredita-se que o avaliador virtual de rios possa ser útil na formação de pessoas críticas, na preservação dos recursos fluviais, formar cidadão protagonista do seu conhecimento que irá contribuir com o desenvolvimento da sua comunidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido em escolas públicas de Ensino Médio do município de Imperatriz do Maranhão (MA). Houve a participação também dos docentes dessas escolas e acadêmicos dos últimos períodos do curso de

Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Estadual da Região Tocantins do Maranhão – UEMASUL.

Os protocolos de avaliação rápida de rios (PAR) são ferramentas que proporcionam aos professores e estudantes a análise qualitativa e visual dos rios. Os protocolos são baseados em descrições de características do rio e de seu entorno por meio de percepção visual e sensorial dos locais. A partir de seleção dos participantes, obtém-se pontuação referente ao estado de conservação e as alterações detectadas. Os protocolos podem ser adaptados para diferentes tipos como: clima, solo, vegetação, relevo e interferência humana.

Foi realizada a adaptação do protocolo de avaliação rápida de rios - PAR apresentado por PADOVESI-F0NSECA *et al*. (2010), buscando-se adaptar a linguagem utilizada a fim de torná-la mais acessível aos discentes. O PAR utilizado é composto por dois conjuntos de questões que avaliam as condições do corpo hídrico por meio de 22 parâmetros descritivos, sendo atribuídas pontuações de 0 a 4 nos primeiros 10 parâmetros, e de 0 a 5 nos 12 parâmetros restantes. A primeira parte do protocolo corresponde a 40% da pontuação e a segunda parte a 60%. Detalhes da metodologia utilizada pode ser vista em AMORIM (2021).

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado utilizando as ferramentas freeware disponibilizadas na plataforma MIT App Inventor 2 (MAI), as quais por meio de uma interface intuitiva, possibilitam a criação de Apps para aparelhos móveis das plataformas Android e Windows.

Com a proposta de orientar e facilitar a instalação do aplicativo baseado no Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR), foi elaborado um guia de instalação com as orientações básicas para a configuração do aplicativo em telefones portáteis com sistema operacional Android. Orientações detalhadas vide AMORIM (*op. cit*.). O aplicativo pode ser instalado no aparelho móvel (celular) por meio do *link*:

https://1drv.ms/u/s!Aou02M92WWiagocfcJUIHLX54V5UrA?e=UC8REw

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Brasília, com o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAEE) número 23060819.7.0000.5540. As coletas de dados foram realizadas somente após a aprovação do Comitê. Os participantes da pesquisa foram esclarecidos sobre os objetivos e meios de coleta e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A identidade e confidencialidade das informações foram preservadas para garantir o anonimato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo apresentou uma ferramenta de fácil uso na educação em escolas de ensino médio no Brasil, com o propósito inicial de auxiliar nos caminhos de aprendizagem e o desenvolvimento das habilidades intelectuais dos estudantes. O uso de aplicativo para celulares visa interligar os conteúdos abordados em aulas expositivas, além de potencializar os programas curriculares normalmente extensos aliados ao tempo reduzido das cargas horárias. Essa falta de integração ou fragmentação entre os temas também pode ser constatada na maioria dos livros didáticos (PAIVA, 2005).

Ademais, com o uso destes aplicativos podemos oferecer aos estudantes uma linguagem mais precisa e atualizada dos conceitos abordados nas aulas. Em livros didáticos, é recorrente apresentar abordagens que diferem entre os autores, o que causa confusão e prejudica a compreensão dos conceitos científicos (vide discussão em AMORIM, 2021).

A prática docente nos mostra que os estudantes têm dificuldades em assimilar os conteúdos que lhes são oferecidos em sala de aula. Os aplicativos celulares vêm ao encontro de facilitar a aprendizagem, e as dificuldades oriundas de um ensino determinista, reducionista e sem contextualização (AMORIM, 2021). Podem também gerar uma maior aproximação entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade vivenciada fora dela. Desta forma, potencializa o docente de biologia de integrar os conteúdos didáticos da disciplina com o cotidiano dos discentes fomentando o debate, a vivência e a troca de experiência. Possibilita a transformação dos discentes em protagonista do processo ensino-aprendizagem e de forma integrada, e com uma melhor perceção das condições e problemas ambientais no seu entorno.

No presente estudo abordamos a avaliação de qualidade de rios urbanos, com a interação de protocolo de rotina adaptado para ser usado em celulares. Para este fim, foi inserido o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) (PADOVESI-FONSECA *et al*., 2010). Os protocolos de avaliação rápida são ferramentas que agregam indicadores de qualidade ambiental referente aos aspectos físicos e biológicos do ecossistema fluvial, a fim de caracterizar os rios qualitativamente (RODRIGUES & CASTRO, 2008). Rios urbanos dos municípios brasileiros consistem em áreas de aplicação eficiente para tal ferramenta avaliativa. Com a

falta de política pública e a ocupação irregular das margens dos rios, a presente ferramenta educacional possibilita uma avaliação mais acurada da qualidade ambiental e de sua proteção.

Como instrumentos integradores, estes protocolos conferem uma ferramenta importante na compreensão de conceitos científicos em áreas bastante diversas, como geologia, ecologia, biologia, hidrologia, entre outros. A participação das escolas na avaliação de rios urbanos constitui um elo com a comunidade local, além de ser de útil ao poder público e aos órgãos fiscalizadores (DALE & BEYELER, 2001).

A incorporação de protocolos em uma linguagem mais acessível aos discentes a métodos de tecnologia da informação, proporciona a criação de uma ferramenta que possibilita uma interatividade entre os discentes. Gera o contato destes com conceitos científicos já amplamente debatidos e consolidados, levando a um ambiente colaborativo. A partir daí, fomenta não só o aprendizado, mas também o debate na busca da resolução de problemas ambientais (CUNHA & BACKES, 2012).

Um dos maiores desafios em atividades práticas com discentes do ensino médio é a necessidade de adaptar os termos técnico-científicos usados no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), para que seja viável um diálogo com o cotidiano dos estudantes, de modo a criar meios para sensibilidade e interpretação das questões abordadas no Protocolo.

Por meio do uso do aplicativo em seus celulares, cada participante escolheu um trecho de um riacho ou rio próximo a sua residência para realizar a análise visual, com o anexo de uma foto do local. Essa modalidade de sair para realizar a atividade no campo, levou os estudantes a vivenciar e associar as questões técnicas abordadas no protocolo de avaliação com a observação que realizam das condições ambientais dos corpos hídricos.

As avaliações do aplicativo foram realizadas em três cursos d'água, Rio Tocantins e nos riachos Bacuri e Capivara, todos da área urbana do município de Imperatriz (MA). Os trechos desses cursos d'água receberam uma baixa pontuação, com valores inferiores a 20 pontos no PAR, o que configura águas com péssimas condições de conservação e de qualidade de água.

Figura 1. Ponto de avaliação em Campo do ribeirão Lagoa Cercada, Imperatriz – MA, anexado por um dos participantes da avaliação do aplicativo do presente estudo.



É notório as vantagens do uso do aplicativo em aulas práticas de campo para o desenvolvimento direto da Educação Ambiental e sensibilização dos discentes em escolas. O uso do aplicativo constitui uma ferramenta facilitadora para realizar saídas de campo e suas rotinas. Questões como falta de condições logísticas a problemas da pandemia e com a segurança dos estudantes, podem ser minimizadas ou mesmo sanadas com o uso de aplicativos em celulares.

Em virtude da possibilidade de o docente levar para a sala de aula informações audiovisuais, como fotografias e filmagens, os discentes podem ser guiados pela exposição do professor e realizar avaliação do corpo hídrico utilizando o aplicativo de celulares (Figura 2).

Figura 2. Simulação de exposição em sala de aula das características e condições dos corpos hídricos através de recursos audiovisuais. Riacho do Meio, área urbana da cidade de Imperatriz – MA.



Dos docentes da rede estadual de educação participantes do estudo, 66,6% consideraram viável e afirmaram ter interesse de utilizar o aplicativo proposto como uma ferramenta de promoção de debates e discussões sobre educação e educação ambiental em sala de aula. Entre os discentes dos últimos períodos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, 100% dos consultados demonstraram interesse no aplicativo e fez avaliações positivas.

A diferença de opinião entre uma parte dos docentes atuantes em atividades de ensino na rede estadual de educação e os futuros docentes em parte se dá pela dificuldade que alguns docentes mais antigos apresentam em incorporar novas tecnologias e ferramentas de ensino em suas práticas didáticas (MARANDINO *et al*., 2009).

O uso de ferramentas de Tecnologia da Informação e a realização de atividades fora da sala de aula ainda é tratado por alguns docentes como uma novidade passageira que, na opinião destes, não tende a se firmar (PILLETI & ROSSATO, 2011).

Uma forma de tornar o uso deste tipo de aplicativos mais atrativo para os alunos é a sua utilização em atividades educativas ligadas à preservação dos rios (PADOVESI-FONSECA *et al*., 2010). Apesar da existência de estudos com essa vertente, pode-se dizer que poucos pesquisadores envolvidos com a problemática ambiental produzem e analisam materiais educativos para a população com baixo grau de instrução/escolarização, especialmente para estudantes da educação básica (BIZERRIL, 2003).

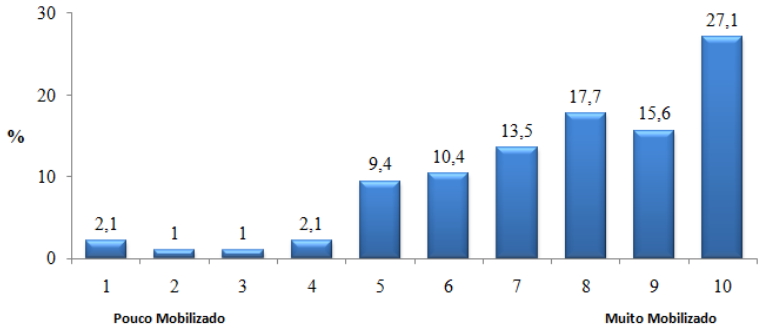
Há poucos estudos envolvendo PAR a estudantes do ensino médio, como o trabalho de GUIMARÃES *et al.* (2006) desenvolvido no âmbito do projeto ambiental Pampulha Limpa, criado em 2003, em Belo Horizonte, MG. Nesse estudo, os autores trabalharam com centenas de crianças de 11 a 13 anos de idade em escolas localizadas na bacia hidrográfica da Pampulha. No Estado do Maranhão, onde temos vários biomas como, floresta Amazônica, mata de cocais e Cerrado, nenhum trabalho semelhante foi desenvolvido. Assim, o presente estudo é inédito com o uso de aplicativo- PAR com os estudantes do ensino médio em escolas do Brasil.

O aplicativo viabiliza a observação de conceitos como erosão, assoreamento, mata ciliar, preservação de rios, efluentes, interferência antrópica, funcionamento dos biomas, ecossistemas dos rios, tanto por professores e por

estudantes, contribuindo significativamente para o ensino da biologia, educação Ambiental, o que incluem aspectos sociais, históricos e culturais.

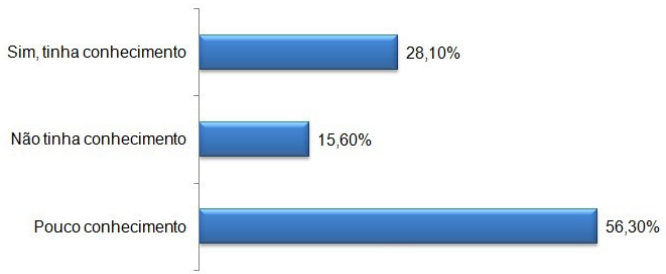
O presente estudo corrobora com a premissa apresentada. A avaliação do aplicativo pelos participantes por meio de aulas virtuais síncronas obteve resultados bastante promissores quanto ao incentivo em discutir e avaliar os problemas ambientais de rios urbanos e sua recuperação (Figura 3).

Figura 3. Opinião dos usuários quanto ao grau de mobilização em discutir e avaliar sobre a recuperação de rios urbanos após o uso do aplicativo.



Apesar de aumento da sensibilização quanto ao tema ambiental (82% dos usuários), houve um expressivo desconhecimento (71,9% dos usuários) sobre a situação dos corpos hídricos em áreas urbanas. Assim, o uso do aplicativo, além de ter incentivado a sensibilização dos usuários, proporcionou a busca de soluções para a recuperação de rios impactados em áreas urbanas (Figuras 4 e 5).

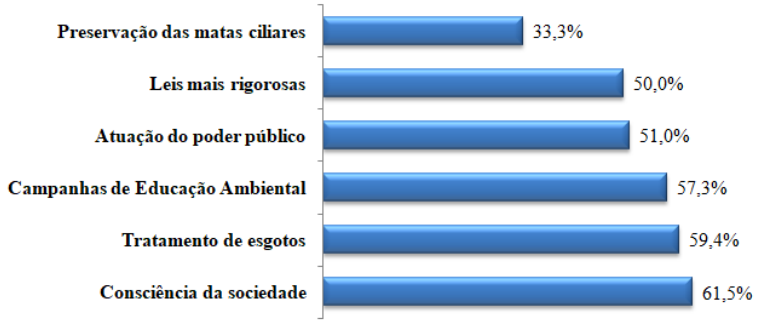
Figura 4. Opinião dos usuários quanto ao grau de conhecimento sobre a situação dos riachos do seu município.



Melhoria da conscientização da sociedade (61,5%), ampliação do sistema de tratamento de esgotos (59,4%) e campanhas de educação ambiental (57,3%) foram as principais ações apontadas pelos participantes como sendo necessárias

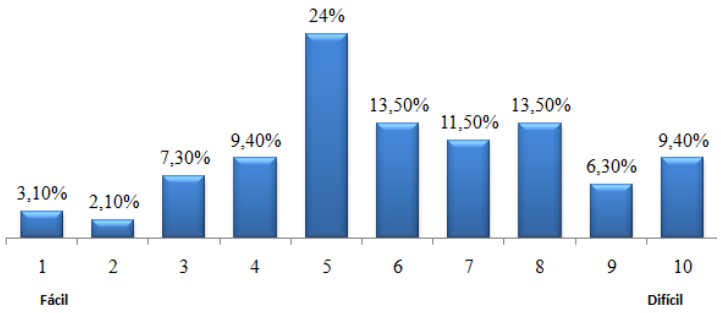
a serem tomadas pelo poder público para mitigar os problemas ambientais. Outras questões apontadas foram o estabelecimento de leis mais rigorosas (50%) e uma atuação mais vigorosa por parte do poder público (51%) como caminhos viáveis a serem seguidos (Figura 5). Essas ações compõem a gama de temáticas que podem ser abordadas ao longo de debates a partir dos resultados obtidos com a utilização do aplicativo.

Figura 5. Ações apontadas pelos discentes e docentes como necessárias para melhoraria das condições ambientais dos riachos na avaliação do aplicativo.



A principal dificuldade para esta atividade educativa foi decorrente da compreensão de conceitos científicos e técnicos utilizados no protocolo de avaliação de rios. A grande maioria dos participantes (78%) classificaram a linguagem utilizada de moderada a difícil (Figura 6). Este item reforça a necessidade de fazer adaptações de linguagem na apresentação de termos técnicos de acordo com o conhecimento de base e prática dos discentes.

Figura 6. Avaliação da linguagem utilizada nas questões presentes no aplicativo "Avaliador Virtual de Rios".



Mesmo com as dificuldades encontradas frente a linguagem, 97,9% dos avaliadores recomendariam o uso do aplicativo como ferramenta didática no ensino

de conteúdos de ecologia para fomentar discussões sobre educação e percepção ambiental. Além de 69,8% avaliarem o aplicativo e os debates fomentados pela interpretação e avaliação dos resultados como sendo um aspecto muito importante para promover nos discentes a conscientização sobre os impactos gerados pela urbanização sobre corpos hídricos.

Na atualidade, a maioria dos discentes tem acesso a internet, especialmente por dispositivos móveis, o que disponibiliza essas ferramentas para a realização de pesquisas que envolvem tecnologias na educação (COSTA *et al.*, 2015; TIMBANE *et al.*, 2015). Como apontado por COSTA *et al*. (*op. cit*.) e ALCÂNTARA & FILHO (2015), a realização de atividades didáticas com ferramentas de tecnologia de informação como dispositivos móveis, atrai o interesse dos discentes devido a integração dos conteúdos didáticos com ferramentas do seu cotidiano.

Contudo, diversas experiências utilizando essas novas propostas de ensino já demonstraram que eleva as práticas didáticas por envolver o universo e as ferramentas digitais e dominadas na atualidade por boa parte dos nossos discentes. É uma estratégia que possibilita a retomada da atenção dos discentes, oportunizando o aprendizado e estimulando os mesmos a debater sobre questões importantes na atualidade (ALMEIDA *et al*., 2015; MIYAZAWA *et al*., 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho desenvolveu aplicativo para celular de avaliação ambiental de rios, que pode ser confeccionado com um baixo custo e fácil acesso.

Pode-se afirmar que os modelo apresentado associado a essa metodologia de ensino pode contextualizar os processos biológicos. Desse modo, espera-se que o avaliador virtual de rios seja usado como ferramenta de Ensino de Biologia e desperte o interesse para a disciplina, promova o desenvolvimento de competências para formar cidadãos e o respeito ao meio ambiente.

A análise dos professores de biologia do ensino médio como avaliadores do uso do aplicativo foi um processo enriquecedor, uma vez que a crítica dos participantes revelou novas possibilidades para uso e ajudaram a melhorar o produto deste trabalho. Acredita-se que o uso do aplicativo deva gerar um ganho no aprendizado para os alunos envolvidos.

A viabilidade de uso de dispositivos móveis na realização de atividades práticas em disciplinas do ensino médio é uma questão já debatida e comprovada

em estudos acadêmicos. A presente proposta veio incorporar uma metodologia de avaliação ambiental com eficiência e aplicabilidade já demonstrada, o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios – PAR, via criação de um aplicativo como ferramenta útil para o fomento de discussões e debates da percepção e educação ambiental em áreas urbanas.

As maiores dificuldades encontradas pelos usuários do aplicativo foram os termos técnicos dos questionamentos, o que torna importante a necessidade de um debate prévio durante a apresentação do aplicativo aos discentes, a fim de esclarecer possíveis dúvidas que dificultem a interpretação das questões da avaliação ambiental dos corpos hídricos em estudo.

A possibilidade de integração de atividades práticas com o uso de tecnologias que estão acessíveis a maioria dos discentes, se configura como uma estratégia eficiente para retomada da atenção e a promoção de debates em sala de aula. Questões importantes, como a poluição em áreas urbanas e o impacto destas ações sobre a saúde e bem-estar da população.

Principal aspecto positivo do dispositivo móvel foi a facilidade na obtenção e aplicação do protocolo na área de estudo. O uso do aplicativo facilita a análise ambiental de rios priorizando os aspectos qualitativos. A análise corresponde à observação apenas visual do pesquisador, que com o pouco treinamento é capaz de identificar as características básicas da área de estudo. Desta forma, professores e estudantes são capazes de usar o aplicativo e o protocolo de forma independente.

Outro ponto importante está relacionado à disponibilização das informações obtidas para serem usadas na prática de educação ambiental e na preservação de recursos hídricos (KRUPEK, 2010). Isso possibilita avaliações das condições biológicas de vários rios, em uma mesma região geográfica e até mesmo auxiliam na elaboração de políticas públicas na proteção e preservação dos rios.

É preciso treinar os usuários, pois quando se trata de pessoas leigas a falta de entendimento da terminologia utilizada nas questões do PAR pode resultar em avaliações pouco precisas das condições dos corpos hídricos. O conhecimento prévio dos termos utilizados no aplicativo, frente a um glossário e oficinas sobre rios e ecologia, minimiza possíveis dificuldades na utilização do aplicativo e facilitam os debates pós atividade de campo. Além disso, a atenção especial durante a

aplicação do protocolo é fundamental visto que o aplicativo não avalie as questões químicas ou bioquímicas do ecossistema estudado e sim requer uma interpretação frente as percepções do usuário das condições do ambiente em estudo.

5. AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001. Este capítulo é produto de estudos de recursos hídricos desenvolvidos 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).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Avaliação de qualidade: introdução**. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx. Acesso em: jan. 2020.

ALCÂNTARA, N.R.; FILHO, A.V.M. **Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de Bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos**, UFG, 2015.

ALMEIDA, C.M.M.; LOPES, L.A.; LOPES, P.T.C. **Sequências didáticas eletrônicas no ensino do corpo humano: comparando o rendimento do ensino tradicional com o ensino utilizando ferramentas tecnológicas**. Acta Scientiae, 17 (2), 466-482, 2015.

AMORIM, A.F.A. **Ferramenta para o ensino de educação ambiental na avaliação ecológica de riachos urbanos**. Dissertação. Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia-ProfBio, 2021, 62pp.

BATISTA, S.C.F.; BEHAR, P.A.; PASSERINO, L.M. **Recursos pedagógicos para dispositivos móveis: uma análise com foco na matemática**. Porto Alegre, RS, CINTED, 8 (3), dezembro, 2010.

BENTO, M.C.M.; CAVALCANTE, R.S. **Tecnologias Móveis em Educação: o uso do celular na sala de aula**. Lorena, SP, ECCOM, 4 (7), janeiro/junho, 2013.

BIZERRIL, M.X.A. **O cerrado nos livros didáticos de geografia e ciências.** Ciência hoje, 32 (192), 56-60. 2003.

BUSS, D.F. **Proteção a vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos**. Ciência & Ambiente, 25, 71-84, 2002.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. **Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19 (2), 465-473, mar-abr. 2003.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, AV. Prof. Frederico Hermano Jr. 345 – São Paulo – SP, 2021.

COSTA, R.D.A.; ALMEIDA, C.M.M.; NASCIMENTO, J.M.M.; LOPES, P.T.C. **Percepções de acadêmicos sobre o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis como ferramenta de apoio ao ensino e a aprendizagem em anatomia humana**. Rendi - Revista Educacional Interdisciplinar, 4 (1), 2015.

CUNHA, A.L.M.; BACKES, L. **O que o professor Google não ensina aos alunos adolescentes e o que nós, educadores, precisamos aprender**. Colabor@ - Revista Digital da CVA, 7 (27), 2012.

FEIO, M.J.; HUGHES, R.M.; CALLISTO, M.; NICHOLS, S.J.; ODUME, O.N. *et al*. **The Biological Assessment and Rehabilitation of the World's Rivers: An Overview.** Water 13 (3): 371.2021.

FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M. D'A.; CEMIN, G. **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas**. Caxias do Sul: Ed. Educas. 272 pp, 2009.

GUIMARÃES, A.Q. *et al.* **Uso de ferramentas alternativas para auxiliar saídas de campo e construção de valores conservacionistas**. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 5., Joinville. Anais... Brasília: MMA, 2006.

KRUPEK, R. A. **Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. Ambiência**, Guarapuava, 6 (1), 147-158, 2010.

MARANDINO, M; SELLES, S. E; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos.** São Paulo: Cortez, 2009.

MIYAZAWA, G.C.M.C.; SIQUEIRA, A.C.; ARAÚJO JÚNIOR, C.F.; FRENEDOZO, R.C. **Aplicativos para o Ensino-Aprendizagem de Educação Ambiental**. Educação Ambiental, 6 (1), 1-19, 2016.

OLIVEIRA, C. M. A, O que se fala e se escreve nas aulas de ciências? in: CARVALHO, A.M.P.C. *et al*. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**, 4ª Ed. Cengage Learning, São Paulo, 2018.

ONU (2023). Conferência da ONU sobre água: acelerando ação para futuro sustentável. In: https://brasil.un.org/

PADOVESI-FONSECA, C. Caracterização dos ecossistemas aquáticos do cerrado. In: SCARIOT, J.C.; SOUSA-SILVA, J.M.; FELFILI, J. (Orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 422-425.

PADOVESI-FONSECA, C.; GOMES CORRÊA, A.C.; FIGUEIREDO MARQUES LEITE, G.; JOVELI, J.C.; SOARES COSTA, L.; TOLEDO PEREIRA, S. **Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central**. Revista Ambiente & Água, 5 (1), p.145-162, 2010.

PAIVA, A. L.B. MARTINS, C.M.C. **Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética**, Revista Ensaio, 7 (3), 182-201, 2005.

PILLETI, N., ROSSATO, S.M. **Psicologia da Aprendizagem: da teoria do condicionamento ao construtivismo**. São Paulo: Contexto, 178pp. 2011.

RODRIGUES, A.S.L.; CASTRO, P.T.A. **Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 13 (1), 161-170, 2008.

TIMBANE, S.A.; AXT, M.; ALVES, E. **O celular na escola: vilão ou aliado!** Nuevas Ideas en Informática Educativa, 8, 768-773, 2015.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003.

SOBRE A ORGANIZADORA

Dra. Claudia Padovesi Fonseca – Professora Titular da Universidade de Brasília (UnB, Brasil). 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. 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.

Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7915-3496

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aquíferos 1, 3, 4, 12, 16, 18, 24, 117, 126, 128, 132, 133, 134

B

Bacia hidrográfica 7, 16, 18, 36, 57, 104
Bentos 103
Biota aquática 90, 93, 94, 99, 105, 113, 115
Brasil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 27, 28, 30, 33, 36, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 65, 66, 70, 71, 72, 75, 77, 78, 90, 92, 100, 101, 102, 103, 104, 112, 114, 124, 125, 127, 129, 130, 132, 133
Brasil central 1, 9, 15, 16, 42, 103

C

Caverna 126, 129, 130, 131
Cerrado 1, 2, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 36, 41, 42, 75, 76, 77, 78, 81, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135
Condições ambientais 34, 38, 77, 79, 83, 103, 107, 113, 114, 122, 123, 127, 132
Contaminação hídrica 59
Curso fluvial 103

D

Desenvolvimento Sustentável 16, 17, 18, 23, 27
Diretrizes 46, 56, 59, 87, 112
Diversidade biológica 13, 89, 101, 121, 125, 126
Domínio Cerrado 1, 2, 9, 113, 114, 115

E

Ensino da biologia 29, 37

I

Integridade de riachos 29

L

Lagos 24, 75, 90, 127
Lagos artificiais 90

M

Mananciais 3, 9, 13, 16, 18, 46, 104
Microcrustáceos 90, 95
Monitoramento ambiental 44, 45, 75, 78, 86, 87, 118, 122

P

Peixes 106, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134
Planalto Central 1, 2, 3, 13, 18, 117
Poluição das águas 45, 46
Poluição plástica 59, 62
Proteção integral 1
Protocolo de Avaliação Rápida 28, 29, 31, 32, 33, 34, 40, 42

Q

Qualidade ambiental 22, 29, 30, 33, 34, 47, 75, 76, 78, 83, 85, 86, 94, 96, 113, 114, 118, 119, 122, 123

R

Recursos hídricos 1, 2, 3, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 53, 55, 56, 58, 60, 66, 72, 73, 75, 83, 84, 86, 87, 90, 93, 113, 117, 120, 122, 123, 128, 134
Regulamentação hídrica 45
Rotíferos 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99

S

Savana brasileira 104, 113
Sazonalidade climática 75, 77, 78, 84, 85, 87

T

Tecnologia da informação 29, 34, 36

EDITORA
ARTEMIS
2026