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 4

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

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

Thaianne Resende Henriques Fábio[1]
Diretora do Departamento de Qualidade Ambiental desde 2023 e Analista Ambiental do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) desde 2014
https://lattes.cnpq.br/1619338630142159

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, Brazil
https://orcid.org/0000-0001-7915-3496

RESUMO: A qualidade da água condiciona sua disponibilidade para diversos usos, como abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e industrial. O monitoramento ambiental é uma ferramenta elegível na informação de tendências e evolução da qualidade das águas e viabiliza o seu diagnóstico ambiental. Os dados nacionais mais atualizados sobre efluentes gerados pelas atividades potencialmente poluidoras e lançados nos corpos hídricos brasileiros estão disponíveis no Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Foi identificado que as informações desse formulário não englobam dados qualitativos dos efluentes. Sendo assim, o presente estudo utilizou o método dedutivo, com pesquisa documental e uma abordagem quantitativa para propor uma ampliação do monitoramento da qualidade das águas no Brasil. E com base no formulário do Ibama apresentar propostas de melhorias ao formulário do RAPP. A análise do formulário foi realizada com dados disponíveis no site do Ibama para 2021, e disponibilizados em 2022, no total de 23.109 formulários preenchidos. Ao menos 27 diferentes atividades jurídicas foram respondentes, sendo a grande maioria do setor industrial. A região Sudeste colaborou com 57% das pessoas jurídicas. A região Sul representou 24%, ao passo que Centro Oeste, Nordeste

[1] Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), graduada em Ciências Biológicas.

[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.

e Norte resultaram em apenas 19%. A grande maioria (70,2%) lançaram efluentes líquidos em águas, e 30% realizavam o monitoramento. A maioria (>40%) afirmou elevada eficiência do tratamento dos efluentes (>95%). Entretanto, metade desses empreendimentos utilizaram apenas o tratamento primário, o que não é suficiente para alta eficiência. A criação de um sistema nacional unificado para inserção das declarações de carga poluidora representa um instrumento facilitador da coleta de informações das cargas lançadas pelos empreendimentos, análise destes dados pelo poder público, e planejamento de ações corretivas e preventivas.
PALAVRAS-CHAVE: monitoramento ambiental; poluição das águas; regulamentação hídrica; Brasil.

LIQUID EFFLUENTS FROM POTENTIALLY POLLUTING ACTIVITIES IN BRAZIL: DOCUMENTARY BASIS AND PROPOSALS FOR IMPROVING QUALITY ANALYSES

ABSTRACT: Water quality determines its availability for various uses, such as human supply, recreation, food production, and industrial use. Environmental monitoring is a suitable tool for reporting trends and the evolution of water quality and for enabling environmental diagnosis. The most recent national data on effluents generated by potentially polluting activities and discharged into Brazilian water bodies are available in the Report on Potentially Polluting Activities and Users of Environmental Resources (RAPP) from the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (Ibama). It was found that the information contained in this form does not include qualitative data on effluents. Therefore, this study used the deductive method, with documentary research and a quantitative approach, to propose an expansion of water quality monitoring in Brazil. Based on the Ibama form, proposals for improvements to the RAPP form are presented. The analysis of the form was carried out using data available on the Ibama website from 2021, made available in 2022, totaling 23,109 completed forms. At least 27 different legal entities responded, the vast majority from the industrial sector. The Southeast region contributed 57% of the legal entities. The South region accounted for 24%, while the Central-West, Northeast, and North regions obtained only 19%. The vast majority (70.2%) discharged liquid effluents into water, and 30% carried out monitoring. Most (>40%) reported high efficiency in effluent treatment (>95%). However, half of these companies only used primary treatment, which is not sufficient for high efficiency. The creation of a unified national system for submitting pollutant effluents declarations represents a tool to facilitate the collection of information on the effluents discharged by companies, the analysis of this data by public authorities, and the planning of corrective and preventive actions.
KEYWORDS: environmental monitoring; water pollution; water regulation; Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do mundo, com cerca de 12% de deflúvio superficial disponível, um clima predominantemente tropical e grande dimensão territorial (SILVA, 2020). Apesar desta abundância, os mananciais no Brasil possuem uma distribuição no território não uniforme. Como exemplo, a bacia Amazônica possui quase 80% da água que escoa pelo território brasileiro (ANA, 2022), porém apresenta apenas 5,1% da população do Brasil (MPF, 2017).

A distribuição hídrica não uniforme no Brasil, aliada ao crescimento urbano desordenado, com ocupações irregulares e esgotamento sanitário deficitário, os problemas no abastecimento de água e na coleta de resíduos, e a ausência de arborização e de áreas verdes nas cidades, afetam sobremaneira a qualidade da água dos rios, principalmente os rios urbanos (ANA, op.cit.).

A água é essencial para a vida e seu monitoramento, tanto quantitativo quanto qualitativo, é fundamental para o planejamento da gestão dos recursos hídricos. O setor de recursos hídricos sempre se ocupou majoritariamente do monitoramento quanto aos aspectos da quantidade de água, e, por outro lado, minoritariamente das questões relacionadas à qualidade. Em 2020, a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) possuía aproximadamente 23 mil estações, sendo que apenas 32% das estações gerenciadas pela ANA monitoraram qualidade da água em 2020 (ANA, op.cit.).

Uma vez que o aumento dos problemas de poluição das águas ocasiona a diminuição da disponibilidade hídrica nas bacias, faz-se necessário aumentar o monitoramento da qualidade das águas. Essa informação é comprovada quando um manancial sofre, por exemplo, poluição através da contaminação por um acidente ambiental, como um rompimento de uma barragem de rejeito (BRASIL, 2015). Com isso, esse manancial não pode mais ser utilizado como fonte de abastecimento para a população, fazendo-se necessário o monitoramento de sua qualidade da água.

Constituem-se como algumas das diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH): (1) a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; (2) a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do

País; (3) e a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo (BRASIL, 1997).

Hoje o Brasil dispõe de estrutura e recursos descentralizados nos marcos da Rede Nacional de Qualidade das Águas (RNQA), que permitem realizar o monitoramento da qualidade das águas, abrangendo diversos locais do país (ANA, 2022). Além dessas, existem informações produzidas por meio do automonitoramento no escopo das condicionantes de licenciamento ambiental, que podem incrementar o monitoramento realizado hoje (BRASIL, 2011).

No Brasil, as regulamentações para o monitoramento da qualidade das águas são estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2005), que é a instância responsável por estabelecer normas e padrões de qualidade ambiental para o país.

Para o monitoramento da qualidade das águas no Brasil, existem resoluções e normas específicas para diferentes setores e atividades que podem impactar a qualidade das águas. As normas e regulamentações relacionadas à qualidade da água potável no Brasil estabelecem os padrões e critérios técnicos para garantir a segurança e a saúde da população usuária. As regulamentações para a qualidade da água potável no Brasil são estabelecidas pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

A qualidade da água condiciona sua disponibilidade para seus diversos usos, tais como o abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e industrial, estando diretamente relacionada com as diversas atividades econômicas, além de possuir alto impacto na saúde pública e na qualidade de vida de todos, sendo essencial para o equilíbrio e funcionamento de ecossistemas (ANA, 2017).

Os parâmetros de qualidade da água definidos em normativos, são substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água. Para eles são adotados padrões, que são valores-limite (valores máximos permitidos) como requisito normativo da qualidade de água ou efluente apresentados no CONAMA (BRASIL, 2005).

No que tange às informações sobre efluentes gerados pelas atividades potencialmente poluidoras e lançados nos corpos hídricos brasileiros, os dados mais atualizados estão disponíveis no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) – Dados Abertos (link: http://

dadosabertos.Ibama.gov.br). Os dados desse formulário de Efluentes Líquidos não demonstram dados qualitativos dos efluentes.

O objetivo do presente estudo é propor ampliação do monitoramento da qualidade das águas no Brasil com dados de condicionantes ambientais ao formulário de Efluentes Líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do IBAMA.

Nesse sentido, faz-se necessário que esse formulário seja analisado, de forma a abranger informações que possibilitem qualificar os corpos hídricos brasileiros em locais onde há a geração de efluentes pelas atividades potencialmente poluidoras, justificando a importância desse trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo proposto foi exploratório, para proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, auxiliar na verificação dos fatos, identificar conceitos ou variáveis e sugerir hipóteses (SAMPIERI *et al*., 1991). A proposta do presente estudo enquadra-se na abordagem quantitativa.

Com método dedutivo e pesquisa documental, o estudo buscou uma revisão narrativa (não sistemática) das iniciativas e regulamentações quanto ao monitoramento da qualidade das águas no Brasil, que seguiram as orientações de GIL (2002).

Esse trabalho teve como delimitação temporal para sua primeira fase, ou seja, a visão geral dos empreendimentos que preencheram o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) de 2000 até 2022. Posteriormente, visando trazer a análise mais recente, os dados a serem trabalhados de maneira detalhada nesse estudo foram preenchidos no ano de 2022 com referência aos efluentes lançados em 2021.

A metodologia utilizada para o tratamento dos dados coletados no formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama foi por meio do software Microsoft Excel, incluindo o uso da ferramenta de tabela dinâmica. O objetivo principal do tratamento dos dados foi analisar e obter informações relevantes sobre as características e padrões dos efluentes líquidos das atividades potencialmente poluidoras. O processo de tratamento dos dados seguiu as seguintes etapas: (1) coleta de dados disponível no site do Ibama (link: https://dadosabertos.ibama.gov.

br/dataset/efluentes-liquidos), na última atualização disponível; (2) preparação dos dados para garantir a qualidade e consistência das informações, como a remoção de dados duplicados, inconsistentes ou inválidos, além da necessidade da criação de uma macro para dar um tratamento a caracteres ilegíveis; (3) análise de tendências e o uso da tabela dinâmica. O detalhamento completo da metodologia empregada neste estudo encontra-se descrito em FÁBIO (2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

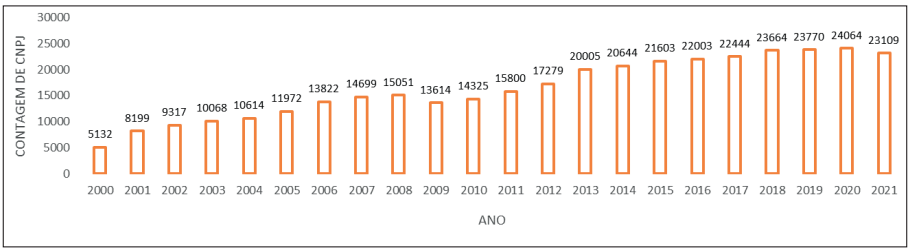
No período desse estudo documental, 27 diferentes atividades jurídicas responderam o formulário referente às atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais. A grande maioria foi proveniente de indústrias, com 15 tipos, com maior número de respostas as de produtos alimentares e bebidas (figura 1). A outra parte foi bem diversificada, com resíduos provenientes de tratamentos minerais, recursos naturais, projetos sujeitos à licenciamento ambiental, veículos automotores, incluindo pneus, pilhas e baterias, além de turismo e projetos florestais.

Figura 1. Distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) à sua atividade do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), de 2000 até 2021.



Houve um aumento expressivo de respostas ao formulário de efluentes ao longo do período de estudo, com um aumento de 10 mil respondentes nos oito anos iniciais, e em sequência, quase 10 mil a mais em dez anos (Figura 2).

Figura 2. Relação das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos, de 2000 a 2021.

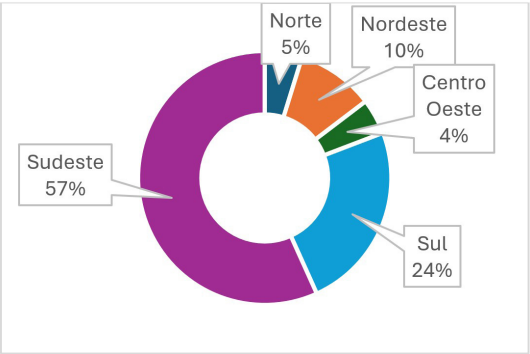


Além do aumento expressivo de respondentes para o formulário de efluentes líquidos, houve uma discrepância geográfica entre as regiões do Brasil. A região Sudeste correspondeu 57% das pessoas jurídicas da pesquisa. O estado de São Paulo representou 26% e o de Minas Gerais 22% para a região. A região Sul obteve 24% de representatividade. As outras regiões do Brasil, como Centro Oeste, Nordeste e Norte, resultaram em apenas 19% (Figura 3).

Os resultados apresentados até o momento podem estar relacionados às diferenças econômicas e populacionais entre as regiões geográficas do Brasil. A concentração populacional e o desenvolvimento econômico são fatores que contribuem para o maior número de atividades potencialmente poluidoras em São Paulo e Minas Gerais. Além disso, esses estados são os mais populosos do Brasil, com mais de 60 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Isso significa que há mais indústrias, comércios e serviços em operação nessas áreas, aumentando o potencial de poluição.

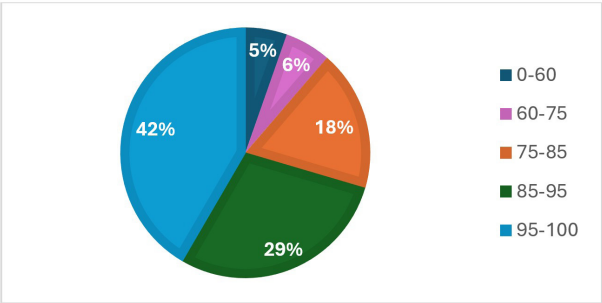
São Paulo e Minas Gerais são estados economicamente desenvolvidos, com uma grande variedade de indústrias e empresas em operação. O PIB (Produto Interno Bruto) do estado de São Paulo foi de cerca de R$ 2,5 trilhões e o de Minas Gerais R$ 680 bilhões, ambos valores em 2020, o que representam cerca de 40% do PIB nacional. Temos ainda que São Paulo possui o maior parque industrial do país, com cerca de 40% da produção industrial brasileira. Minas Gerais representa o segundo maior parque industrial do país, com destaque para as indústrias extrativas (mineração) e metalurgia. Dessa forma, esses estados detêm a maior parte das atividades potencialmente poluidoras do país.

Figura 3: Distribuição das pessoas jurídicas por Unidades da Federação do Brasil.



Em relação à eficiência do tratamento dos efluentes, mais de 40% dos respondentes declararam ter eficiência acima de 95, numa faixa de valores de zero a 100 pontos. E somente 5% declararam possuir eficiência abaixo de 60%, limite fora dos padrões estabelecidos em lei (figura 4).

Figura 4. Eficiência do Tratamento das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021.



Vale ressaltar que, a pessoa física ou jurídica que deixar de entregar o RAPP ou apresentar informações total ou parcialmente falsas está sujeita à multa e/ou sanções de natureza ambiental, conforme consolidado nos Arts. 17 a 20 da Instrução Normativa do Ibama nº 06/2014.

Há uma variedade de tratamento de efluentes dos usuários para esse estudo. Foram configurados 18 tipos de tratamento, que incluem biológicos, químicos, físicos, sob secagem e altas temperaturas (Figura 5). O tratamento desses efluentes de fontes poluidoras deve seguir condições, padrões e exigências antes de ser lançados em corpos receptores, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011).

Figura 5. Tipo de Tratamento Realizado no Efluente das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021.



Os processos de tratamento de efluentes podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos, conforme a natureza dos poluentes a serem removidos e as operações unitárias empregadas (GIORDANO, 2004). O tratamento biológico foi o de uso preponderante, com quase 12 mil usuários, seguido em menor escala vários outros tipos de tratamento, com mais de 6 mil usuários. Outros nove tipos de tratamento ficaram entre mil e cem usuários. E sete tipos de tratamento tiveram seu uso em número mais reduzido (Figura 6).

Os tratamentos biológicos de esgotos e efluentes industriais têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991). Nesse processo ocorre a ação de agentes biológicos como bactérias, protozoários e algas. Essa degradação pode ocorrer por meio do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. A partir de nossos resultados foi possível detectar que mais da metade das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, declaram realizar o tratamento dos seus efluentes através do tratamento biológico.

É pertinente ressaltar que a segunda coluna de tratamento designada por outros na Figura 5, evidencia que os tipos de tratamentos preestabelecidos não são condizentes com os tratamentos realizados no Brasil. Quase 30% informaram que realizaram outro tipo de tratamento, daqueles listados pelo RAPP, possibilitando apontar a necessidade de atualização da lista estabelecida pelo Relatório.

O tratamento de efluentes pode ser classificado em diferentes níveis: primário, secundário e terciário, dependendo de suas condições e da eficiência

dos processos. Detalhes e itens de análise são apresentados em FÁBIO (2023), no âmbito do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade de Brasília.

Quase metade (46%) das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, informaram que o tratamento realizado é de nível primário, seguido de 40% do nível secundário e 14% do nível terciário.

O nível de tratamento de efluente está diretamente relacionado à eficiência do tratamento. Quanto mais avançado for o nível de tratamento, maior será a eficiência na remoção de poluentes presentes no efluente. No entanto, é importante ressaltar que o nível de tratamento a ser aplicado dependerá das características do efluente e dos padrões de qualidade exigidos pela legislação local.

Assim, foi observada uma aparente incongruência para os usuários que declararam ter eficiência do tratamento acima de 95%. Metade dos empreendimentos utilizaram apenas o tratamento primário, 33% o secundário e somente 17% o terciário. Para uma alta eficiência relatada pelos usuários, os efluentes deveriam ter sido submetidos no mínimo ao tratamento secundário.

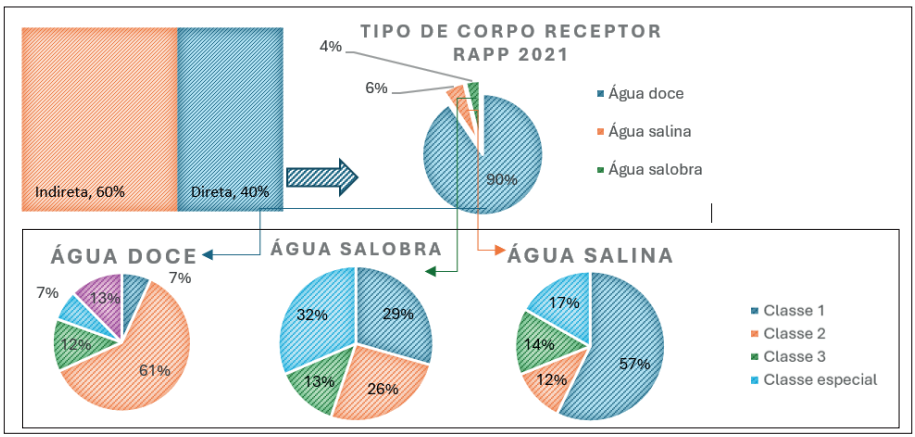
Segundo demonstrado nesse estudo, a análise das informações evidenciadas nos Dados Abertos do Ibama são 23.109 pessoas físicas e jurídicas que preencheram o formulário "Efluentes Líquidos" do RAPP, no ano de 2021. Sendo que, dos declarantes que informaram o lançamento de seus efluentes na água, 60% informaram realizar emissão de forma indireta, detalhando em seguida o corpo receptor e o nome da empresa receptora do efluente. Por outro lado, 40% declararam emitir seu efluente de maneira direta, ou seja, diretamente em algum corpo hídrico, totalizando 6.534 empreendimentos.

Em complementação, as pessoas jurídicas também informam a classe do corpo receptor no qual o efluente foi lançado, de acordo com a classificação da Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. A maioria, 61% das pessoas jurídicas, classificou o corpo hídrico como Classe 2, destinadas a consumo humano segundo CONAMA (BRASIL, 2005). Mais da metade das pessoas jurídicas (57%) lançaram seus efluentes em águas de Classe 1, destinadas à recreação, proteção da biota, aquicultura e pesca de acordo com CONAMA (BRASIL, op.cit.).

E por fim, as pessoas jurídicas, que preencheram o RAPP em 2021, e lançam o efluente em água salobra tiveram uma diversidade grande entre as classes da

Resolução CONAMA 357/2005, se comparado com os tipos água doce e água salina. Um terço (29%) classificou o corpo hídrico como Classe 1 (citado acima) e um pouco mais (32%) como Classe Especial. A classe especial é destinada à preservação dos ambientes, do equilíbrio natural e da biota em sistemas aquáticos (Brasil, 2005). A Figura 6 apresenta um resumo do tipo de emissão e a classe do corpo receptor aos respondentes do Formulário.

Figura 6. Relação ao tipo de emissão e tipo e classe do corpo receptor das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP em 2021.



A preponderância de classe 2 para água doce e classe 1 para água salina se justifica pelo artigo 42 da Resolução CONAMA 357/2005. Esse artigo define que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2; e as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Tal situação abre espaço para realizar lançamentos de efluentes em corpos d'água que ainda não foram devidamente analisados e classificados em consonância ao nível de proteção e tipos de usos humanos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em 2020 a Rede Hidrometeorológica Nacional contava com aproximadamente 23 mil estações sob responsabilidade de diferentes instituições, sendo que apenas 32% das estações gerenciadas pela agência realizavam monitoramento da qualidade da água (ANA, 2022).

Em 2021, 23.109 pessoas jurídicas preencheram o formulário temático "Efluentes Líquidos" do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP), sendo que cerca de 40% declararam lançar efluentes diretamente em corpos hídricos, totalizando aproximadamente 6.500 empreendimentos. Entretanto, os dados de automonitoramento exigidos nas condicionantes de licenciamento ambiental encontram-se dispersos em diferentes bases e sistemas, o que dificulta sua consolidação em escala nacional e limita sua utilização para subsidiar políticas públicas e processos de tomada de decisão.

Nesse contexto, a criação de um sistema nacional unificado para inserção das declarações de carga poluidora poderia facilitar a compilação e análise das informações sobre efluentes lançados, contribuindo para o planejamento de ações preventivas e corretivas. Além disso, a integração dos dados de automonitoramento ao RAPP poderia ampliar significativamente o número de pontos de monitoramento da qualidade da água no país.

Os resultados também indicaram inconsistências nas informações declaradas pelos empreendimentos, como casos em que foi informada eficiência de tratamento superior a 95% associada apenas ao tratamento primário, o que sugere a necessidade de aprimoramento na coleta e verificação dos dados reportados.

Dessa forma, o fortalecimento do monitoramento da qualidade da água no Brasil depende não apenas da ampliação da rede de monitoramento, mas também da integração e qualificação das informações existentes, como discutido por FARIA & PADOVESI-FONSECA (2020). Nesse sentido, recomenda-se a revisão de instrumentos normativos, como as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, visando incorporar novos parâmetros de qualidade e aprimorar os mecanismos de avaliação ambiental, incluindo a definição de critérios para qualidade de sedimentos e proteção da vida aquática.

5. AGRADECIMENTOS

Thaianne R.H. Fábio agradece ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) da Universidade de Brasília e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa. Este capítulo é produto de pesquisas de recursos hídricos 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).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Esgotos**: Despoluição de Bacias Hidrográficas. [S. l.]: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2017. Disponível em: http://atlasesgotos.ana.gov.br. Acesso em: 16 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno.** Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf. Acesso em: 06 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 825p.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: set.2022.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm Acesso em: 16 fev. 2021.

FÁBIO, T.R.H. **Análise e propostas de melhorias ao formulário de efluentes líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do IBAMA.** 2023. 71 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Brasília, 2023. Disponível em: http://repositorio.unb.br/handle/10482/49271

FARIA, R. S.; FONSECA, C. P. Gestão ecológica das águas: uma comparação das diretrizes do Brasil e da Europa. **Ciência & Trópico**, [S. l.], v. 44, n. 1, 2020. DOI: 10.33148/cetropicov44n1(2020) art5. Disponível em: https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/1900. Acesso em: 6 set. 2022.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** UERJ. Rio de Janeiro, p. 81. 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBG.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Conexão água.** 2017. Disponível em: https://conexaoagua.mpf.mp.br/atuacao-estrategica/por-bacia-hidrografica. Acesso em: 10 abr 2022.

SAMPIERI, R., COLLADO, C., LUCIO, P. **Metodología de la Investigación**. México: McGraw Hill, 1991.

SILVA, J. C. L. **A qualidade das águas superficiais e os principais critérios de avaliação**. Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/a-qualidade-das-aguas-superficiais-os-principais-criterios-avaliacao.htm. Acesso em: 11 dez. 2020.

RAMALHO, R. S. **Tratamiento de aguas residuales**. Barcelona, p. 705. 1991.

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