

# Ecologia, Evolução e Diversidade

Patrícia Michele da Luz  
(Organizadora)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Patrícia Michele da Luz  
(Organizadora)

# Ecologia, Evolução e Diversidade

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

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

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

E19 Ecologia, evolução e diversidade [recurso eletrônico] / Patrícia Michele da Luz. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-455090-7-3  
DOI 10.22533/at.ed.073181010

1. Biodiversidade. 2. Ecologia. 3. Ecossistemas. I. Luz, Patrícia Michele da. II. Título.

CDD 577.27

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A presente obra, que se oferece ao leitor, nomeada como “Ecologia, Evolução e Diversidade” de publicação da Atena Editora, aborda 24 capítulos envolvendo estudos biológicos em diversos biomas do Brasil, tema com vasta importância para compreendermos o meio em que vivemos.

Esses estudos abrangem pesquisas realizadas em ambientes aquáticos e terrestres, com diferentes classes de animais e plantas, relatando os problemas antrópicos e visando melhorias e manejo da conservação dessas espécies e seus habitats naturais. Temos também pesquisas com áreas de botânica, questões ambientais, tratamento de água e lixo.

Atualmente essas pesquisas ajudam a nortear uma melhor conservação sobre ambientes em que vivemos e conseqüentemente melhoram nossa qualidade de vida, aumentando a qualidade de vida em conjunto com uma sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ecologia traz artigos alinhados com pesquisas biológicas, ao tratar de temas como a conservação de habitats, diversas comunidades e populações específicas e sobre qualidades de questões ambientais. Apesar dos avanços tecnológicos e as atividades decorrentes, ainda temos problemas recorrentes que afetam nosso ambiente, causadores de riscos visíveis e invisíveis à saúde de todos os seres vivos. Diante disso, lembramos a importância de discutir questões sobre a conservação desses ambientes.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos sobre conservação e os sinceros agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que esta obra possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas pesquisas para a área de Ecologia e, assim, garantir a conservação dos ambientes para futuras gerações de forma sustentável.

Patrícia Michele da Luz

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ASPECTOS ECOLÓGICOS DA CONTAMINAÇÃO ECOLÓGICA: UMA BREVE REVISÃO	
Schirley Costalonga Maria do Carmo Pimentel Batitucci	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
COMPOSIÇÃO E SELEÇÃO DE MESOHABITATS POR AVES AQUÁTICAS EM TRECHOS DO RIO ITAPECERICA, NO MUNICÍPIO DE DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS	
Thaynara Pedrosa Silva Gabriele Andreia da Silva Alysson Rodrigo Fonseca Júnio de Souza Damasceno Debora Nogueira Campos Lobato	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
ÍNDICE PLÂNCTON-BENTÔNICO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO GRANDE – MG/SP	
Sofia Luiza Brito Cristiane Machado de López Gizele Cristina Teixeira de Souza Sandra Francischetti Rocha Maria Margarida Granate Sá e Melo Marques Vera Lucia de Miranda Guarda Magda Karla Barcelos Greco Marcela David de Carvalho	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>50</b>
MACROFAUNA EDÁFICA E FUNCIONAMENTO ECOSSISTÊMICO ÀS MARGENS DO RESERVATÓRIO DE UMA HIDRELÉTRICA	
Raphael Marinho Siqueira Flávia Maria da Silva Carmo Og Francisco Fonseca de Souza	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>67</b>
LEVANTAMENTOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM NASCENTES URBANAS DO MUNICÍPIO DE PASSOS – MG	
Andressa Graciele dos Santos Sayonara Suyane de Almeida José Carlos Laurenti Arroyo Andre Phelipe da Silva Fernando Spadon Michael Silveira Reis Odila Rigolin de Sá Tânia Cristina Teles Thaina Desirée Franco dos Reis	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>82</b>
DIVERSIDADE DE FITOPLÂNCTON EM HABITATS AQUÁTICOS E CONTEÚDO ESTOMACAL DE	

LARVAS DE *Anopheles spp.* (DIPTERA, CULICIDAE) EM MANAUS, AMAZONAS

Adriano Nobre Arcos  
Gleuson Carvalho dos Santos  
Aline Valéria Oliveira Assam  
Climéia Correa Soares  
Wanderli Pedro Tadei  
Hillândia Brandão da Cunha

**CAPÍTULO 7 ..... 96**

ESTUDO DAS ASSEMBLEIAS DE OLIGOQUETAS EM NASCENTES DE MINAS GERAIS

Luiza Pedrosa Guimarães  
Luciana Falci Theza Rodrigues  
Roberto da Gama Alves

**CAPÍTULO 8 ..... 109**

A FAUNA DE HYMENOPTERA PARASITOIDES (ICHNEUMONOIDEA) NA REGIÃO DA BAÍA DA ILHA GRANDE, PARATY, RJ, BRASIL.

Natália Maria Ligabô  
Allan Mello de Macedo  
Angélica Maria Penteado-Dias  
Luís Felipe Ventura de Almeida  
Carolina de Almeida Caetano

**CAPÍTULO 9 ..... 118**

FAUNA DE ICHNEUMONIDAE (HYMENOPTERA) NO PLANALTO DA CONQUISTA, BAHIA, BRASIL

Vaniele de Jesus Salgado  
Catarina Silva Correia  
Rita de Cássia Antunes Lima de Paula  
Jennifer Guimarães-Silva  
Raquel Pérez-Maluf

**CAPÍTULO 10 ..... 127**

THE BRAZILIAN FOREST CODE: IS IT AN ACT OF GREEDINESS OR A NEED FOR REALITY ADEQUACY?

Maria Conceição Teixeira  
Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura  
Ravi Fernandes Mariano  
Marco Aurélio Leite Fontes  
Rosangela Alves Tristão Borém

**CAPÍTULO 11 ..... 138**

DEFORESTATION SCENARIO IN THE SUSTAINABLE INCOME STATE FOREST (SFSI) GAVIÃO IN RONDÔNIA, WESTERN AMAZON.

Marcelo Rodrigues dos Anjos  
Rodrigo Tartari  
Jovana Chiapetti Tartari  
Lorena de Almeida Zamae  
Nátia Regina Nascimento Braga Pedersoli  
Mizael Andrade Pedersoli  
Moisés Santos de Souza  
Igor Hister Lourenço

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>153</b>
DIVERSIDADE DE ESTRUTURAS SECRETORAS VEGETAIS E SUAS SECREÇÕES: INTERFACE PLANTA-ANIMAL	
Daiane Maia de Oliveira Elza Guimarães Sílvia Rodrigues Machado	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>159</b>
COMPOSIÇÃO DE MÉDIOS E GRANDES MAMÍFEROS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SERRA DO JAPI	
João Mendes Gonçalves Junior Marcelo Stefano Bellini Lucas Valéria Leite Aranha	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>172</b>
EFEITO DO RUÍDO ANTROPOGÊNICO NA VOCALIZAÇÃO DO BEM-TE-VI, <i>Pitangus sulphuratus</i> PASSERIFORME, TYRANNIDAE: UM ESTUDO DE CASO	
Victor Lopes Das Chagas Monteiro Maria Cecília Barbosa de Toledo	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
COMUNIDADES DE BASIDIOMICETOS EM FRAGMENTOS DE MATA CILIAR CIRCUNDADA POR CERRADO E BOSQUE DE PINHEIROS ( <i>Pinus elliottii</i> Engelm.) COM MATA EM REGENERAÇÃO.	
Davi Renato Munhoz. Janderson Assandre de Assis Johnas André Firmino Canhete Leonardo Abdelnur Petrilli Alex Avancini Dalva Maria da Silva Matos Driéli de Carvalho Vergne	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>191</b>
DESCRIÇÃO DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS ECOLÓGICO DO PARQUE RODOLFO RIEGER EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON	
Elcisley David Almeida Rodrigues Karin Linete Hornes	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>208</b>
SUBSÍDIOS PARA CRIAÇÃO DE RESERVA PARTICULAR DE PATRIMÔNIO NATURAL (RPPN) NO SUL DO BRASIL	
Letícia Pawoski Jaskulski Murilo Olmiro Hoppe Suzane Bevilacqua Marcuzzo	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>220</b>
A EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE PASSOS – MG	
Thainá Desiree Franco dos Reis Norival França	

Marise Margareth Sakuragui  
Tania Cristina Teles  
Odila Rigolin de Sá

**CAPÍTULO 19 ..... 233**

CATADORES DE LIXO: REALIDADES E MEDOS DE UM OFÍCIO DESVALORIZADO

Shauanda Stefhanny Leal Gadêlha Fontes  
Geovana de Sousa Lima  
Jairo de Carvalho Guimarães

**CAPÍTULO 20 ..... 242**

PERCEPÇÃO DE DISCENTES DE ENSINO SUPERIOR SOBRE QUESTÕES AMBIENTAIS EM UM MUNICÍPIO DO NORDESTE PARAENSE

Maikol Soares de Sousa  
Rauny de Souza Rocha  
Victor Freitas Monteiro  
Thaiza Pegoraro Comassetto

**CAPÍTULO 21 ..... 256**

UM OLHAR SUSTENTÁVEL PARA OS RESIDUOS ORGÂNICOS PRODUZIDOS NA COMUNIDADE ESCOLAR

Eunice Silveira Martello Lobo  
Mariza de Lima Schiavi  
Michele Silva Gonçalves

**CAPÍTULO 22 ..... 259**

TOLERÂNCIA PROTOPLASMÁTICA FOLIAR DA *Triplaris gardneriana* Wedd. (POLYGONACEAE) SUBMETIDA A DÉFICIT HÍDRICO

Allan Melo Menezes  
Jessica Chapeleiro Peixoto Queiroz  
Paulo Silas Oliveira da Silva  
Carlos Dias da Silva Júnior

**CAPÍTULO 23 ..... 270**

BIODIVERSIDADE DE PLANTAS E A PRODUTIVIDADE DE ECOSSISTEMAS PASTORIS

Tiago Miqueloto  
Hactus Souto Cavalcanti  
Fábio Luís Winter  
Angela Bernardon  
André Fischer Sbrissia

**CAPÍTULO 24 ..... 280**

SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS EM UM CERRADO *SENSU STRICTO*

Cássio Cardoso Pereira  
Nathália Ribeiro Henriques

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 291**



## ÍNDICE PLÂNCTON-BENTÔNICO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO GRANDE – MG/SP

### **Sofia Luiza Brito**

Fundação UNESCO-HIDROEX, Departamento de Pesquisa  
Frutal - Minas Gerais

### **Cristiane Machado de López**

P&D 486 CEMIG-HIDROEX, Pesquisadora  
Belo Horizonte - Minas Gerais

### **Gizele Cristina Teixeira de Souza**

Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental  
Frutal - Minas Gerais

### **Sandra Francischetti Rocha**

P&D 485 CEMIG-HIDROEX, Pesquisadora  
Belo Horizonte - Minas Gerais

### **Maria Margarida Granate Sá e Melo Marques**

Fundação Hidroex  
Belo Horizonte - Minas Gerais

### **Vera Lucia de Miranda Guarda**

Núcleo da Catedra UNESCO - Agua, Mulheres e Desenvolvimento Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Farmacia, Departamento de Farmacia  
Ouro Preto - Minas Gerais

### **Magda Karla Barcelos Greco**

Cemig - Núcleo de Gestão da Qualidade da Água  
Belo Horizonte - Minas Gerais

### **Marcela David de Carvalho**

Cemig - Gerência de Ações e Programas Ambientais e Apoio à Operação  
Belo Horizonte - Minas Gerais

**RESUMO:** Índices de qualidade de água sintetizam a informação gerada por um grande número de parâmetros físicos e químicos. Por outro lado, os componentes da biota reagem com maior sensibilidade aos diferentes tipos de impacto, refletindo de maneira mais completa e realista, a verdadeira situação dos corpos d'água. O Índice Plâncton Bentônico foi elaborado para o reservatório de Volta Grande (MG/SP), por meio dos biocritérios selecionados (fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados bentônicos). Foram amostrados cinco transectos (com três pontos cada) durante oito coletas trimestrais (Julho/2013 - Maio/2015). Foi elaborado um diagrama com pontuação para caracterização em classes de qualidade de água (Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom) em padrão de cores comumente utilizado pela legislação internacional. Cinco pontos foram classificados como Muito Ruim, 61 como Ruim e 54 como Regular. Os transectos na região lêntica são aqueles que receberam mais classificações Regular, enquanto aqueles nas regiões intermediária/lótica receberam maior número de classificações Ruim. Os índices de qualidade de água (IQAR, IET) classificaram o ambiente como pouco degradado/oligotrófico. Mas apesar da boa qualidade da água, o reservatório apresenta a complexidade

estrutural do habitat muito degradada e suas interações biológicas naturais alteradas (introdução de espécies exóticas), comprometendo a integridade da biota. Ao integrar dois compartimentos do ambiente aquático, coluna d'água e sedimento, o IPB permitiu uma avaliação sistêmica, analisando condições da estrutura do habitat, qualidade da água e integridade das comunidades biológicas. Sendo uma inovação para biomonitoramento, o IPB considera os impactos de curto e longo prazo sofridos pelas comunidades biológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** índice de integridade biótica, biocritérios, coluna d'água, sedimentos.

**ABSTRACT:** Water quality indexes synthesize the information generated by a large number of physical and chemical parameters. Otherwise, biological communities respond more sensitively to different types of impact, indicating more realistically the true state of water bodies. The Benthic Plankton Index was prepared for the Volta Grande reservoir (MG/SP) through selected biocriteria (phytoplankton, zooplankton, benthic macroinvertebrates). Five transects (three points each) were sampled during eight quarterly collections (July/2013 - May/2015). A scoring diagram was drawn corresponding to the water quality classes (Very Bad, Bad, Regular, Good and Very Good) with a color pattern commonly used by international legislation. Five points were classified as Very Bad, 61 as Bad and 54 as Regular. Two transects in lentic region received more Regular classifications, while those in the intermediate/lotic regions received the highest number of Bad classifications. Water quality indexes (IQAR, IET) classified the environment as poorly degraded/oligotrophic. Despite water quality, the reservoir presents habitat structural complexity highly degraded and its natural biological interactions altered by introduction of exotic species, compromising biota integrity. By integrating two compartments, water column - sediment, the PBI allowed a systemic evaluation, analyzing conditions of habitat structure, water quality and integrity of biological communities. As an innovation for biomonitoring, the PBI considers short and long term impacts on biological communities.

**KEYWORDS:** index of biotic integrity, biocriteria, water column, sediments.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os reservatórios são considerados por diversos autores como um sistema híbrido entre rios e lagos, formados a partir do barramento de um rio, com a diminuição do fluxo que modifica o sistema lótico para lêntico. Desta forma, deve-se reconhecer que, ao longo do eixo principal e eventualmente dos demais eixos afluentes, serão formados gradientes longitudinais físicos, químicos e biológicos (ARMENGOL et al., 1999 e ZANATA, 2000). Assim, a organização espacial do reservatório inclui três regiões: a lótica, a de transição e a lêntica, as quais se distinguem pelas características físicas e químicas da água e sedimento e pela estrutura das comunidades biológicas, principalmente as planctônicas e bentônicas, as quais respondem mais prontamente

às mudanças apresentadas pelo sistema.

Índices de qualidade de água vêm sendo empregados desde as décadas de 1960 e 1970, tanto na América do Norte quanto na Europa, sendo baseados principalmente em parâmetros físicos e químicos (HORTON, 1965; LIEBMAN, 1969; BROWN et al., 1970). Este índices sintetizam toda a informação gerada pelo grande número de parâmetros utilizados em monitoramento de ambientes aquáticos, auxiliando na tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos. Apesar de todos apresentarem certo grau de subjetividade, e alguma limitação, são amplamente utilizados. Além disso, permitem que o cidadão seja informado e participe dos debates sobre a qualidade dos recursos hídricos e que, assim como os gestores, acompanhe a evolução das políticas públicas de recuperação ambiental (LUMB, et al., 2011).

Contudo, outros pesquisadores mostram que apenas os parâmetros físicos e químicos não são suficientes para verificar a qualidade ambiental de maneira eficaz, uma vez que frequentemente representam condições momentâneas do ecossistema (KARR et al., 1986; METCALFE, 1989; CALLISTO et al., 2005). Já os organismos aquáticos passam toda ou parte de sua vida neste ambiente, estando sujeitos às condições e aos impactos que os ecossistemas são submetidos. Desta forma, um crescente número de trabalhos tem apontado espécies bioindicadoras de qualidade de água entre os macroinvertebrados aquáticos (ARMITAGE et al., 1983; HILSENHOFF, 1988), zooplâncton (GANNON & STEMBERGER, 1978; SLADECEK, 1983), fitoplâncton (KELLY & WHITTON, 1995; REYNOLDS et al., 2002) e também em outros grupos.

Numa outra abordagem, os índices de integridade biótica foram propostos baseados em atributos ecológicos das comunidades de peixes; uma vez que estes organismos, por ocuparem níveis mais altos da cadeia alimentar, integrariam as condições dos ambientes aquáticos (KARR, 1981). Posteriormente, foram criados índices com outros componentes da biota como macroinvertebrados aquáticos (EPA, 1989) e algas fitoplanctônicas (PLAFKIN et al., 1989). Ocorreram também adaptações e modificações dos mesmos índices para outras condições ambientais em países diferentes, notadamente da América Latina (PELÁEZ, 2007). No Brasil, índices de integridade biótica tem sido utilizados principalmente para a comunidade de peixes (ARAÚJO, 1998; FERREIRA & CASATTI, 2006; PETESSE et al., 2014) e de macroinvertebrados (SILVEIRA et al., 2005; BAPTISTA et al., 2007; FERNANDES, 2007).

Os biocritérios são respostas que integram efeitos de múltiplos impactos, sendo estes poluentes ou elementos alteradores da estrutura e composição das comunidades aquáticas. O desenvolvimento de biocritérios e as limitações de critérios puramente químicos têm sido reconhecidos pela EPA desde 1999 em programas de monitoramento ambiental, como em proposições para modificação na legislação ambiental (BARBOUR et al., 1999). Neste contexto, os critérios biológicos ou biocritérios vem sendo desenvolvidos para melhorar o acesso a qualidade do

ambiente. Os organismos presentes na água fornecem importante informação sobre a saúde do ecossistemas aquático, e a avaliação destes uma maneira de descrever características que devem estar presentes em um corpo de água para uma condição desejada, e servir de padrão comparativo.

Considerando que os diversos componentes da biota reagem com maior ou menor sensibilidade aos diferentes tipos de impacto antropogênico, torna-se necessário ampliar a abrangência de tais índices de forma que estes demonstrem, da maneira mais completa e realista possível, a verdadeira situação dos corpos d'água. A avaliação simultânea dos dois principais compartimentos que determinam o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (coluna d'água e sedimento de fundo) fornece um retrato mais detalhado e preciso, por refletir alterações ambientais de curto prazo, registradas pelo plâncton, e também alterações de longo prazo, registradas pela comunidade de macroinvertebrados.

Neste contexto, este trabalho apresenta novo Índice Plâncton-Bentônico considerando a comunidade planctônica e de zoobentos do reservatório de Volta Grande, MG/SP. A integração das respostas ambientais do plâncton e dos macroinvertebrados em conjunto, selecionadas por meio da caracterização física e química da coluna d'água representa um avanço e uma inovação na questão de biomonitoramento e avaliação da qualidade de água, uma vez que os muitos índices já divulgados utilizam apenas um ou outro componente da biota.

## 2 | ÁREA DE ESTUDOS

O reservatório de Volta Grande (Figura 1) situa-se no baixo Rio Grande sendo um reservatório de médio porte, com uma área inundada de 222 km<sup>2</sup> e um volume de 22,44 bilhões de m<sup>3</sup> (CEMIG, 2017). A principal característica hidrológica desse corpo de água é seu baixíssimo tempo de residência (2,48 dias). O lago foi formado em 1974 e, em sua bacia (7.305 km<sup>2</sup>), vivem aproximadamente 345.000 habitantes sendo a maioria deles (330.000) em áreas urbanas. Apesar dessa alta concentração urbana, a atividade agrícola existente na bacia é muito intensa ocupando sempre percentuais acima de 50% da área total dos municípios (IBGE, 2016). A área da bacia de contribuição direta foi estimada em 4.391 km<sup>2</sup> (GRECO, 2002). O reservatório é o oitavo de uma série de doze reservatórios no rio Grande (SANTOS & FORMAGIO, 2000). O clima da região é de savana tropical, quente e úmido, com período seco de maio a setembro, e com 80% das chuvas entre outubro e abril. A temperatura média fica em torno de 23°C (maior média: 30,23°C) nos meses chuvosos e 19°C nos meses secos (menor média: 14,0°C). O índice médio pluviométrico anual da região atinge 1598,0 mm (SOUSA et al., 2009).

Os principais impactos do reservatório de Volta Grande são: a remoção da mata ciliar, poluição difusa das atividades agrícolas no entorno, especialmente cana-

de-açúcar, gado e culturas irrigadas por pivô. Fontes de poluição pontuais ocorrem principalmente pela proximidade de áreas urbanas (esgoto e entrada de lixo) e do pólo industrial no trecho superior (possível contaminação por drenagem de superfície). No trecho superior, também foram identificados a dragagem de areia, do sedimento agitação, causando a ressuspensão dos sólidos e nutrientes. A introdução de espécies exóticas de peixes (*Oreochromis niloticus*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*) e moluscos (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula* sp., *Melanoides tuberculatus*, *Physa* sp. e *Biomphalaria straminea*) comprometendo a biodiversidade destes grupos no reservatório.

A rede de amostragem na área de influência do reservatório Volta Grande foi composta por 5 transectos, cada um abrangendo três estações de coleta: região limnética ou calha central (A), margem direita (B) e margem esquerda (C). A localização de cada transecto foi determinada a partir das principais bacias de contribuição lateral (Figura 1) e sua influência no reservatório. Dois transectos estão localizados na região limnética (1 e 2), dois na região de transição (3 e 4) e um na região lótica (5, trecho superior) do reservatório.

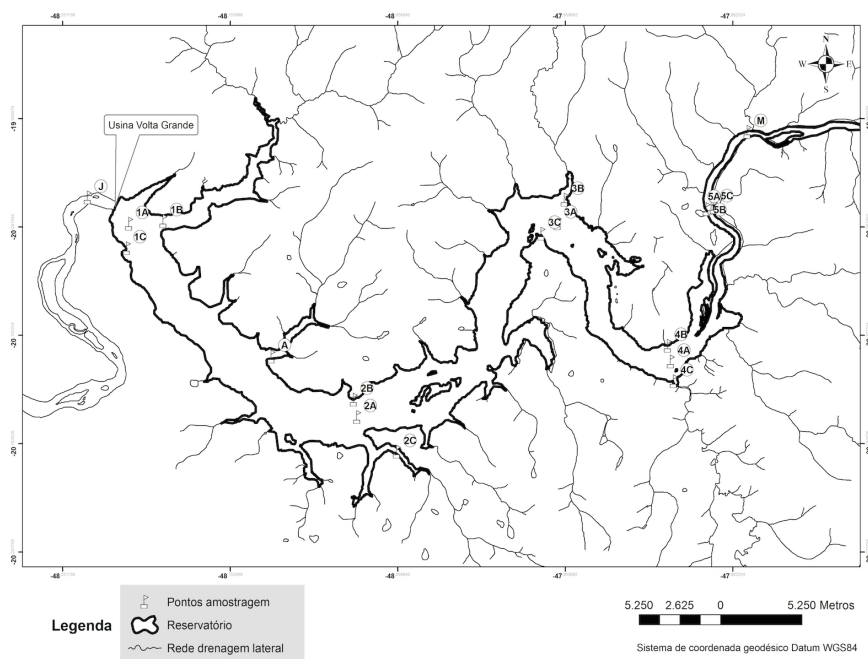


Figura 1 - Reservatório de Volta Grande, bacias de contribuição direta e pontos da rede de amostragem. Fonte: IGTEC, 2015.

### 3 | METODOLOGIA

A série temporal englobou dados de oito coletas: julho/2013, outubro/2013, janeiro/2014, maio/2014, julho/2014, novembro/2014, janeiro/2015 e maio/2015. As medidas de profundidade foram realizadas por meio do sonar Echo 200/Garmin e a transparência da água registrada pelo disco de Secchi. Utilizando a sonda Horiba

U-52, foram determinados: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura da água, sólidos totais dissolvidos e potencial redox na sub-superfície da coluna de água. Amostras de água foram coletadas na sub-superfície e processadas em laboratório para determinação dos nutrientes e clorofila *a* segundo as recomendações do Standard Methods of Water and Wastewater (RICE et al., 2012) e para coliformes segundo Kit Colilert® (IDEXX, 2002).

Amostras de fitoplâncton foram coletadas em garrafas plásticas e fixadas com lugol acético. O zooplâncton foi coletado por arraste vertical em rede de 50  $\mu\text{m}$  de abertura de malha e fixado em formol a 10%. Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados com draga de Eckman (225  $\text{cm}^3$ ) ou rede kicknet (250  $\mu\text{m}$ ) e fixados com formol bruto. Amostras do fitoplâncton e zooplâncton foram analisadas em microscópio ótico em câmara de Sedgewick-Rafter. Os macroinvertebrados bentônicos foram analisados em placa acrílica em microscópio estereoscópico.

Os parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos bem como os atributos (métricas) das comunidades biológicas foram avaliados para a construção do índice. Os atributos de cada comunidade foram selecionados por meio de Correlação de Pearson e Análises de Componentes Principais (ACP). Aqueles atributos da comunidade que mostraram correlações, negativas ou positivas, extremamente baixas (coeficiente de correlação inferior a 0,5) com os parâmetros físicos e químicos e com os eixos da ACP foram eliminados das análises posteriores, pois não apresentaram uma resposta sensível o bastante para fazer parte do índice (MARQUES, 2004). Os parâmetros físicos e químicos não foram considerados por caracterizarem águas de boa qualidade, bem oxigenadas, e valores de sólidos totais dissolvidos e concentrações de nutrientes muito abaixo dos limites estabelecidos pela legislação vigente (Classe II, Resolução CONAMA, 357/2005).

Nove atributos das comunidades biológicas (três do fitoplâncton, três do zooplâncton e três dos macroinvertebrados bentônicos) foram submetidos à estatística descritiva para determinação dos percentis: 10, 40, 60 e 90, que foram considerados os biocritérios, ou seja, limites entre classes de qualidade de água. Desta forma foi elaborado um diagrama com pontuação para a caracterização em classes de qualidade de água (Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom) em padrão de cores comumente utilizados pela legislação internacional (vermelho, laranja, amarelo, verde e azul, respectivamente). A metodologia utilizada para a elaboração do Índice Plâncton Bentônico foi uma adaptação de Bailey et al. (1998).

Desta forma o Índice Plâncton Bentônico foi aplicado, considerando todos os pontos de amostragem e todas as campanhas realizadas. Estes resultados foram correlacionados (Spearman) com o Índice de Qualidade das Águas de Reservatórios – IQAR (ANA, 2009), o Índice de Estado Trófico – IET (modificado por LAMPARELLI (2004), o Coeficiente Múltiplo de Nygaard (LOBO & LEIGHTON, 1986), a razão Calanoida/Cyclopoida (TUNDISI et al., 1988), o BMWP Minas (CETEC, 2007), e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (ODUM, 1985) calculado para o fitoplâncton

e zooplâncton afim de avaliar sua relevância na avaliação da qualidade das águas em termos de qualidade ecológica.

## 4 | RESULTADOS

O reservatório de Volta Grande é caracterizado por águas oxigenadas (média de 7,9 mg/L) e pH próximo de neutro; a temperatura média da água que varia entre 23,9°C na estação seca a 27,7°C na chuvosa. A transparência apresentou aumento na profundidade do disco de Secchi, da região de transição (média de 2,93 metros) para a região limnética (média de 7,07 metros). Os valores médios de condutividade eléctrica (45 mS/cm), turbidez (NTU 1,4) e sólidos totais dissolvidos (29 mg/L) e o alto potencial redox (223 mV) corroboram este aumento da transparência. Os valores médios de nitrogênio total (488,6 mg/L), fósforo total (10,74 µg/L), e de clorofila-a (0,63 µg/L) foram baixos, indicando boa qualidade da água. Contudo o número de coliformes totais (NMP 1222 células/100 ml) reflete o impacto da presença humana ao redor do reservatório.

Para o fitoplâncton, Cryptophyceae, Bacillariophyceae e Chlorophyceae foram, nesta ordem, as classes mais abundantes. Em termos de riqueza as maiores contribuições foram das classes Zignemaphyceae e Chlorophyceae. Na comunidade de zooplâncton houve predomínio de Copepoda Calanoida e Cyclopoida na região limnética (transectos 1 e 2). A mesma tendência foi observada na região de transição (transectos 3 e 4), no entanto, alternando margens onde Rotifera foi dominante. Na região lótica Protista foi o grupo mais abundante (transecto 5). A comunidade bentônica foi dominada por espécies exóticas de moluscos, especialmente *Limnoperna fortunei*, *Corbicula* sp. e *Melanoides tuberculatus*. Também foram observados, em grande abundância, organismos indicadores de má qualidade da água como Chironomidae, Oligochaeta e gastrópodes do gênero *Physa*. Ocorreram poucos espécimes das ordens Ephemeroptera e Odonata, associados à boa qualidade de água e integridade do habitat.

Os valores do Índice de Qualidade de Água para Reservatórios - IQAR variaram entre 1,72 e 2,74 classificando o meio ambiente como pouco degradado. Índice de Estado Trófico classificou a maioria dos pontos como ultraoligotróficos ou oligotróficos (valores entre 6 e 51), com exceção de alguns mesotróficos localizados nas regiões de transição e lótica do reservatório. Todos os pontos mesotróficos estão localizados perto de fontes de poluição doméstica ou industrial (transectos 4 e 5).

A partir dos resultados do Coeficiente Múltiplo foi diagnosticado o estado de eutrofia em todos os transectos (valores entre 1,0 e 17,0), influenciado principalmente pela baixa riqueza de Desmidiaceae. Em vários pontos e campanhas a ausência de algas desta classe impossibilitou a aplicação do índice. A razão Calanoida/Cyclopoida também classificou maioria dos pontos como oligotróficos (valores > 1). No entanto, os pontos classificados como meso-eutrófico (valores < 1) estão sob a influência dos

afluentes com maiores valores de sólidos dissolvidos ou turbidez. O índice BMWP apresentou valores entre 1 e 36: a maioria dos pontos foi classificada como muito ruim (104 das ocorrências, 91% das amostras) ou ruim (10 ocorrências, 9% das amostras), com nem um único registro de qualidade de água satisfatória.

Considerando o Índice de Diversidade, para o fitoplâncton, os resultados evidenciaram maiores valores nos transectos 1, 4 e 5, sendo os locais com mais baixos valores influenciados pela predominância de fitoflagelados. Para o zooplâncton, os maiores valores de diversidade foram observados nos transectos 3 e 4 enquanto os menores, no transecto 5.

Os biocritérios selecionados e seus respectivos percentis para o Índice Plâncton-Bentônico são listados na Tabela 1. Os biocritérios foram baseados em atributos das comunidades biológicas obtidos pela listagem e contagem de organismos e por índices de biodiversidade e bioindicação.

Percentis	Fitoplâncton		
	Densidade de Chlorophyceae	Densidade de Cryptophyceae	Coeficiente Múltiplo
10	0,0	1,2	0,0
40	2,1	17,6	0,1-1,0
60	7,0	68,3	3,5
90	56,4	375,8	10,0
Percentis	Zooplâncton		
	Densidade total	Riqueza relativa de Crustacea	Diversidade Shannon-Wiener
10	0,51	15,1	1,39
40	1,13	33,3	1,96
60	1,77	42,9	2,12
90	6,44	63,9	2,52
Percentis	Macroinvertebrados Bentônicos		
	Riqueza de taxa	Abundância total	Abundância filtradores
10	1	3,0	0,0
40	4	38,6	6,6
60	5	96,2	19,4
90	9	349,4	160,3

Tabela 1 – Biocritérios e percentis selecionados para o Índice Plâncton-Bentônico no reservatório de Volta Grande, Rio Grande – MG.

Todos os percentis foram calculados por meio da estatística descritiva. A partir dos percentis foram determinados os diagramas de pontuação para cada biocritério (Tabela 2).

A única exceção foi o Coeficiente Múltiplo do Fitoplâncton, cujos intervalos foram determinados de acordo com sua interpretação biológica. Desta forma, o percentil 10 é representado pelo resultado 0 do Coeficiente Múltiplo equivalendo a 1, menor pontuação. O percentil seguinte é representado pelo intervalo 0,1 a 1,0; quando o Coeficiente Múltiplo indica oligotrofia e sua pontuação é 5, a maior para o índice. Acima



deste intervalo, o cálculo para os demais percentis foi semelhante ao dos demais biocritérios e a pontuação foi decrescente conforme a qualidade de água diminui.

Intervalo	Fitoplâncton		
	Densidade de Chlorophyceae	Densidade de Cryptophyceae	Coefficiente Múltiplo
Percentil 0-10	1	1	1
Percentil 10-40	3	5	5
Percentil 40-60	5	3	4
Percentil 60-90	3	2	3
Percentil acima 90	1	1	2

Intervalo	Zooplâncton		
	Densidade Total	Riqueza relativa de Crustacea	Diversidade Shannon-Wiener
Percentil 10-40	4	2	2
Percentil 40-60	3	3	3
Percentil 60-90	2	4	4
Percentil acima 90	1	5	5

Intervalo	Macroinvertebrados Bentônicos		
	Riqueza de taxa	Abundância total	Abundância filtradores
Percentil 0-10	1	1	1
Percentil 10-40	2	2	5
Percentil 40-60	3	3	4
Percentil 60-90	4	5	3
Percentil acima 90	5	4	2

Tabela 2 - Diagrama de pontuação relativo aos biocritérios e percentis selecionados para o Índice Plâncton-Bentônico no reservatório de Volta Grande, Rio Grande – MG.

A partir da pontuação estabelecida de acordo com as características ecológicas e de bioindicação dos biocritérios, foram determinadas as classes para a caracterização de qualidade de água (Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom) em padrão de cores comumente utilizados pela legislação internacional (Tabela 3).

Classificação	Valor IPB
Muito Ruim	9 a 18
Ruim	19 a 27
Regular	28 a 36
Bom	37 a 42
Muito Bom	43 a 45

Tabela 3 - Classificação de qualidade de água segundo faixas de variação do IPB.

Após a criação do Índice Plâncton-Bentônico, o mesmo foi aplicado para o reservatório de Volta Grande (Figura 2). A considerar todos os pontos de amostragem em todas campanhas realizadas, foram registradas as seguintes ocorrências: 5 como Muito Ruim, 61 como Ruim e 54 como Regular. Os transectos 1, 2 e os pontos 4A e 4B são aqueles que receberam mais classificações Regular, enquanto os transecto 3, 5 e o ponto 4C receberam maior número de classificações Ruim.

As maioria das correlações entre o Índice Plâncton Bentônico e demais índices

de qualidade de água e bioindicação, aplicados para o reservatório de Volta Grande, foram baixas e não significativas (Tabela 4). A exceção foi o BMWP Minas, cuja correlação foi significativa e positiva, ainda que baixa ( $r = 0,5173$ ;  $p < 0,0001$ ). Outra correlação significativa, contudo negativa (Pearson:  $r = -0,4545$ ;  $p < 0,0001$ ) foi com o IQAR, que classificou o reservatório como pouco degradado, opostamente ao IPB e BMWP Minas.

IPB	r	p
IQAR	-0,4545	<0,0001
IET médio	-0,0644	0,504
Coefficiente Múltiplo	0,2144	0,187
Razão Calanoida/Cyclopoida	-0,0664	0,541
BMWP Minas	0,5173	<0,0001
Shannon-Wiener Zooplâncton	0,0289	0,754
Shannon-Wiener Fitoplâncton	0,1782	0,063

Tabela 4 – Correlações de Spearman entre o Índice Plâncton Bentônico e demais índices de qualidade de água e bioindicação, aplicados para o reservatório de Volta Grande, MG.

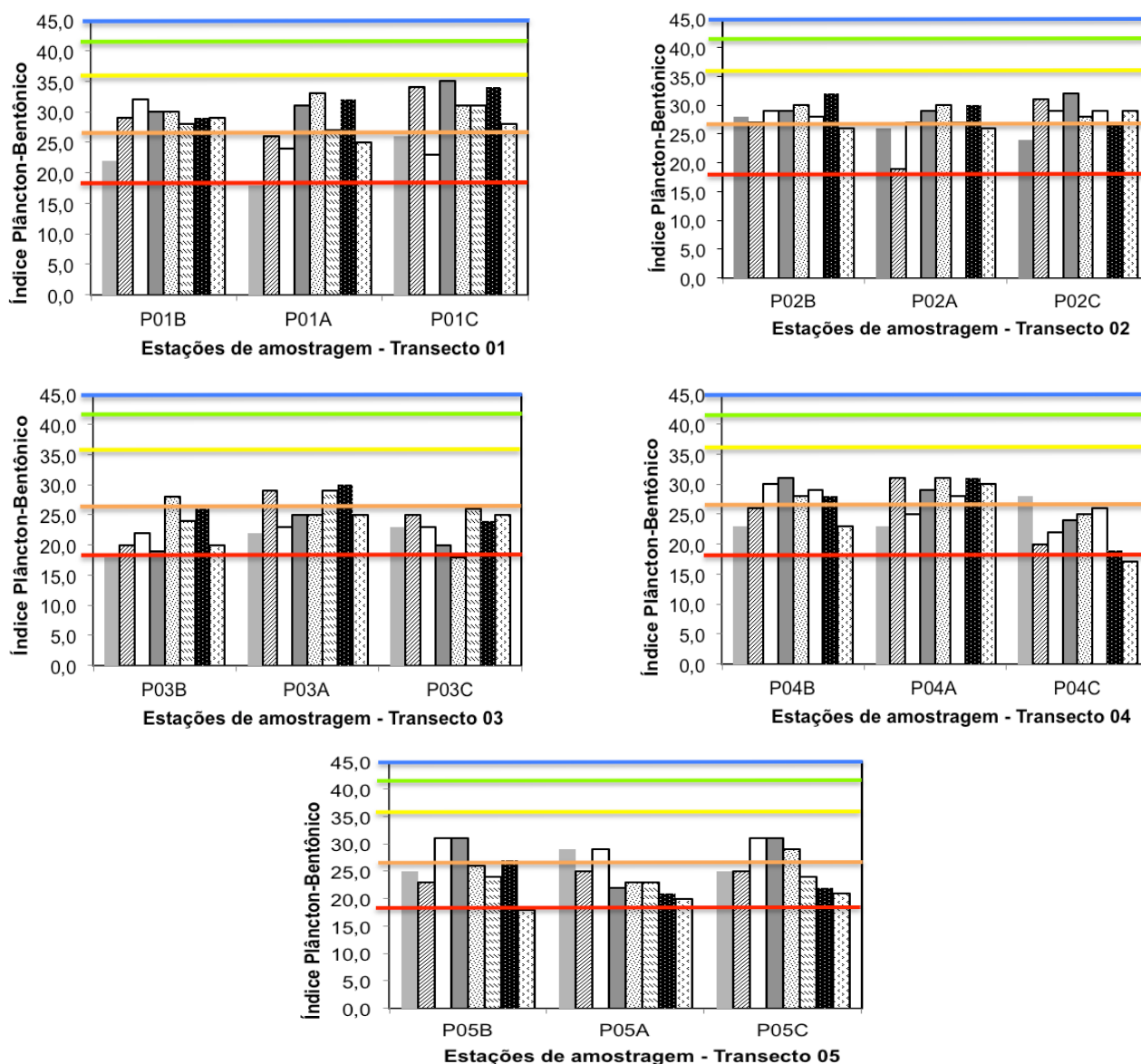


Figura 2 - Variação espaço-temporal do IPB - Índice Plâncton-Bentônico na rede amostral do reservatório de Volta Grande entre julho/13 e maio/15.

## 5 | DISCUSSÃO

As características físicas e químicas (Resolução CONAMA 357/2005) e os índices de qualidade de água (IQAR, IET) classificaram o reservatório de Volta Grande como pouco degradado e oligotrófico. Por outro lado, o Índice Plâncton Bentônico classificou o ambiente como Regular e Ruim, principalmente devido à comunidade bentônica que refletiu impactos como a introdução de espécies exóticas e a degradação da estrutura física do habitat. Segundo Karr et al. (1986) existem cinco principais dimensões de qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos: qualidade da água, fluxo de energia, estrutura física do habitat, regime hídrico e interações bióticas. No caso do reservatório de Volta Grande, pode-se considerar que quatro destas cinco dimensões foram drasticamente modificadas quando da construção da barragem e da introdução de espécies exóticas ao sistema.

Apesar da boa qualidade da água, dentre os principais impactos que as barragens causam na biota está alteração do regime hídrico, o que elimina os trechos de corredeiras, reduzindo a heterogeneidade ambiental e a diversidade das espécies, especialmente peixes e macroinvertebrados (PAIVA et al., 2002). A qualidade do habitat no reservatório de Volta Grande é ainda mais comprometida devido à dragagem de areia e aos sedimentos lodosos derivados da erosão no entorno.

A vegetação ripária escassa ou ausente reduz a entrada de matéria orgânica particulada e, somada à ausência de um ciclo sazonal natural no regime hídrico, afeta o fluxo de energia, reduzindo a diversidade dos grupos funcionais mais especializados e aumentando a abundância de onívoros (KARR, 2006). Finalmente, as interações bióticas são alteradas, não só na estrutura trófica do ecossistema, mas também pela perda de biodiversidade causada por competição com espécies exóticas.

Ao considerar os biocritérios utilizados, apesar da boa qualidade da água atestada pelo IQAR e pelo IET, o reservatório de Volta Grande apresenta a complexidade estrutural do habitat muito degradada e suas interações biológicas naturais alteradas, comprometendo a colonização da biota. Os impactos sobre a estrutura do habitat e as comunidades biológicas refletem tanto perturbações passadas causadas pela transformação de um ambiente lótico para lêntico, assim como o impacto no entorno do reservatório devido às atividades econômicas. O mesmo foi observado por Petesse et al., (2014), para a ictiofauna da represa de Barra Bonita, onde o Índice de Integridade Biótico aplicado, demonstrou maior sensibilidade desta comunidade às alterações da morfologia (profundidade) e estrutura do habitat (macrófitas e vegetação ciliar) do que às variáveis físicas e químicas da água.

Os vários índices e indicadores, utilizados por diferentes autores, fornecem respostas diferentes para a avaliação física, química e biológica, quando considera-se apenas um dos compartimentos ou comunidades no ambiente aquático. Segundo Souza (2013) as diferenças observadas devem-se aos critérios e metodologias empregados na criação dos mesmos. De acordo com a autora, os índices podem

até apontar diferenças expressivas entre ambientes com divergentes situações de conservação/degradação, mas muitas vezes não são sensíveis os suficiente para demonstrar diferenças na qualidade de água de um mesmo ambiente ao longo do tempo. Além disso, quando apenas um compartimento ou comunidade é considerado, este pode ser um fator limitante para a construção dos Índices de Integridade Biótica, devido à baixa abundância de organismos (FERNANDES, 2007). Muitas vezes o maior número de pontos amostrais pode não ser a solução, gerando redundância das amostras.

Os índices bióticos remetem a associação da sensibilidade e tolerância dos grupos aos diversos níveis de poluição (BAPTISTA, 2008). Mundialmente, diversos índices bióticos têm sido criados com o intuito de avaliar os ambientes lóticos (BERE & TUNDISI, 2010), além disso, nas últimas décadas, estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de melhorar e renovar essas ferramentas de monitoramento para avaliação em recursos hídricos (BUSS et al., 2003, CZERNIAWSKA-KUSZA, 2005).

O Coeficiente Múltiplo de Nygaard, apesar de considerar grupos fitoplanctônicos importantes para a qualidade de água (Cyanophyceae, Chlorococcales, Centrales, Euglenales e Desmidiaceae) não foi obtido para todos os pontos pela ausência de desmidiáceas em diversas amostras, especialmente no transecto 5. Por outro lado, foram abundantes no reservatório de Volta Grande, espécies associadas a ambientes enriquecidos, como os fitoflagelados, não considerados neste índice.

A Razão Calanoida/Cyclopoida, tem vantagem de utilizar densidades dos organismos a nível de ordem, não demandando profundo conhecimento taxonômico. Entretanto, generaliza demasiadamente as características ecológicas das espécies, uma vez que o gênero *Notodiatomus* pode caracterizar ambientes meso-eutróficos (MATSUMURA-TUNDISI & TUNDISI, 2003), da mesma forma que algumas espécies de *Thermocyclops* são dominantes em ambientes com diferentes trofias (REID, 1989), não sendo boas indicadoras de qualidade de água.

Considerando o BMWP Minas, é um típico índice que considera apenas uma comunidade particular, macroinvertebrados bentônicos, do complexo sistema aquático. E o ranqueamento dos organismos presentes é efetuado considerando apenas a tolerância/sensibilidade dos mesmos à poluição orgânica. A correlação significativa positiva entre o BMWP Minas e o novo Índice Plâncton-Bentônico indica que, neste último, a comunidade de macroinvertebrados aquáticos teve um peso expressivo no resultado e na classificação final dos pontos amostrais. Este resultado está de acordo com a literatura atual sobre bioindicação, que aponta este grupo de organismos como os mais eficientes para o biomonitoramento ambiental.

Ressalta-se que os três grupos (fitoplâncton, zooplâncton e macroninvertebrados bentônicos) possuem espécies indicadoras de qualidade ecológica, e quando combinados potencializam a assertividade, abrangência e aplicação de índices em um conjunto extenso de bacias hidrográficas, que vai muito além da área de estudo.

O Índice Plâncton-Bentônico desenvolvido possui grande aplicabilidade por

não exigir profundo conhecimento em sistemática, uma vez que seus biocritérios consideram altos níveis taxonômicos (famílias). Outros de seus biocritérios consideram apenas riqueza de táxons, densidade ou abundância total dos organismos. Mesmo o Coeficiente Múltiplo utiliza densidades de grupos a nível de ordem e família. Para os cálculos de diversidade de Shannon-Wiener é possível morfotipar as espécies, mesmo não identificando-as de modo que profissionais como um conhecimento mínimo de grandes grupos podem aplicá-lo em outros reservatórios.

A metodologia aplicada para criação do Índice Plâncton-Bentônico foi testada com bons resultados para a criação de índices para a avaliação da qualidade da água, tanto no sistema de lago como nos rios da região leste de Minas Gerais (MARQUES, 2004). No entanto, este estudo e outros estudos (FERNANDES, 2007; SOUZA, 2013; FERREIRA et al., 2011; PETESSE et al., 2014) levaram em conta apenas a uma comunidade biológica.

A maior vantagem ao realizar uma abordagem multimétrica é a capacidade de agregar diversos dados de uma comunidade para classificar de uma forma mais ampla o grau de poluição do ambiente, mantendo a informação originada das métricas individuais (OLIVEIRA et al., 2008). Dentre as diversas comunidades que têm sido usadas para avaliar a qualidade da água, os macroinvertebrados, os peixes e as diatomáceas bentônicas destacam-se por serem mais comumente utilizados como ferramentas de avaliação (ECTOR & RIMET, 2005).

Uma limitação severa do uso da abordagem de bioindicadores é que não se tem para o reservatório de Volta Grande, nem para a grande maioria dos ambientes impactados por ação humana, pontos de referência com os quais comparar os resultados atuais. Tal ponto de referência deveria consistir num local onde não tivesse ocorrido nenhum tipo de alteração ambiental, nem sequer o próprio enchimento do reservatório há anos atrás. A fauna e flora desse local hipotético não estariam sujeitas ao processo de eutrofização recente, nem ao efeito da introdução de espécies exóticas, sendo consideradas prístinas do ecossistema (STODDARD et al., 2006). Portanto, numa situação ideal, a comparação entre a biota dos locais de referência e a biota registrada nos pontos de amostragem de cada transecto daria a medida precisa e exata do quanto as comunidades que sofreram os efeitos dos impactos se diferenciaram das comunidades originais, seja perdendo espécies ou alterando a sua composição funcional.

No presente estudo, biotas em diferentes compartimentos de um corpo de água permitiram indicar realidades diferentes de qualidade ambiental. Ao integrar dois compartimentos do ambiente aquático (a coluna d'água e o sedimento) e três comunidades biológicas (fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos), o Índice Plâncton-Bentônico permitiu uma avaliação sistêmica, analisando condições da estrutura do habitat, qualidade da água e integridade das comunidades biológicas. Esta abordagem sistêmica empregada é uma inovação para biomonitoramento e avaliação da qualidade da água, tendo em conta os impactos de curto e longo prazo

sofridos pelas comunidades biológicas.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Ao projeto P&D 486 Cemig/Hidroex – Pesquisa, Controle de Qualidade de Água e Revitalização do Rio Grande, pelo financiamento deste estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental – UFOP, pelo desenvolvimento da dissertação de mestrado.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. G. Adaptação do Índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58, n. 4, p. 547-558. 1998.

ARMITAGE, P.D. et al. The performance of the new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. **Water Research**, v. 17, p. 333–347. 1983.

ARMENGOL, J. et al. Longitudinal process in canyon type reservoir: the case of Sau (N.E. Spain). In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Org.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: IIE, 1999. p. 313-345.

BAILEY, R.C. et al. Biological assessment of freshwater ecosystems using a reference condition approach: comparing predicted and actual benthic invertebrate communities in Yukon streams. **Freshwater Biology**, v. 39, n. 4, p. 765–774. 1998.

BAPTISTA, D.F. et al. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro state, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, p. 83-94. 2007.

BAPTISTA, F.D. Uso de Macroinvertebrados em procedimentos de monitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 3, p. 425-441. 2008.

BARBOUR, M. T., et al. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Washington D.C.: USEPA, 1999.

BERE, T.; TUNDISI, J.G. Biological monitoring of lotic ecosystems: the role of diatoms. **Braz. J. Biol.**, v. 70, n. 3, p. 493-502. 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. – In: Resoluções e outros atos, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 25. mar. 2015.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas - ANA. **Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR)**. In: Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-qualidade-agua.aspx>> Acesso em: 13 jul. 2013.

BROWN, R.M. et al. A water quality index—Do we dare? **Water Sew Works**, v. 117, p. 339–343. 1970.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, v. 19, p. 465-473. 2003.

- CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F.; MORENO, P. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: GOULART, E.M.A. (Org.). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 555-567.
- Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. **Usinas Hidrelétricas da Cemig**. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/a\\_cemig/Nossa\\_Historia/Paginas/Usinas\\_Hidreletricas.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Usinas_Hidreletricas.aspx)> Acesso em: 25. jul. 2017.
- CETEC – Fundação Centro Tecnológica de Minas Gerais. Padronização e consolidação metodológica de um índice biótico de qualidade de água para ambientes lóticos: Bacia do rio Paraíba do Sul. **Relatório Técnico Final**. Belo Horizonte, MG, 2007. 106 p.
- CZERNIAWSKA-KUSZA, I. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. **Limnologica**, v. 35, p. 169-176. 2005.
- ECTOR, L.; RIMET, F. Using bioindicators to assess rivers in Europe: An overview. In: LEK, S. et al. (Org.). **Modelling Community Structure in Freshwater Ecosystems**. Berlim: Springer Verlag, 2005. p. 7-19.
- EPA – United States Environmental Protection Agency. **Risk Assessment Guidance for Superfund: Human Health Evaluation Manual**. Washington D.C.: USEPA, 1989.
- FERNANDES, A.C.M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores Biológicos de Qualidade da Água**: Proposta para Elaboração de um Índice de Integridade Biológica. 220 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- FERREIRA, C.P.; CASATTI, L. Stream biotic integrity assessed by fish assemblages in the Upper Rio Paraná basin. **Biota Neotropica**, v.6, n.3. 2006.
- FERREIRA, W. R.; PAIVA, L. T.; CALLISTO, M. Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. **Braz. J. Biol.**, v. 71, n. 1, p. 15-25, 2011.
- GANNON, J. E. & STEMBERGER, R. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. **Trans. Am. Microsc. Soc.**, v. 97, p. 16-35. 1978.
- GRECO, M. K. B. **Balanco de Massa de Fósforo, Evolução da Eutrofização e o Crescimento de Macrófitas Flutuantes no Reservatório de Volta Grande (MG,SP)**. 158 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- HILSENHOFF, W.L. Rapid field assessment of organic pollution by a family-level biotic index. **J. N. Am. Benthological Society**, v.7, p. 65-68, 1988.
- HORTON, R. K. An index number system for rating water quality. **J. Water Pollution Control Federation**, v. 37, n. 3, p. 300–306. 1965.
- IDEXX Laboratories Inc. **Quanty-Tray Sealer Model 2X User Manual**. Westbrook: IDEXX, 2002.
- IGTEC - Instituto de Geoinformação e Tecnologia. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica de Contribuição Lateral do Reservatório de Volta Grande/MG. **Relatório Técnico Final**. Belo Horizonte, MG, 2015. 53p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 29. Jan. 2016.

- KARR, J.R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27. 1981.
- KARR, J.R. et al. **Assessing Biological Integrity in Running Waters a Method and Its Rationale**. Illinois: Illinois Natural History Survey, 1986.
- KARR, J.R. Seven Foundations of Biological Monitoring and Assessment. **Biologia Ambientale**, v. 20, n. 2, p. 7-18. 2006.
- KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. The trophic diatom index: A new index for monitoring eutrophication in rivers. **J. Appl. Phycology**, v. 7, p. 433-444. 1995.
- LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 235 f. Tese de doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LIEBMAN, H. **Atlas of water quality, methods and practical conditions**. Munich: Oldenbourg, 1969.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, v. 22, n. 1, p 1-29. 1986.
- LUMB, A., SHARMA, T.C. Y BIBEALULT, J.F. A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions. **Water Qual. Expo. Health**, v. 3, p. 11-24. 2011.
- MARQUES, M. M. **Aplicação da Teoria de Habitat-Templates à Avaliação da Qualidade de Água**. 115 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- MATSUMURA-TUNDISI T.; TUNDISI, J. G. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. **Hydrobiol.**, v. 504, p. 215-22. 2003.
- METCALFE, J.L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. **Environ. Pollut.**, v. 60, p. 101-139. 1989.
- ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1985.
- OLIVEIRA, R.B.S.; CASTRO, C. M.; BAPTISTA, D. F. Desenvolvimento de Índices Multimétricos para utilização em Programas de Monitoramento Biológico da Integridade de Ecossistemas Aquáticos. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 3, p. 487-505. 2008.
- PAIVA, M.P.; ANDRADE-TUBINO, M.F.; GODOY, M.P. **As Represas e os Peixes Nativos do Rio Grande: Bacia do Paraná-Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.
- PELÁEZ, L. A. P. **Diseño de un índice de integridad biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz, México**. 130 f. Tese de doutorado. Instituto de Ecología, Universidad de Vera Cruz, Xalapa, 2007.
- PETESSE, M.L.; PETRERE, M.J.; AGOSTINHO, A.A. Defining a fish bio-assessment tool to monitoring the biological condition of a cascade reservoirs system in tropical area. **Ecol. Engineer.**, v. 69, p. 139-150. 2014.
- PLAFKIN, J.L., et al. **Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Washington, D.C.: USEPA, 1989.
- REID, J. W. The distribution of species of the genus *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopoida) in the



- western hemisphere, with description of *T. parvus*, new species. **Hydrobiol.**, v. 175. P. 149-174. 1989.
- REYNOLDS, C.S. et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plankton Research**, v. 24, n. 5, p. 417-428. 2002.
- RICE, E. W. et al. (eds.) **Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater**. 22. ed. Washington D.C.: APHA, AWWA, WPCF. 2012.
- SANTOS, G.B. & FORMAGIO, P.S. Estrutura da ictiofauna dos reservatórios do Rio Grande com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros exóticos. **Inf. Agro.**, v. 21, p. 98-106. 2000.
- SILVEIRA M.P. et al. Application of biological measures for stream integrity assessment in Southeast Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 101, p. 117-128. 2005.
- SLÁDEČEK, V. Rotifers as indicators of water quality. **Hydrobiol.**, v. 100, p. 169-201. 1983.
- SOUSA, R.S. et al. Variação Pluviométrica no Triângulo Mineiro-MG. **Geonordeste**, v. 10, p. 179-201. 2009.
- SOUZA, A. P. **Avaliação da Utilização de Índices de Integridade Biótica do Fitoplâncton como Ferramenta para Estimativa de Qualidade da Água nos Lagos Paranoá e Descoberto, no Distrito Federal**. 174 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- STODDARD, L. J. et al. Setting expectations for the ecological condition of Streams: the concept of reference condition. **Ecol. Appl.**, v. 16, n. 4, pp. 1267.1276. 2006.
- TUNDISI, J. G. et al. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (Org.). **Limnologia e manejo de represas**. São Carlos: EESC, 1988. p. 165-204.
- ZANATA, L. H. **Heterogeneidade ambiental do reseedatório de Salto Grande (Americana/SP) com ênfase na distribuição das populações de clarocera**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**PATRÍCIA MICHELE DA LUZ** Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Tecnológica do Paraná, Campus Ponta Grossa. Mestre em Botânica pela Universidade Federal do Paraná (concluído em 2014) e formada em Ciências Biológicas - Bacharelado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (concluído em 2012). Linha de pesquisa com foco em Ecologia dos Campos Gerais do Paraná, fenologia, biologia floral, genética populacional.

Endereço para acessar este CV de Patrícia Michele da Luz: <http://lattes.cnpq.br/6180982604460534>

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-455090-7-3

