

## RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/09/2025.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José do Rio Preto

Bianca Caroline Barbosa

**Abordagens para a avaliação da integridade de riachos:  
levantamento de métricas e validação de um protocolo para o  
monitoramento participativo**

São José do Rio Preto

2023

Bianca Caroline Barbosa

**Abordagens para a avaliação da integridade de riachos:  
levantamento de métricas e validação de um protocolo para o  
monitoramento participativo**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biodiversidade, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES –  
Proc. 88887.647664/2021-00

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Casatti

São José do Rio Preto

2023

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B238a | <p>Barbosa, Bianca Caroline</p> <p>Abordagens para a avaliação da integridade de riachos: levantamento de métricas e validação de um protocolo para o monitoramento participativo / Bianca Caroline Barbosa. -- São José do Rio Preto, 2024</p> <p>107 p. : il., tabs., fotos, mapas</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto</p> <p>Orientadora: Lilian Casatti</p> <p>1. Riachos. 2. Degradação ambiental. 3. Índice de Integridade Biótica. 4. Protocolos físicos do habitat. 5. Monitoramento participativo. I. Título.</p> |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Bianca Caroline Barbosa

**Abordagens para a avaliação da integridade de riachos:  
levantamento de métricas e validação de um protocolo para o  
monitoramento participativo**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biodiversidade, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES –  
Proc. 88887.647664/2021-00

Comissão Avaliadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Lilian Casatti  
UNESP - São José do Rio Preto – SP  
Orientadora e presidente da banca

Dr<sup>a</sup> Carla Natacha Marcolino Polaz  
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
Pirassununga – SP

Dr. Piatã Santana Marques  
University of Toronto Scarborough - Toronto, Ontario - Canadá

São José do Rio Preto  
29 de setembro de 2023



Dedico esse trabalho à memória daqueles que se foram  
mas que são ainda parte importante de mim:

Meu avô, **José Alves Barbosa**,  
exemplo de amor, cuidado e empatia.  
Agradeço por ter tido a oportunidade de ter como avô  
uma pessoa tão cheia de luz, que me ensinou que  
o amor é encontrado nos pequenos detalhes.

Minha bisavó, **Mercinda Celestrino Rós**,  
exemplo de força, cuidado e alegria.  
Sou o que sou porque conheci uma ariana  
cheia de personalidade e que não se curvou para ninguém.

## AGRADECIMENTOS

♦ Agradeço a todos os meus **amigos e camaradas de luta**, por todo o apoio e cumplicidade. Por sempre acreditarem em mim, mesmo quando eu não acredito. E por me dar a força necessária quando me falta. Acima de tudo, por me mostrar que família é aquela que a gente constrói ao longo da vida. Em especial, agradeço aos parceiros *Gustavo Augusto Rodrigues, Paula Aline de Castro e Camila Signorini*, pela convivência, afeto, apoio diário e por tornarem meus dias mais leves e alegres.

♦ Agradeço à minha orientadora, **Lilian Casatti**, por ter me aceitado como sua orientanda e pela delicadeza de construir comigo um projeto que se alinha com aquilo que acredito. Obrigada pelo apoio e paciência ao longo desses anos, e por me dar a confiança que me falta em tantos momentos. Me sinto honrada de poder trabalhar com uma pessoa que admiro tanto. Por fim, e acima de tudo, agradeço por todo o carinho e afeto que teve comigo desde a graduação.

♦ Agradeço a todos do **Laboratório de Ictiologia**, especialmente os companheiros *Wellington, Yullia, Isabel, Poliana, Victoria Santos, Vitória Borba, Vitor, Rosinha, Guilherme, Beatriz e Kiko*, bem como os agregados *Filipe Alisson, André Suzuki, Leticia Molina Hernandez, Daniele Siqueira, Mizael Ferreira e Antonio Carlos Lofego*, por tornarem os meus dias mais leves e por todas as palavras de afeto e apoio nos momentos mais difíceis. Foram meses de muita parceria e boas risadas. Os momentos que passamos juntos estarão para sempre em minha memória.

♦ Agradeço a todos os **participantes da pesquisa**, em especial à *Sandra Zanatta*, que muito me ensinou e tornou este trabalho possível, bem como a todos os trabalhadores e alunos da *Escola Estadual Alzira Valle Rolemberg*. Sem a colaboração de todos, o trabalho não seria possível.

♦ Agradeço às **minhas avós**, *Aparecida de Fátima Rós Barbosa e Maria Suely Corrêa Garcia*, e **minha mãe**, *Angela Maria Corrêa Garcia*. Mulheres que enfrentaram imensos desafios ao longo da vida, mas que me amam e apoiam da maneira que conseguem. Agradeço também a todos os meus **familiares**, que fazem parte da minha história e de quem eu sou.

♦ Agradeço aos meus gatos, **Rita e Pepe**, que tornam os meus dias mais doces e cheios de amor.

♦ Agradeço à minha querida psicóloga, **Cristiane Calvo**, pessoa fundamental para a construção da minha saúde mental e na lida com os desafios diários.

♦ Agradeço a todos os **trabalhadores da UNESP**, em especial aos queridos do *Restaurante Universitário (RU)*, que enchem os nossos dias de afeto e alegria, e às trabalhadoras e trabalhadores que fazem o serviço invisível e pouco reconhecido da limpeza.

♦ A todas as **professoras e professores** que se dedicam à formação crítica e humana dos alunos. Em especial, agradeço às professoras *Eliane Gonçalves de Freitas, Lilian Casatti, Monica Abrantes Galindo, Patricia Simone Leite Vilamaior, Norma Novaes, Ana Lara Casagrande e Iêda Pastre Fertoni* pelos valiosos ensinamentos. Sem vocês, a minha formação não seria a mesma.

♦ Agradeço aos **avaliadores nos processos de Qualificação e Defesa da Dissertação**: *Carla Natacha Marcolino Polaz, Denise de Cerqueira Rossa-Feres, Juliana Silva França e Piatã Santana Marques*. Agradeço também ao *Gabriel Lourenço Brejão* e à *Jaqueline de Oliveira Zeni*, pela disposição em participarem como membros suplente

♦ O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001, à qual agradeço. Por meio da bolsa de mestrado, foi possível permanecer no programa e desenvolver esse projeto. Agradeço também ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)** que, por meio do processo 304403/2021-0, subvencionou as atividades de campo. Por fim, agradeço à **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** que, por meio dos processos 2001/13340-7, 2010/17494-8, 2012/05983-0, 2016/01535-3, subvencionou a aquisição de equipamentos e materiais utilizados na pesquisa.



## RESUMO

Os riachos têm sido amplamente ameaçados pelas atividades antrópicas, visto que sofrem influência do ambiente ao qual estão inseridos, o que os torna vulneráveis às alterações ambientais. Tais impactos têm causado a perda da qualidade da água e a diminuição da capacidade do ambiente em sustentar uma comunidade biótica equilibrada. A presente Dissertação foi desenvolvida tendo em vista a necessidade de ações eficientes para a conservação da biodiversidade no noroeste do estado de São Paulo, posto que, nesta região, os ambientes naturais foram quase completamente substituídos por monoculturas, pastagens ou áreas urbanas. O ponto de partida foi a constatação da necessidade de disseminar práticas que envolvam toda a comunidade na conservação dos ecossistemas de riachos através do uso de protocolos que sejam de fácil compreensão e aplicação pela população. Nossa hipótese central é que os atributos do habitat apresentam potencial para serem usados pela população para que ela mesma possa monitorar o estado de conservação dos riachos. A Dissertação está organizada em dois capítulos. O primeiro envolveu uma etapa de desenvolvimento do Índice de Integridade Biótica (IBI) para avaliar os riachos do noroeste do estado de São Paulo, bem como testar e comparar dois protocolos físicos do habitat (Índice do Habitat Físico, PHI; Protocolo de Avaliação do Hábitat Físico, PAHF) como potenciais substitutos para essa finalidade. O segundo capítulo envolveu a caracterização do estado de degradação dos riachos da região de São José do Rio Preto em conjunto com a população e o teste de um protocolo simplificado para o monitoramento participativo como substituto para outros índices mais complexos. Os riachos avaliados demonstraram, na sua maioria, condições muito pobres de integridade biótica, o que corresponde ao histórico de intensa degradação ambiental do noroeste paulista. Houve relação positiva entre o IBI e o PHI e PAHF, o que indica que as melhores condições de integridade biótica estão presentes em riachos com melhores condições de integridade do hábitat físico. Tais resultados indicam que os parâmetros físicos dos riachos interagem diretamente com a comunidade aquática. Além disso, não houve diferenças significativas entre o IBI e os demais índices, o que indica que os índices físicos podem ser utilizados como substitutos para o IBI em contextos envolvendo a comunidade. Notadamente, dada a sua simplicidade, o PAHF mostra-se bastante eficiente para essa finalidade.

Palavras-chave: Riachos; Degradação ambiental; Índice de Integridade Biótica; Protocolos físicos do habitat; Monitoramento participativo.

## **ABSTRACT**

Freshwater systems face widespread threats from human activities and climate change, as they are profoundly influenced by their surrounding environment, rendering them susceptible to environmental changes. Anthropogenic impacts led to deteriorating water quality and a decline in the environment's capacity to support a balanced biotic community. This Dissertation addresses the pressing need for effective conservation measures in the northwest of the São Paulo state where natural habitats have been largely replaced by monocultures, pastures or urban areas. The starting point was the recognition of the need to disseminate practices that involve the entire community in the conservation of stream ecosystems by using protocols that are easy for the population to understand and apply. The central hypothesis posits that habitat attributes can empower the community to assess the conservation status of streams. The Dissertation is organized in two chapters. The first one involves entails developing a Biotic Integrity Index (IBI) to evaluate the streams in the northwest of the state of São Paulo, as well as testing and comparing two physical habitat protocols (Physical Habitat Index, PHI; Physical Habitat Protocol, PAHF) as potential substitutes for this purpose. The second chapter involves characterizing the state of degradation of streams in the São José do Rio Preto region, together with the population, and testing a simplified protocol for participatory monitoring as a proxy for other more complex indices. Mostly of the evaluated streams exhibited very poor conditions of biotic integrity, which corresponds to the history of intense environmental degradation in the northwest São Paulo state. A positive relationship was observed between the IBI, PHI and PAHF, which indicates that the best conditions of biotic integrity are present in streams with better conditions of physical habitat integrity. Such results indicate that streams' physical parameters interact directly with the aquatic community. Additionally, no significant differences were found between IBI and other indices, suggesting that physical indices can serve as effective proxies for IBI when engaging the community. Notably, due to its simplicity, PAHF emerges as particularly efficient for this purpose.

**Keywords:** Streams; Environmental degradation; Biotic Integrity Index; Physical habitat protocols; Participatory monitoring.

*“nós, seres humanos, não somos autossuficientes, nunca fomos. Precisamos do ar, da água, da terra, do alimento; precisamos uns dos outros o tempo todo. Nossa interdependência e cuidado circular fazem a saúde da vida.*

*[...]*

*Não há vergonha em precisar dos outros, humanos ou não humanos. Isso é sair do centro do mundo e passar ao lugar de parte.”*

(Geni Núñez, 2023, p. 114 e 115)

## SUMÁRIO

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>                                                                          | <b>13</b> |
| REFERÊNCIAS.....                                                                                      | 16        |
| <b>CAPÍTULO I: Desenvolvimento de um índice de integridade biótica para avaliação de riachos.....</b> | <b>21</b> |
| RESUMO.....                                                                                           | 22        |
| INTRODUÇÃO.....                                                                                       | 23        |
| METODOLOGIA.....                                                                                      | 25        |
| Área de estudo.....                                                                                   | 25        |
| Obtenção das bases de dados.....                                                                      | 28        |
| Obtenção do Protocolo de Avaliação de Habitats Físicos.....                                           | 31        |
| Construção do IBI.....                                                                                | 31        |
| Análises estatísticas.....                                                                            | 34        |
| RESULTADOS.....                                                                                       | 35        |
| Caracterização da ictiofauna.....                                                                     | 35        |
| Métricas selecionadas.....                                                                            | 35        |
| Integridade biótica e física do hábitat.....                                                          | 41        |
| DISCUSSÃO.....                                                                                        | 50        |
| REFERÊNCIAS.....                                                                                      | 53        |
| <b>CAPÍTULO II: Protocolo para o monitoramento participativo de riachos.....</b>                      | <b>61</b> |
| RESUMO.....                                                                                           | 62        |
| INTRODUÇÃO.....                                                                                       | 63        |
| METODOLOGIA.....                                                                                      | 67        |
| Área de estudo.....                                                                                   | 67        |
| Coleta das variáveis ambientais.....                                                                  | 68        |
| Amostragem da ictiofauna e cálculo do IBI.....                                                        | 69        |
| Validação do protocolo pela população.....                                                            | 69        |
| Análise dos dados.....                                                                                | 70        |
| RESULTADOS.....                                                                                       | 72        |
| Caracterização da ictiofauna.....                                                                     | 72        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Integridade biótica e do hábitat.....</i>                                 | <i>73</i>  |
| <i>Caracterização dos participantes da pesquisa.....</i>                     | <i>79</i>  |
| <i>Avaliação realizada pelos participantes.....</i>                          | <i>79</i>  |
| DISCUSSÃO.....                                                               | 84         |
| REFERÊNCIAS.....                                                             | 88         |
| <b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>                                                  | <b>93</b>  |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                           | <b>94</b>  |
| <i>Anexo 1: Ficha de campo para a obtenção das variáveis ambientais.....</i> | <i>94</i>  |
| <i>Anexo 2: Classificação do PHI.....</i>                                    | <i>97</i>  |
| <i>Anexo 3: Proporção das categorias de uso e cobertura do solo.....</i>     | <i>98</i>  |
| <i>Anexo 4. Análise de Componentes Principais.....</i>                       | <i>101</i> |
| <i>Anexo 5: Protocolo de Avaliação de habitats Físicos.....</i>              | <i>102</i> |
| <i>Anexo 6: Classificação do IBI.....</i>                                    | <i>103</i> |
| <i>Anexo 7: Listas de espécies.....</i>                                      | <i>104</i> |

## INTRODUÇÃO GERAL

A mercantilização e superexploração da natureza inerentes ao modelo de sociedade capitalista e industrial provocou, ao longo dos séculos, a perda e degradação dos ecossistemas naturais (Marques, 2018c). Nas últimas décadas, foi observado o desmatamento e degradação de florestas inteiras, a exemplo do que ocorreu na Mata Atlântica e Cerrado brasileiros (Marques, 2018b). Tais fatores são responsáveis pela perda e fragmentação de habitats e, conseqüentemente, pela perda de biodiversidade observada nos ecossistemas terrestres e aquáticos (Anderson, 2018). A pressão antrópica sobre os ambientes naturais tem sido tão intensa e causado tantos impactos, que pesquisadores sugerem que vivemos sob uma nova era geológica, chamada de Antropoceno, na qual a maior força modificadora é a humana (Meybeck, 2003). Além disso, vivemos sob a emergência de uma crise climática sem precedentes, o que têm aumentado ainda mais os impactos aos ambientes naturais, situação que deve se agravar nos próximos anos (Marques, 2018a).

Os sistemas de água doce têm sido amplamente ameaçados pelas atividades antrópicas (Vörösmarty et al., 2010; Castilla et al., 2015; Dudgeon, 2019). De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), em 2023, um quarto dos peixes de água doce do mundo já se encontra em risco de extinção devido ao aquecimento global, a poluição, a pesca excessiva e diminuição dos níveis das águas (The Guardian, 2023). Além disso, já foi observado que o declínio das espécies de água doce é maior do que o das espécies terrestres, sobretudo, em razão das mudanças no uso do solo, da poluição, da superexploração, das espécies invasoras, da construção de barragens e das mudanças climáticas (Dudgeon, 2019).

Os rios são ambientes particularmente ameaçados pelas atividades antrópicas, visto que sofrem grande influência do meio que o circunda e da bacia hidrográfica ao qual estão inseridos, o que os torna vulneráveis às alterações ambientais (Dudgeon et al., 2006). Os impactos antrópicos têm causado a perda da qualidade da água e a diminuição da integridade ecossistêmica destes locais, o que interfere na capacidade do ambiente em sustentar uma comunidade biótica equilibrada e íntegra (Karr, 1981; Feio et al., 2021, 2023). Este processo é especialmente preocupante, visto que os rios e as zonas úmidas adjuntas são

essenciais para o funcionamento dos ecossistemas aos quais estão inseridos, além de sustentar importante biodiversidade (Dudgeon et al., 2006; Harrison et al., 2016).

Buscando superar os desafios para conservação, diversos programas e métodos foram criados, tendo como objetivo não somente a avaliação dos impactos antrópicos aos ambientes naturais, mas também a proposição de ações para a mitigação e recuperação ecológica desses locais (vide Ruaro & Gubiani, 2013). Ao longo das últimas décadas, vários protocolos para o monitoramento ambiental foram elaborados, tendo como objetivo o acompanhamento da variação das condições de um determinado local ao longo do tempo, principalmente em contextos que envolvem atividades antrópicas (vide revisão em Casatti & Ortigossa, 2021). Contudo, tais esforços tiveram como foco principal o desenvolvimento de protocolos que consideravam apenas alguns contaminantes (p. ex., pesticidas e metais pesados) ou apenas parâmetros físicos e químicos da água (p. ex., pH, temperatura, condutividade, nitrito e oxigênio dissolvido), desconsiderando parâmetros biológicos desses ambientes e aspectos físicos do entorno (Karr, 1981; Karr & Dudley, 1981).

Karr (1981) apontou limites para a utilização de protocolos que consideram exclusivamente parâmetros físico-químicos, visto que apenas com os parâmetros de qualidade da água não é possível identificar todos os fatores que podem afetar a integridade biótica de um local. Considerando as limitações das características físico-químicas para a análise eficiente das condições ambientais, outros protocolos foram elaborados a partir das condições biológicas e do habitat físico, como é o caso do Índice de Integridade Biótica (*Index of Biotic Integrity*, IBI, Karr, 1981), do *Physical habitat Index* (PHI, Hall et al., 1999; Casatti et al., 2006) e do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de habitats (Callisto et al., 2002). Para a construção do IBI, são usados atributos de um determinado grupo biológico para avaliar e quantificar a integridade biótica de ecossistemas aquáticos (Casatti & Ortigossa, 2021). No caso do *Physical Habitat Index* (PHI, Hall et al., 1999; Casatti et al., 2006) e do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de habitats (Callisto et al., 2002), ambos são adaptações dos protocolos usados em agências ambientais dos Estados Unidos (EPA, 1987; Barbour et al., 1999; Hall et al., 1999), e são construídos a partir de métricas de estrutura física do interior e das adjacências dos riachos, tais como a variedade do substrato, a largura da vegetação do entorno do riacho, a canalização, entre outros, sendo um índice eficaz para avaliar as condições dos riachos *in situ* (Casatti et al., 2006; Callisto et al., 2001; Callisto et al., 2002). No Brasil, esses dois

índices foram adaptados e aplicados para atender situações diferentes. O Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats foi adaptado para riachos montanhosos de Minas Gerais (Callisto et al., 2002). Já o PHI foi adaptado para riachos de baixo gradiente em agroecossistemas do noroeste do estado de São Paulo (Casatti et al., 2006), sendo objeto de estudo neste trabalho.

Embora o IBI e o PHI sejam considerados adequados para analisar as condições ambientais (vide Ferreira & Casatti, 2006), os mesmos exigem elevado conhecimento técnico, o que dificulta o seu uso externo ao meio científico (Casatti & Ortigosa, 2021). Um outro aspecto a ser considerado é que esses índices devem ser calibrados localmente, a exemplo do que Sousa et al. (2023) concluíram a respeito da transferibilidade de indicadores biológicos. Assim, a complexidade desses protocolos, somada à falta de políticas ambientais que considerem as populações locais, dificulta a participação daqueles que residem dentro e no entorno dos locais-alvo. Este processo ocasiona, não raramente, diversos conflitos entre gestores, pesquisadores e populações locais, limitando a eficácia e viabilidade da proposição de planos de manejo e conservação da biodiversidade (Tófoli et al., 2019).

A partir da demanda de projetos que possibilitem ações colaborativas para a conservação da biodiversidade, surgiram as iniciativas de monitoramento participativo, que têm como pressuposto a integração entre diferentes atores e de diferentes pontos de vista para a tomada de decisões: pesquisadores, técnicos, poder público e sociedade civil (Whitelaw et al., 2003; Tófoli et al., 2019). Atualmente, diversos projetos de monitoramento participativo já foram colocados em ação, a exemplo do Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade (Programa Monitora), desenvolvido pelo ICMBio, do Projeto de Monitoramento participativo de Rios Urbanos por estudantes-cientistas, desenvolvido por França & Callisto (2019) e do Projeto “Observando os rios”, desenvolvido pela fundação SOS Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2021), sendo exemplos reais de que é possível construir um plano de monitoramento que de fato possibilite a integração entre diferentes agentes e pontos de vista, possibilitando a gestão colaborativa de nossas riquezas naturais.

A presente Dissertação foi desenvolvida tendo em vista a necessidade ações eficientes para a conservação da biodiversidade no noroeste do estado de São Paulo, posto que, nesta região, os ambientes naturais foram quase completamente



substituídos por monoculturas, pastagem ou áreas urbanas (Casatti et al., 2006; Marques, 2018b). O ponto de partida foi a constatação da necessidade de disseminar práticas que envolvam toda a comunidade na conservação dos ecossistemas de riachos através do uso de protocolos que sejam cientificamente testados, mas de fácil compreensão e aplicação pela população. Nossa hipótese central é que os atributos do habitat apresentam potencial para serem usados pela população para que ela mesma possa monitorar o estado de conservação dos riachos, conforme observado em experiências anteriores (a exemplo de França & Callisto, 2019).

Esta Dissertação está organizada em dois capítulos. O primeiro, intitulado “Desenvolvimento de um índice de integridade biótica para avaliação de riachos” envolveu uma etapa de desenvolvimento do IBI para avaliar a integridade biótica de riachos do noroeste do estado de São Paulo, bem como testar e comparar dois protocolos físicos do habitat como potenciais substitutos para essa finalidade. O segundo capítulo, intitulado “Protocolo para o monitoramento participativo de riachos”, envolveu a caracterização do estado de degradação dos riachos da região de São José do Rio Preto e o teste de um protocolo simplificado para o monitoramento participativo como substituto de outros índices mais complexos.

## REFERÊNCIAS

- Anderson, C. B. (2018). Biodiversity monitoring, earth observations and the ecology of scale. *Ecology Letters*, 21(10), 1572-1585.
- Barbour, M. T., Jerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2nd edition. EPA 841-B-99-002. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- Brejão, G. L., Hoeinghaus, D. J., Pérez-Mayorga, M. A., Ferraz, S. F. & Casatti, L. (2018). Threshold responses of Amazonian stream fishes to timing and extent of deforestation. *Conservation Biology*, 32(4), 860-871.

Callisto, M., Ferreira, W. R., Moreno, P., Goulart, M. & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(1), 91-98.

Casatti, L., Langeani, F., Silva, A. M. & Castro, R. M. C. (2006). Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2B), 681-696.

Casatti, L. & Ortigossa, C. (2021). Avaliação da integridade biótica de riachos a partir da ictiofauna. *Oecologia Australis*, 25(2), 531-545.

Castilla, E. P., Cunha, D. G. F., Lee, F. W. F., Loiselle, S., Ho, K. C. & Hall, C. (2015). Quantification of phytoplankton bloom dynamics by citizen scientists in urban and peri-urban environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 690.

Dudgeon, D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R960-R967.

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 163-182.

EPA (Environmental Protection Agency). (1987). Biological criteria for the protection of aquatic life. Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Columbus, V I-III, 120 p.

Feio, M. J., Hughes, R. M., Callisto, M., Nichols, S. J., Odume, O. N., Quintella, B. R., Kuemmerlen, M., Aguiar, F.C., Almeida, S.F.P., Alonso-EguíaLis, P., Arimoro, F. O., Dyer, F. J., Harding, J. S., Jang, S., Kaufmann, P. R., Lee, S., Li, J., Macedo, D. R., Mendes, A., Mercado-Silva, N., Monk, W., Nakamura, K., Ndiritu, G. G., Ogden, R., Peat, M., Reynoldson, T. B., Rios-Touma, B., Segurado, P. & Yates, A. G. (2021). The

biological assessment and rehabilitation of the world's rivers: An overview. *Water*, 13(3), 371.

Feio, M. J., Hughes, R. M., Serra, S. R., Nichols, S. J., Kefford, B. J., Lintermans, M., Robinson, W., Odume, O. N., Callisto, M., Macedo, D. R., Harding, J. S., Yates, A. G., Monk, W., Nakamura, K., Mori, T., Sueyoshi, M., Mercado-Silva, N., Chen, K., Baek, M. J., Bae, Y. J., Tachamo-Shah, R. D., Shah, D. N., Campbell, I., Moya, N., Arimoro, F. O., Keke, U. N., Martins, R. T., Alves, C. B. M., Pompeu, P. S. & Sharma, S. (2023). Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. *Global Change Biology*, 29(2), 355-374.

Ferdinand, M. (2022). *Uma ecologia decolonial: pensar a partir do mundo caribenho*. São Paulo, Ubu Editora, 320 p.

Ferreira, C. P. & Casatti, L. (2006). Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Biota Neotropica*, 6(3).

França, J. S. & Callisto, M. (2019). Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas. UFMG, Belo Horizonte, 284 p.

Hall, L. W. Jr., Morgan, R. P., Perry, E. S. & Waltz, A. (1999). Development of a provisional physical habitat index for Maryland freshwater streams. Maryland Department of Natural Resources, Monitoring and Non-tidal Assessment Division, Annapolis.

Harrison, I. J., Green, P. A., Farrell, T. A., Juffe-Bignoli, D., Sáenz, L. & Vörösmarty, C. J. (2016). Protected areas and freshwater provisioning: a global assessment of freshwater provision, threats and management strategies to support human water security. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26, 103-120.

Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6(6), 21-27.

Karr, J. R. & Dudley, D. R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5, 55-68.

Karr, J. R., Larson, E. R. & Chu, E. W. (2022). Ecological integrity is both real and valuable. *Conservation Science and Practice*, 4(2), e583.

Marques, L. (2018a). Água, solos e insegurança alimentar. In: *Capitalismo e colapso ambiental*. Editora da UNICAMP, p. 147-193.

Marques, L. (2018b). Diminuição e degradação das florestas. In: *Capitalismo e colapso ambiental*. Editora da UNICAMP, p. 85-146.

Marques, L. (2018c). Introdução. In: *Capitalismo e colapso ambiental*. Editora da UNICAMP, p. 29-82.

Meybeck, M. (2003). Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1440), 1935-1955.

Ruaro, R. & Gubiani, E. A. (2013). A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems: Applications and main flaws. *Ecological Indicators*, 29, 105-110.

SOS Mata Atlântica. (2021). Observando os Rios 2021 - O Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica, 61 p.

Sousa, V., Dala-Corte, R. B., Benedito, E., Brejão, G. L., Carvalho, F. R., Casatti, L. Cetra, M., Pompeu, P. S., Suárez, Y. R., Tejerina-Garro, F. L., Borges, P. P. & Teresa, F. B. (2023). Factors affecting the transferability of bioindicators based on stream fish assemblages. *Science of the Total Environment*, 881, 163417.

The Guardian. (2023). Quarter of world's freshwater fish at risk of extinction, according to assessment. Disponível em:

<https://www.theguardian.com/environment/2023/dec/11/quarter-of-worlds-freshwater-fish-at-risk-of-extinction-age-of-extinction-aoe>. Acesso: 13 de dezembro de 202.

Tófoli, C. F., Lemos, P. F & Chiaravalloti, R. M. (orgs.). (2019). Monitoramento participativo da biodiversidade: aprendizados em evolução. São Paulo, IPÊ: Instituto de pesquisas ecológicas / MEMNON, 2ª ed., 31-103.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. & Davies, P. M. (2010). Rivers in crisis: Global water insecurity for humans and biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.

Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B. & Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian community monitoring network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88, 409-418.

## CONCLUSÃO GERAL

A partir dos resultados do IBI, foi observado que os riachos avaliados demonstraram condições muito pobres de integridade biótica. Os resultados observados são esperados ao considerar o histórico de cobertura territorial do Estado de São Paulo que, devido a processos socioeconômicos, sofreu ocupação cada vez maior de áreas para fins agropecuários, com um evidente domínio de pastagens e cana-de-açúcar. Tais mudanças no uso do solo impactam drasticamente os ambientes de riacho, manifestando-se através da erosão do solo, instabilidade das margens, aumento da sedimentação, alterações nas características físicas e estruturais da água, bem como a sua contaminação, com consequente perda de biodiversidade.

Foi observada relação positiva entre o IBI e os índices físicos, o que indica que as melhores condições de integridade biótica estão presentes em riachos com melhores condições de integridade do habitat físico. Contudo, o baixo ajuste dos dados indica que há um limite para o uso destes protocolos físicos como substitutos para o IBI. Neste contexto, o melhor ajuste entre Protocolo de Avaliação de Habitats Físicos e IBI indica que o mesmo pode ser um potencial substituto para o IBI e pode ser uma ferramenta viável em contextos de monitoramento ambiental envolvendo a comunidade. No entanto, constata-se a necessidade de futuros ajustes, de modo que o protocolo possibilite uma análise da integridade física que tenha melhor ajuste à análise da integridade biótica.

Por fim, as avaliações dos participantes e da pesquisadora convergiram para conclusões similares, demonstrando que o Protocolo de Avaliação de Habitats Físicos pode ser utilizado para o monitoramento participativo de riachos. Os resultados obtidos reforçam a concepção de que a participação de cidadãos não especialistas é viável e pode possibilitar o compartilhamento de informações confiáveis entre cientistas e “não cientistas”. No entanto, constatamos a importância da população de forma mais efetiva nos projetos de monitoramento participativo. Para isso, é necessário o emprego de uma visão global dos problemas enfrentados e o distanciamento de visões individualistas, de modo a evitar soluções simplistas.