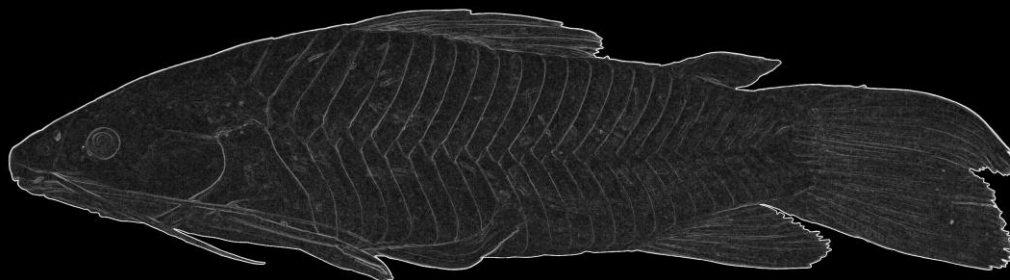


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE PEIXES DA BACIA DO RIO
GUAREÍ, SÃO PAULO, BRASIL**

VALTER MONTEIRO DE AZEVEDO-SANTOS



BOTUCATU - SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE PEIXES DA BACIA DO RIO
GUAREÍ, SÃO PAULO, BRASIL

VALTER MONTEIRO DE AZEVEDO-SANTOS

Esta tese é parte das exigências para
obtenção do título de doutor em Ciências
Biológicas (A/C Zoologia), pela UNESP
de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Orientador: Prof. Dr. Raoul Henry
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice

BOTUCATU – SP
2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Azevedo-Santos, Valter Monteiro de.

Ecologia e conservação de peixes da bacia do Rio
Guareí, São Paulo, Brasil / Valter Monteiro de
Azevedo-Santos. - Botucatu, 2020

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Raoul Henry

Coorientador: Fernando Mayer Pelicice

Capes: 20502001

1. Ictiofauna. 2. Peixe - Ovos. 3. Ictiologia. 4.
Guareí, Rio (SP). 5. Paranapanema, Rio, Bacia (SP e PR).

Palavras-chave: Bacia do Rio Paranapanema; Ictiofauna;
Ictioplâncton; Neotrópico; Riachos.

ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE PEIXES DA BACIA DO RIO GUAREÍ, SÃO PAULO, BRASIL

COMISSÃO EXAMINADORA

Dra. Andréa Bialetzki (UEM)

Dr. André Batista Nobile (UNESP)

Dr. Ângelo Antônio Agostinho (UEM)

Dr. Raoul Henry (UNESP)

Dr. Reinaldo José de Castro (UFSCar)

Dedico à minha tia Valquíria Achcar (*in memoriam*), pelo carinho que teve comigo. As conversas que tivemos — sempre com o seu apoio e estímulo — foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional. Aos meus queridos pais, Valter e Isabel, e à minha tia-avó, Lourdes Cabral, pelo apoio de sempre na longa caminhada científica. Amo todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Raoul Henry, pelos ensinamentos, sobre tolerância e ecologia, durante o desenvolvimento desta tese. Meu agradecimento *ad aeternum* por ter aceitado me orientar.

Ao Prof. Fernando Pelicice, pelos ensinamentos de longa data (quase uma década de orientação e parceria!). Agradecimento *ad aeternum* também.

À minha família: meus pais, Valter e Isabel, e meus irmãos, Tailise e Wagner, pelo apoio constante no decorrer desta tese. Incluo aqui minhas tias, Valquíria (*in memoriam*) e Lourdes, e minha noiva, Paula Coelho, pessoas que também fizeram (fazem) meus dias mais felizes. Amo vocês.

Aos meus tios e amigos, pescadores de primeira, Mané, Joca Jr, e Fernét, pelas inúmeras aulas de pescaria. Ao amigo Eugen, o Mark Twain Carmelitano.

Ao Hamilton e ao Sílvio, que foram imprescindíveis na execução das atividades de campo. Sem vocês não seria possível concluir este trabalho.

À Paula N. Coelho, Vanessa S. Daga, e Jamile Queiroz-Sousa, pelas ajudas com as estatísticas de capítulos contidos na tese.

À Prof. Dra. Andréa Bialezki, pelas ajudas com as identificações das larvas de peixes e pela excelente recepção quando estive na UEM.

Aos munícipes de Guareí e Angatuba, em especial os que nos receberam bem nas suas propriedades onde coletas ocorreram.

Ao Gabriel, pela ajuda com a formatação da tese.

Aos Professores Reinaldo Castro e André Nobile, pelas excelentes sugestões nos capítulos 1 e 3 apresentados na qualificação.

Aos Professores Dra. Andréa Bialezki, Dr. Reinaldo Castro, Dr. André Nobile, e Dr. Ângelo Agostinho, por aceitarem avaliar este trabalho. Muitíssimo obrigado.

Ao Ricardo Benine, pelo estímulo em seguir adiante com a ecologia.

Ao pessoal do EcoRoad, pela oportunidade de participar dos fóruns sobre meio ambiente em Angatuba, São Paulo.

Aos amigos da 5 de Paus, a melhor república de Botucatu. Tenho receio de listar os nomes e esquecer alguém (muita gente).

Aos amigos de laboratório, de departamento, e da faculdade em geral, pelo carinho. Aos amigos de Carmo do Rio Claro, Minas Gerais. Aos amigos do Fish & Friends. Sigo relembando “A amizade duplica as alegrias e divide as tristezas” (Francis Bacon).

À família da Paulinha, por ter me acolhido muito bem nos dias que passei em Frutal, Minas Gerais.

A todos os coautores de trabalhos científicos que desenvolvi durante o doutorado (aprendi muito com cada um).

A todos os especialistas ou colegas que me ajudaram de alguma forma (agradecimentos mais específicos podem ser encontrados em cada capítulo).

A todos os cidadãos do Brasil, pela bolsa de estudos (CAPES), e ao paulista, pela oportunidade de estudar gratuitamente em uma excelente universidade.

A todos que de alguma forma me ensinaram algo no decorrer da tese e durante a minha vida; muito obrigado!

COMENTÁRIO GERAL

Atualmente tem sido comum a divisão de teses em capítulos escritos em formato de artigos científicos. Isso é notável em muitos trabalhos de colegas ictiólogos e de outras áreas. Nesta tese, também optei por redigir cada estudo em forma de artigo. Os capítulos deste trabalho foram todos formatados seguindo as normas do periódico Biota Neotropica (<http://www.scielo.br/revistas/bn/iinstruc.htm>), com o intuito de seguir um padrão.

Esta tese não deve ser considerada publicação, mesmo estando presente em repositório institucional da universidade. Se houver necessidade de citá-la, colegas devem entrar em contato através do seguinte e-mail: valter.ecologia@gmail.com.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1	20
RESUMO	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS.....	31
DISCUSSÃO.....	41
CONCLUSÃO	45
CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	52
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	63
CAPÍTULO 2	72
RESUMO	73
INTRODUÇÃO	74
MATERIAL E MÉTODOS	75
RESULTADOS.....	80
DISCUSSÃO.....	87
CONCLUSÃO	90
REFERÊNCIAS.....	91
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	96
CAPÍTULO 3	102
RESUMO	103
INTRODUÇÃO	104
MATERIAL E MÉTODOS	106
RESULTADOS.....	111
DISCUSSÃO.....	120
CONCLUSÃO	126
REFERÊNCIAS.....	127
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	136
CAPÍTULO 4	143
RESUMO	144

INTRODUÇÃO	145
MATERIAL E MÉTODOS	146
RESULTADOS	147
DISCUSSÃO.....	148
REFERÊNCIAS	150
MATERIAL SUPLEMENTAR	153
CAPÍTULO 5	154
RESUMO	155
INTRODUÇÃO	156
MATERIAL E MÉTODOS	157
RESULTADOS	158
DISCUSSÃO.....	163
REFERÊNCIAS	166
MATERIAL SUPLEMENTAR	170
COMENTÁRIOS FINAIS.....	175
REFERÊNCIAS	176

RESUMO

A bacia do Rio Guareí está situada dentro do sistema do Paranapanema (alto Paraná), em São Paulo, sudeste do Brasil. O primeiro estudo ictiológico dentro do seu perímetro, considerando peixes não fossilizados, ocorreu na década de 2000. Posteriormente, outros, poucos, ocorreram na região. Assim, esta tese foi idealizada com base nos déficits de estudos sobre peixes, e consequentemente de conhecimento, da bacia do Rio Guareí. O objetivo principal deste trabalho foi investigar a composição, a distribuição, a ecologia, e avaliar aspectos sobre a conservação da ictiofauna da bacia do Rio Guareí. O **Capítulo 1** traz um levantamento — provavelmente o mais completo até agora — das espécies de peixes que foram encontradas no sistema. Foram capturadas um total de 50 espécies, a maioria nativa. Contudo, com base nos outros capítulos, a riqueza aumentou para 52 espécies; as quais foram inseridas em uma chave de identificação no Capítulo 1. No **Capítulo 2**, avaliou-se, sob abordagem espacial e funcional, a predação de piranhas sobre as espécies de peixes do Rio Guareí. Foram encontradas diferenças nas mutilações ao longo do corpo d'água. Além disso, peixes com os mais variados traços foram atacados. O **Capítulo 3**, assim como o anterior, tem como foco apenas o Rio Guareí. Foram amostrados três sítios e capturado um total de 19 táxons, considerando a identificação máxima (que foi de classe até espécie). Houve a captura de larvas de *Prochilodus lineatus* (migrador de longa distância), mas em baixas densidades — quando comparada com outros táxons. Por outro lado, não houve diferenças nas densidades de larvas e ovos ao longo do corpo d'água. Além disso, não foram obtidas diferenças na estrutura das larvas. Contudo, a análise da estrutura deve ser considerada com ressalva, basicamente porque foi realizada utilizando apenas famílias — dada as limitações na determinação de larvas ao nível de espécies. Ainda, são feitas avaliações sobre o papel do Rio Guareí na manutenção das populações, ou mesmo comunidades de peixes, do

reservatório de qual é tributário (i.e., Jurumirim). No **Capítulo 4**, registra-se o primeiro caso de albinismo para espécie *Cambeva guareiensis*. Por fim, o **Capítulo 5** traz relatos de organismos associados a peixes dos estudos anteriores. O conhecimento da ictiofauna da região, como aqui apresentado, tem implicações importantes para conservação e para realização de novos trabalhos científicos, de inúmeros escopos, na bacia do Rio Guareí.

ABSTRACT

The Guareí River basin is located within the Paranapanema system (upper Paraná), in São Paulo, southeastern Brazil. The first ichthyological study within its perimeter, considering non-fossilized fish, took place in the 2000s. Since then, a few others have been carried out in the region. Thus, this thesis was conceived based on the shortfalls of studies on fish and, consequently, of knowledge of the Guareí River basin. The main objective of the work was to investigate the composition, distribution, ecology, and to evaluate aspects of the conservation of the ichthyofauna from the Guareí River basin. **Chapter 1** provides a survey — probably the most complete up to now — of the species of fish found in the system. Collections resulted in a total of 50 species, most of them native. However, based on the other chapters, the richness increased to 52 species; these are included in an identification key in Chapter 1. In **Chapter 2**, using a spatial and functional approach, the predation of piranhas on fish species of the Guareí River is evaluated. Differences were found in mutilations along the waterbody. In addition, fish with the most varied traits were attacked. **Chapter 3**, as the previous one, focuses only on the Guareí River. Three sites were sampled and a total of 19 taxa were captured, considering the maximum level of identification (from class to species). Larvae of *Prochilodus lineatus* (long-distance migrator) were collected, but at low densities when compared to other taxa. No differences in the densities of larvae and eggs along the waterbody were found. In addition, no differences in the structure of larvae were obtained. However, the analysis of the structure must be considered tentative, basically because it was performed using only families given the limitations in determining larvae at the species level. In addition, evaluations were performed on the role of the Guareí River in maintaining the fish populations, or even communities, of the Jurumirim reservoir. In **Chapter 4**, the first case of albinism for *Cambeva guareiensis* is registered. Lastly,

Chapter 5 provides reports of organisms associated with fish of previous studies. The knowledge of the ichthyofauna of the region, as presented herein, has important implications for conservation and for carrying out new scientific works, of wide-ranging scope, in the Guareí River basin.

INTRODUÇÃO GERAL

O Rio Guareí (23°29'26.30"S, 48°28'40.44"W) é um tributário do alto Rio Paranapanema, no sudeste do território brasileiro (Fulan et al. 2012). Atualmente, contudo, sua foz (~ 23°28'32.93"S, 48°37'54.49"W) está sob influência das águas represadas pela hidrelétrica de Jurumirim (Leite et al. 2012). Em seu trajeto de mais de oitenta quilômetros (Leite et al. 2012), recebe dezenas de tributários os quais apresentam diferentes níveis hierárquicos em termos fluviais (*sensu* Strahler 1954); sendo a maioria de primeira e segunda ordem. Na sua bacia, existem algumas lagoas e poças marginais, muitas das quais se conectam, geralmente em períodos de chuvas fortes (especialmente em dezembro e janeiro), com o canal do Rio Guareí (Oliveira et al. 2012).

A bacia do Rio Guareí fornece muitos serviços ecossistêmicos (*sensu* Millennium Ecosystem Assessment 2005) para populações humanas que a habitam (i.e., áreas urbanas e rurais). Por exemplo, o principal fornecedor de recursos hídricos do município de Angatuba (São Paulo) é um afluente do Rio Guareí, conhecido localmente como “Ribeirão da Cachoeira”. Outros exemplos são os serviços relacionados à biodiversidade (e.g., pesca recreativa) e atividades de lazer (e.g., cachoeiras).

Atualmente, a bacia do Rio Guareí tem sido submetida a muitas perturbações humanas. Numerosos riachos afluentes do Rio Guareí tiveram trechos de sua mata ciliar removidos; provavelmente para facilitar o acesso e dessedentação de animais (i.e., bovinos). No Rio Guareí, dentre outros impactos observados, está também a poluição decorrente da agropecuária (Fulan & Henry 2013), aporte de plásticos (e.g., sacolas, garrafas), e efluentes de cidades. Essas ações, que estão presentes em ecossistemas aquáticos de outras regiões brasileiras (e.g., Martins et al. 2010; Andrade et al. 2019), podem estar gerando, em algum nível, efeitos prejudiciais diretos e/ou indiretos sobre os organismos aquáticos do Rio Guareí e corpos hídricos a jusante (e.g., Jurumirim).

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, foram observados moluscos (Bivalvia e Gastropoda), micro (Copepoda) e macrocrustáceos (*Macrobrachium* sp. e *Aegla* sp.), pássaros aquáticos, mamíferos (*Lontra* sp.), formas imaturas de anfíbios, dentre outros. Além disso, dentro da bacia do Rio Guareí existem muitos registros fósseis (Maranhão & Petri 1996). Deste modo, apesar deste trabalho abordar peixes, a região possibilita iniciar incontáveis estudos sobre outros organismos, aquáticos e terrestres.

Nas décadas recentes, alguns estudos sobre a biodiversidade da bacia, aqui se tratando de vários grupos, foram realizados (e.g., Cesar & Henry 2017; Fulan et al. 2012; Fulan & Henry 2013). Destes, somente quatro publicações são exclusivamente sobre a ictiofauna, incluindo levantamentos em poucos corpos d'água (Castro et al. 2003; Seabra et al. 2012), biologia de duas espécies (Azevedo-Santos et al. 2018), e descrição de um bagre (Katz & Costa 2020). Neste cenário, a bacia do Rio Guareí, em uma perspectiva sobre a riqueza e composição da sua ictiofauna, ainda precisa ser estudada. Além disso, outros aspectos ecológicos de suas espécies de peixes são desconhecidos. Por fim, o papel da bacia para a ictiofauna do reservatório de Jurumirim é pouco compreendido.

O objetivo principal deste trabalho foi investigar a composição, a distribuição, a ecologia, e aspectos sobre a conservação da ictiofauna da bacia do Rio Guareí. A presente tese deve ser vista como estudos integrados sobre os peixes da área de estudo. A seguir, apresenta-se brevemente o conteúdo de cada um dos capítulos contidos na tese.

No Capítulo 1, foi realizado um extenso levantamento dos peixes em diferentes regiões da bacia do Rio Guareí. Nele está contida uma chave de identificação; a qual foi elaborada com o intuito de facilitar e estimular novos estudos (e.g., ecológicos, biológicos) sobre a ictiofauna de riachos ou mesmo do canal principal do Rio Guareí.

O Capítulo 2 é voltado à ecologia. Nele são explorados aspectos sobre mutilações em peixes causadas por *Serrasalmus maculatus* (piranhas). Neste estudo, verificou-se a

existência de diferenças espaciais no número de indivíduos lesionados. Além disso, investigou-se a relação entre as mutilações com traços funcionais das espécies mutiladas.

No Capítulo 3 são apresentados aspectos reprodutivos dos peixes. Nele, descreve-se a distribuição do ictioplancton no canal principal, considerando o gradiente longitudinal, e sob uma perspectiva temporal. As relações dos componentes biológicos (i.e., ovos e larvas) com as variáveis ambientais (i.e., limnológicas) também são exploradas. Com base nos resultados obtidos, inferiu-se o papel do Rio Guareí na manutenção da ictiofauna do seu receptor, o reservatório de Jurumirim.

No Capítulo 4, registra-se um caso de albinismo em um trichomycterídeo do gênero *Cambeva* (Siluriformes; Trichomycteridae). Por sua vez, no Capítulo 5 são fornecidas informações sobre organismos associados a peixes da bacia do Rio Guareí.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M.C., WINEMILLER, K.O., BARBOSA, P.S., FORTUNATI, A., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A. & GIARRIZZO, T. 2019. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environ. Pollut.* 244, 766-773. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088>.
- AZEVEDO-SANTOS, V.M., BRAMBILLA, E.M., COELHO, P.N. & BRITTON, J.R. 2018. Length–weight relationships of two catfish species from the Guareí River basin, São Paulo, Brazil. *J. Appl. Ichthyol.* 34: 1019-1020. <https://doi.org/10.1111/jai.13648>.
- CASTRO, R.M.C., CASATTI, L., SANTOS, H.F., FERREIRA, K.M., RIBEIRO, A.C., BENINE, R.C., DARDIS, G.Z.P., MELO, A.L.A., STOPLIGLIA, R., ABREU, T.X., BOCKMANN, F.A., CARVALHO, M., GIBRAN, F.Z. & LIMA, F.C.T.

2003. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, Sudeste e Sul do Brasil. *Biota Neotrop.* 3(1): 1-14. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032003000100007>.
- CESAR, D.A.S. & HENRY, R. 2017. Is similar the distribution of Chironomidae (Diptera) and Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in a river and a lateral fluvial area? *Acta Limnol. Bras.* 29, e6. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X1217>.
- FULAN, J.A. HENRY, R. & DAVANSO, R. 2012. Os efeitos da ação antrópica sobre a distribuição de macroinvertebrados no Rio Guareí, São Paulo. *Estudos de Biologia*, 34: 51-56.
- FULAN, J.A. & HENRY, R. 2013. A comparative study of Odonata (Insecta) in aquatic ecosystems with distinct characteristics. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* 9: 589-604.
- KATZ, A.M. & COSTA, W.J.E.M. 2020. A new species of the catfish genus *Cambeva* from the Paranapanema river drainage, southeastern Brazil (Siluriformes: Trichomycteridae). *Trop. Zool.* 33: 2-13. <https://doi.org/10.4081/tz.2020.63>.
- LEITE, I., FOGAÇA, C.A., MATOS, D.R.M., FÉLIX, E.S., GOMES, K.F., OLIVEIRA, R.F. & HONÓRIO, R.K.A. 2012. A bacia de drenagem, a geomorfologia, os usos do solo, a cobertura vegetal, a precipitação e o canal fluvial do Rio Guareí. In: HENRY, R. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- MARANHÃO, M.S.A.S. & PETRI, S. 1996. Novas ocorrências de fósseis nas formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo e considerações preliminares sobre seus significados paleontológico e bioestratigráfico. *Rev. IG São Paulo* 17: 33-54. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19960002>.

- MARTINS, C.C., BRAUN, J.A.F., SEYFFERT, B.H., MACHADO, E.C. & FILLMANN, G. 2010. Anthropogenic organic matter inputs indicated by sedimentary fecal steroids in a large South American tropical estuary (Paranaguá estuarine system, Brazil). *Mar. Pollut. Bull.* 60: 2137-2143. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.027>.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- OLIVEIRA, M. A., SANTOS, A.M.V., SILVA, A.A.M., SANTOS, A.O., CIRIACO, C.A.T., MEDEIROS, E.R., POMPEU, F.C., RODRIGUES, J.M., DELGADO, P. F. O., PAULO, M.J.L., SUIBERTO, M.R., SILVA, C.V. (2012). As macrófitas aquáticas nas bordas do Rio Guareí e lagoas associadas: composição, biomassa e área de cobertura; decomposição e colonização por invertebrados aquáticos. In HENRY, R., org. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. São Paulo: Editora FUNDIBIO, pp. 79-98.
- SEABRA, S., PRADO, C.H.O.P., CAVALHEIRO, E.A., LEITE, G.O., COSTA, G.T., BASILE, J.P.V., JUNIOR, J.R.P., RODRIGUES, J., OLIVEIRA, L.P., FERREIRA, P.M., SOUTO, A.C., VIDOTTO-MAGNONI, A.P. & SILVA, C.V. 2012. Fauna associada às plantas aquáticas em ambientes lacustres marginais ao rio Guareí, pp. 99 - 115. In: HENRY, R. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- STRAHLER, A. N. 1954. Quantitative geomorphology of erosional landscapes, G.-R. 19th Intern. Geol. C//If., Algiers, 1952, sec. 13, pt. 3, pp. 341-354.

CAPÍTULO 1



CONHECENDO A BIODIVERSIDADE: PEIXES DA BACIA DO RIO GUAREÍ, SISTEMA DO ALTO RIO PARANÁ, SÃO PAULO, BRASIL



CONHECENDO A BIODIVERSIDADE: PEIXES DA BACIA DO RIO GUAREÍ, SISTEMA DO ALTO RIO PARANÁ, SÃO PAULO, BRASIL

RESUMO

A bacia do Rio Guareí é um tributário do Rio Paranapanema, na região a montante do reservatório de Jurumirim, no sistema do alto Rio Paraná. Os estudos ictiológicos dentro da sua área de drenagem começaram na década de 2000, mas se restringem a poucos corpos d'água. Neste trabalho, é apresentado os resultados de um estudo que acessou a ictiofauna de riachos tributários e do canal principal do Rio Guareí. Amostragens foram realizadas entre Fevereiro de 2017 e Novembro de 2018 em 36 trechos e utilizando diferentes metodologias de coleta. Foram capturados 2169 exemplares de 50 espécies, representando 16 famílias e seis ordens. Das espécies coletadas, 47 foram consideradas nativas e três não nativas (*Hyphessobrycon eques*, *Oreochromis niloticus*, e *Poecilia reticulata*). Dentre as espécies nativas, duas são desconhecidas da ciência, i.e. não descritas (*Bryconamericus* aff. *iheringii* e *Hypostomus* sp. n.), e três migradoras (*Leporinus friderici*, *Megaleporinus obtusidens*, e *Pimelodus maculatus*). Duas outras espécies (*Prochilodus lineatus* e *Hyphessobrycon anisitsi*) foram capturadas em outros trabalhos fora do período deste levantamento, elevando para 52 a riqueza conhecida para a bacia do Rio Guareí. A fim de facilitar novos trabalhos na região, uma chave de identificação das espécies é fornecida. Por ser uma bacia com foz disposta em um reservatório (i.e., Jurumirim) e por abrigar elevada riqueza de espécies, ações de conservação devem ser direcionadas ao Rio Guareí e seus afluentes.

PALAVRAS-CHAVE

Chave de identificação; espécies não descritas; inventário; peixes migradores; peixes não nativos; reservatório de Jurumirim; Rio Paranapanema.

INTRODUÇÃO

Não há dúvidas de que a ictiofauna de água doce do Brasil (> 3000 espécies conhecidas; ICMBio 2018) é mais rica do que a de qualquer outro país da América do Sul (e.g., Litz & Koerber 2014; Mirande & Koerber 2015; DoNascimento et al. 2017). Em partes, esse número relativamente alto de espécies pode ser atribuído ao fato de o país deter uma porção considerável da bacia Amazônica, região em que se encontra elevada parcela da ictiofauna do mundo (Dagosta & de Pinna 2019). Mas, além disso, o Brasil detém outros sistemas com enorme biodiversidade de peixes; este é o caso, por exemplo, do alto Rio Paraná (Langeani et al. 2007; Ota et al. 2018). Para essa última bacia, a estimativa quase no final dos anos 2000, mas que já deve ter sido superada, foi de mais de trezentas espécies; e dezenas desconhecidas (Langeani et al. 2007).

No último século, numerosos estudos, sobre composição, biologia, ecologia, taxonomia de peixes, dentre outros, foram realizados no alto Rio Paraná (e.g., Agostinho & Júlio-Jr. 1999; Britto & Carvalho 2006; Brandão et al. 2009; Dias & Tejerina-Garro 2010; Cionek et al. 2012; Santos et al. 2017; Frota et al. 2020); os quais possibilitaram conhecer a ictiofauna em muitas regiões do sistema. Contudo, novas coletas na bacia são imprescindíveis, e por diferentes razões. Por exemplo, a ocorrência de *Phenacorhamdia tenebrosa* (Schubart, 1964) no alto Rio Paraná já foi registrada por diversas vezes (e.g., Schubart 1964; Manoel & Uieda 2018; Cavalli et al. 2019; Vicentin et al. 2019), mas a sua distribuição real dentro do sistema é desconhecida. Outro aspecto é que muitas áreas do alto Rio Paraná são próximas a de outras bacias independentes, já isoladas (e.g., Rio Doce). Este cenário pode ter possibilitado “capturas de cabeceiras” (cf. Aquino & Colli 2017) no passado, o que resultou em uma fauna compartilhada entre as drenagens e que precisa ser conhecida. Mas o último ponto forte é que corpos d’água do alto Rio Paraná que ainda não foram amostrados, em especial os riachos (incluindo de cabeceiras), podem abrigar espécies desconhecidas da ciência (Langeani et al. 2007).

Além dos déficits de conhecimento sobre a ictiofauna, há uma série de ações, em geral justificadas pelas mais variadas necessidades humanas, que causaram e ainda causam impactos deletérios sobre rios da bacia do Rio Paraná (e.g., Orsi & Agostinho 1999; Agostinho et al. 2008; Júlio Júnior et al. 2009). Uma das atividades mais pervasivas no sistema, sem dúvidas, são as hidrelétricas (Agostinho et al. 2008; Pelicice et al. 2018). Por exemplo, em um dos seus afluentes de margem esquerda, o Rio Paranapanema, a regulação do fluxo ocorreu em diferentes porções; resultando em uma “cascata” de reservatórios (Pelicice et al. 2018). Como iniciativas de conservação dependem também de levantamentos de ictiofauna (Azevedo-Santos et al. 2019), estes trabalhos precisam ser intensificados em corpos hídricos da bacia do Rio Paranapanema.

O reservatório de Jurumirim, disposto na porção alta do Rio Paranapanema, foi alvo de diferentes estudos de fauna aquática (e.g., Panarelli et al. 2001; Sartori et al. 2009), incluído peixes (e.g., Castro et al. 2003a; Lima et al. 2018; Queiroz-Sousa et al. 2019). Kurchevski & Carvalho (2014), através de compilação de publicados, realizaram um levantamento da composição da ictiofauna da área sobre influência da barragem. Outros trabalhos (e.g., Seabra et al. 2012; Botelho et al. 2012; Lima et al. 2016; Nobile et al. 2019) trouxeram informações sobre os peixes da bacia de tributários do reservatório de Jurumirim, como, por exemplo, as dos rios Taquarí e Guareí.

O Rio Guareí tem sua foz localizada na região de confluência entre o Rio Paranapanema e reservatório de Jurumirim (Leite et al. 2012). Para sua bacia, foram publicados quatro trabalhos ictiológicos. Castro et al. (2003b; p. 7) amostraram a ictiofauna em um tributário de margem esquerda do Rio Guareí, mencionado pelos autores como “Córrego Poço dos Patos”. Posteriormente, Seabra et al. (2012), durante um projeto de extensão com alunos de escolas públicas do município de Angatuba (São Paulo, Brasil), realizaram um estudo sobre a ictiofauna associada às macrófitas de três

lagoas marginais e de um dos seus tributários. Azevedo-Santos et al. (2018) investigaram aspectos sobre a biologia populacional de duas espécies de bagres, e Katz & Costa (2020) descreveram uma espécie até então conhecida somente para a bacia. Apesar dos três estudos disponíveis, muitos riachos tributários, bem como o canal do Rio Guareí, precisam ter sua ictiofauna conhecida. A necessidade de novos estudos é reforçada pelo fato de a bacia ter sua foz em um reservatório de hidrelétrica.

Neste trabalho, é apresentado um levantamento dos peixes da bacia do Rio Guareí. Além disso, uma chave de identificação completa das espécies da região é fornecida.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Guareí drena diretamente para o Rio Paranapanema na zona a montante do reservatório de Jurumirim (Leite et al. 2012). Está inserida em uma região que tem sido considerado por muitos autores (e.g., Langeani et al. 2007) como “sistema do alto Rio Paraná”. A sua área de drenagem está totalmente situada no Estado de São Paulo (Brasil), e abrange os municípios de Guareí, no seu curso alto, e Angatuba, aproximadamente porção média e baixa estendendo-se até a sua foz (Fulan et al. 2012).

Estima-se que a região de drenagem tenha 70860 hectares (Leite et al. 2012). É possível observar que muitos riachos tiveram a sua vegetação total ou parcialmente extirpada. Este parece ser um problema antigo e que se estende para toda a bacia hidrográfica. Por exemplo, um estudo no final do século passado, mostrou que, naquela época, a bacia do Rio Guareí já era composta por pasto em sua maior parte (> 50%) e áreas com vegetação recuperadas (~11%) (Henry & Gouveia 1993).

METODOLOGIA

A amostragem da ictiofauna deste trabalho foi realizada entre fevereiro de 2017 e novembro de 2018 (Tabela 1). A captura de indivíduos foi autorizada pelo SISBio (número 57047). Foram amostrados o canal do Rio Guareí e mais de 20 riachos (Figura 1), totalizando 36 trechos ao longo da bacia. A coordenada de cada segmento amostrado foi obtida no ponto inicial de coleta. No próprio Rio Guareí e em alguns riachos (e.g., Ribeirão Grande, Ribeirão Guarda-Mor), mais de um trecho foi amostrado (Tabela 1).

As amostragens nos riachos foram realizadas com um puçá (com tela de nylon de $\sim 1,5$ mm), quando possível uma tarrafa de 7 mm (14 mm entre nós opostos), e duas redes de espera; uma com malha de 5 mm e outra de 10 mm (entre nós opostos). As amostragens com puçá ocorreram em trechos de 50 a 100 metros e eram sempre realizadas da jusante em direção a montante do corpo d'água (i.e., contra a correnteza). Nos riachos, as coletas foram feitas no período diurno. As amostragens no canal do Rio Guareí foram efetuadas utilizando-se redes de espera de malhas 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 100 mm (entre nós opostos), as quais foram armadas (esticadas) ao entardecer e removidas na manhã do dia seguinte (permanecendo na água por um total de ~ 12 horas). Também foi utilizada tarrafa de 7 mm, e por vezes um puçá ($\sim 1,5$ mm), que foi passado nas margens.

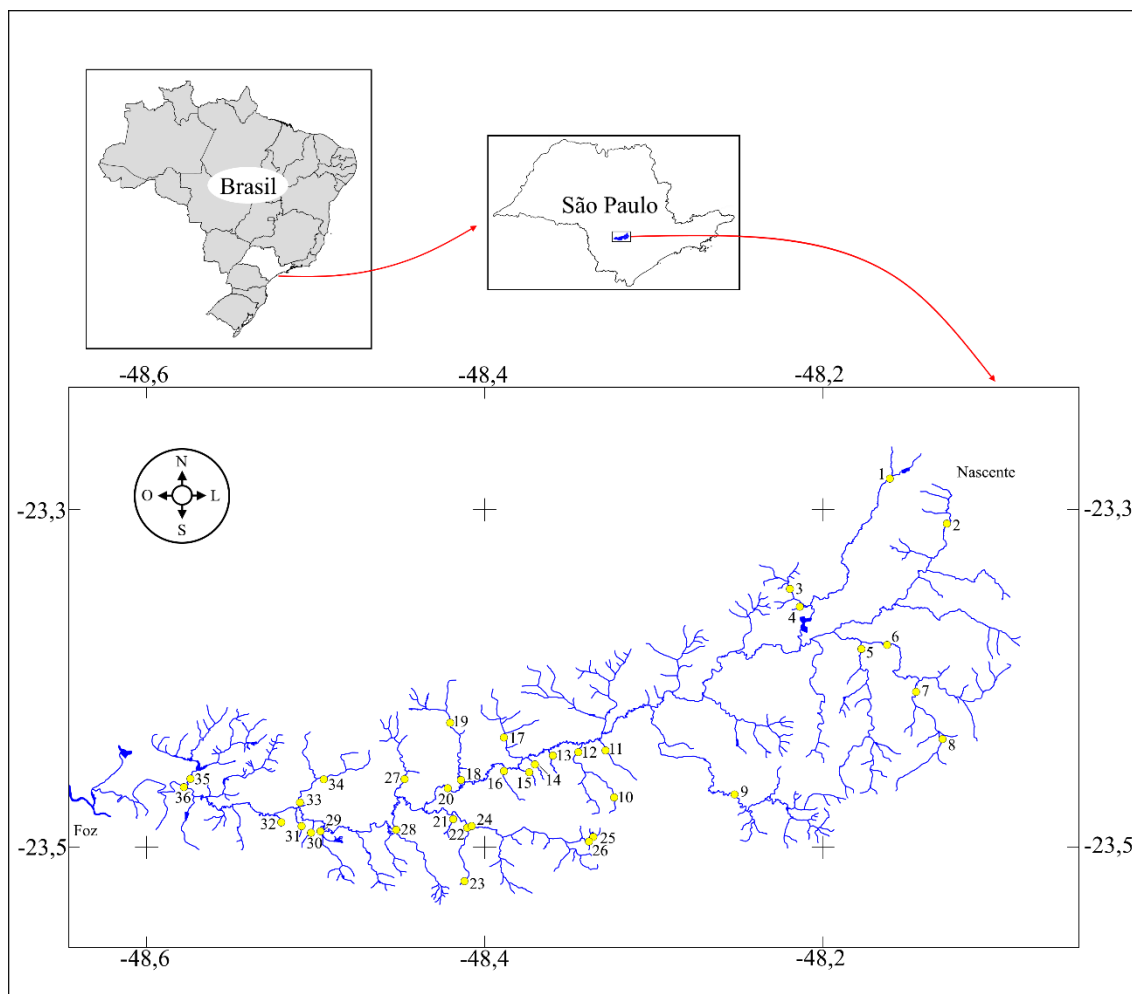


Figura 1. Mapa da bacia do Rio Guareí com a localização (círculos amarelos) dos trechos (1 a 36) amostrados. Construído no Software QGis (Sherman et al. 2012).

Ainda em campo, os peixes coletados foram sacrificados com solução de água com eugenol ou benzocaína e inseridos em solução de água com formol (concentração 10%). Vouchers foram preparados (limpados com água e transferidos para álcool 70%) e depositados nas coleções biológicas (ictiológicas) do DZSJRP, LBP, LIRP, MNRJ, NUP, UFRGS, UNT [a definição de cada uma das siglas pode ser encontrada em Sabaj Perez (2016)]. A classificação de cada espécie de peixe em sua respectiva família foi realizada com base em Fricke et al. (2019a); as quais, posteriormente, foram organizadas em sua respectiva ordem (táxon) com base em Fricke et al. (2019b).

A curva de rarefação da riqueza para a bacia do Rio Guareí foi calculada considerando a espécies capturadas nos 36 trechos amostrados (com base na Tabela S1 e Tabela S2). Análises e a figura de acumulação foram feitas totalmente no programa PRIMER 6 (Clarke & Warwick, 2001).

TABELA 1. Informações sobre os trechos amostrados em corpos d'água da bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

TRECHO	NOME DO CORPO D'ÁGUA	ORDEM (<i>sensu</i> Strahler 1954)	COORDENADAS	MUNICÍPIO	MÊS E ANO
1	Ribeirão da Areia Branca	2	23°16'54.11"S, 48° 9'37.59"W	Guareí	Agosto de 2017 e Maio de 2018
2	Ribeirão Guareí (?)	2	23°18'29.75"S, 48° 7'36.23"W	Guareí	Agosto de 2017 e Maio de 2018
3	Córrego Inholava	3	23°20'49"S, 48°13'10.3"W	Guareí	Março de 2017 e Maio 2018
4	Riacho de nome desconhecido	1	23°21'26.9"S, 48°12'49.3"W	Guareí	Março de 2017
5	Ribeirão Jacutinga da Boa Vista	3	23°22'56.8"S, 48°10'37.1"W	Guareí	Agosto e Dezembro de 2017
6	Ribeirão Guarda-Mor (jusante)	4	23°22'48.27"S, 48° 9'43.17"W	Guareí	Fevereiro, Agosto, e Dezembro de 2017
7	Ribeirão Guarda-Mor (curso médio)	3	23°24'28.41"S, 48° 8'41.84"W	Guareí	Fevereiro e Agosto de 2017
8	Ribeirão Guarda-Mor (montante)	2	23°26'9.17"S, 48° 7'45.42"W	Guareí	Agosto de 2017 e Maio de 2018
9	Ribeirão Grande 2	4	23°28'7.04"S, 48°15'8.24"W	Guareí-Angatuba	Agosto de 2017 e Maio de 2018
10	Córrego da Cachoeira do Martinho	1	23°28'13.47"S, 48°19'24.59"W	Angatuba	Junho de 2017 e Junho de 2018
11	Riacho de nome desconhecido	1	23°26'33.29"S, 48°19'42.93"W	Angatuba	Abril de 2017
12	Ribeirão do Durvalino	2	23°26'36.97"S, 48°20'40.80"W	Angatuba	Abril de 2017 e Maio de 2018

13	Riacho de nome desconhecido	1	23°26'44.26"S, 48°21'35.16"W	Angatuba	Abril de 2017 e Junho de 2018
14	Riacho de nome desconhecido	1	23°27'3.11"S, 48°22'13.19"W	Angatuba	Abril de 2017 e Maio de 2018
15	Riacho de nome desconhecido	1	23°27'20.00"S, 48°22'25.51"W	Angatuba	Abril de 2017 e Maio de 2018
16	Riacho de nome desconhecido	1	23°27'17.21"S, 48°23'19.17"W	Angatuba	Abril de 2017 e Junho de 2018
17	Ribeirão Corrente	2	23°26'05.7"S, 48°23'19.3"W	Angatuba	Março, Junho, e Setembro de 2017
18	Ribeirão da Cachoeira (abaixo da cachoeira)	2	23°27'36.28"S, 48°24'50.84"W	Angatuba	Agosto de 2017 e Novembro de 2018
19	Ribeirão da Cachoeira (acima da cachoeira)	2	23°25'34.39"S, 48°25'13.24"W	Angatuba	Fevereiro de 2017 e Setembro de 2017
20	Canal do Rio Guareí (curso médio)	-	23°27'53.90"S, 48°25'18.84"W	Angatuba	Fevereiro e Agosto de 2017 e Fevereiro, Maio, Junho e Novembro de 2018
21	Córrego da Esperança	2	23°28'59.80"S, 48°25'7.27"W	Angatuba	Fevereiro de 2017 e Junho de 2018
22	Córrego Catanduva (jusante)	3	23°29'18.12"S, 48°24'37.36"W	Angatuba	Fevereiro de 2017 e Maio de 2018
23	Córrego Catanduva (montante)	1	23°31'12.05"S, 48°24'43.48"W	Angatuba	Fevereiro de 2017 e Maio de 2018
24	Ribeirão Grande (curso médio)	3	23°29'15.2"S, 48°24'28.2"W	Angatuba	Abril de 2017 e Maio de 2018
25	Ribeirão Grande (montante)	3	23°29'37.65"S, 48°20'8.98"W	Angatuba	Fevereiro Abril e Junho de 2017 e Novembro de 2018
26	Riacho de nome desconhecido	2	23°29'47.51"S, 48°20'18.38"W	Angatuba	Fevereiro de 2017 e Maio de 2018

27	Ribeirão dos Libânios	3	23°27'34.4" S, 48°26'50.9" W	Angatuba	Fevereiro de 2017
28	Córrego Zacarias	3	23°29'21.8"S, 48°27'08.4"W	Angatuba	Abril de 2017 e Junho de 2018
29	Ribeirão da Barra	3	23°29'25.62"S, 48°29'49.69"W	Angatuba	Abril de 2017
30	Riacho de nome desconhecido	1	23°29'28.78"S, 48°30'9.95"W	Angatuba	Abril de 2017
31	Riacho de nome desconhecido	2	23°29'14.74"S, 48°30'30.15"W	Angatuba	Junho de 2017 e Maio de 2018
32	Riacho de nome desconhecido	1	23°29'6.57"S, 48°31'13.40"W	Angatuba	Junho de 2017 e Maio de 2018
33	Ribeirão do Cambuí	3	23°28'24.31"S, 48°30'33.54"W	Angatuba	Junho de 2017
34	Rio do Ribeiro	2	23°27'34.91"S, 48°29'42.72"W	Angatuba	Junho de 2017
35	Córrego do Aterrado	3	23°27'33.77"S, 48°34'26.71"W	Angatuba	Maio 2018
36	Canal do Rio Guareí (curso baixo)	-	23°27'51.57"S, 48°34'40.57"W	Angatuba	Junho 2017 e Janeiro, Fevereiro de 2018

RESULTADOS

Foi coletado um total de 2169 indivíduos, com representantes de 50 espécies na bacia do Rio Guareí (Tabela 2; e Figura 2 até Figura 6). A curva de rarefação para a área estudada não mostrou tendência de estabilização (Figura 7). Do total de espécies coletadas, foram encontrados, considerando toda a bacia, representantes de 6 ordens e 16 famílias de peixes. A ordem com maior riqueza, para toda área estudada, foi Characiformes, representada por 48% de todas as espécies coletadas (Figura 8). Characidae, com 24 % do total, destacou-se como família com elevada riqueza na bacia do Rio Guareí, a qual foi seguida por Loricariidae e posteriormente por Heptapteridae (Figura 9). Baixas riquezas de espécies por família foram encontradas em Erythrinidae, Serrasalminidae, Trichomycteridae e Synbranchidae, com 2 % em cada uma (Figura 9).

As riquezas encontradas nos trechos da bacia do Rio Guareí ficaram entre 1 a 25 espécies. Nos trechos 20 e 36, no canal do curso principal, foram capturadas 25 e 21 espécies, respectivamente. As abundâncias variaram entre um a 283 indivíduos nos sítios amostrados (Tabela S1 e Tabela S2).

Astyanax lacustris [Figura 3 (e) e Figura S1(d)], um caracídeo, foi encontrada em mais da metade dos trechos amostrados, em 21 dos 36. Outras espécies com ampla distribuição foram *A. fasciatus*, encontrada em 19 trechos, e *Imparfinis mirini*, em 16. Mais de 10 espécies, incluindo nativas e não nativas, foram encontradas em apenas um dos trechos amostrados na bacia do Rio Guareí (e.g., *Hyphessobrycon eques*, *Hypostomus tietensis*). Apesar de ter sido coletada em menos trechos, *Phalloceros harpagos* apresentou uma abundância considerável, 253 indivíduos (Tabela 2). Quatro espécies (i.e., *Leporinus friderici*, *Leporinus striatus*, *Pimelodella gracilis*, *Synbranchus marmoratus*) tiveram baixo número de indivíduos, com apenas um cada.

Três espécies coletadas (i.e., *Hyphessobrycon eques*, *Oreochromis niloticus* e *Poecilia reticulata*), são aqui consideradas não nativas na bacia do Rio Guareí. Não foi possível determinar se *Gymnotus pantanal* foi introduzida ou é nativa da área de estudo, então sua ocorrência foi considerada “indeterminada”. Os indivíduos de *H. eques* foram coletados no trecho 32, os de *O. niloticus* no 29 — em um riacho disposto em sua totalidade na zona rural —, e os de *P. reticulata* em 21 e 22, ambos no perímetro urbano do município de Angatuba. As abundâncias variaram para essas espécies; por exemplo, apenas *P. reticulata*, foi coletado um total de 78 indivíduos (cf. Tabela 2).

Durante as coletas, foi destaque também a presença de duas espécies não descritas, uma da ordem Siluriformes e uma de Characiformes (*Bryconamericus* aff. *iheringii*, *Hypostomus* sp. n.). De ambas, a com distribuição mais ampla foi *B. aff. iheringii*, encontrada em 12 trechos. *Hypostomus* sp. n. foi coletada apenas no canal do Rio Guareí (nos dois trechos amostrados) e em um tributário (Tabela S1 e Tabela S2).

TABELA 2. Espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí, Brasil.

ESPÉCIE	ABUNDÂNCIA	OCORRÊNCIA	VOUCHER
CHARACIFORMES			
Crenuchidae			
<i>Characidium gomesi</i> Travassos 1956	90	Nativa	MNRJ 50435
<i>Characidium zebra</i> Eigenmann 1909	7	Nativa	LBP 29211
Erythrinidae			
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	15	Nativa	LBP 29218
Parodontidae			
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner 1879)	12	Nativa	LBP 29223
<i>Parodon nasus</i> Kner 1859	10	Nativa	LBP 29231
Serrasalminidae			
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner 1858	6	Nativa	LBP 29230
Anostomidae			
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch 1794)	1	Nativa	DZSJRP 22777
<i>Leporinus striatus</i> Kner 1858	1	Nativa	LBP 29220
<i>Megaleporinus obtusidens</i> (Valenciennes 1837)	2	Nativa	LBP 29222

<i>Schizodon nasutus</i> Kner 1858	21	Nativa	LBP 29214
Curimatidae			
<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez 1948)	56	Nativa	LBP 29228
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez 1948)	33	Nativa	LBP 29221
Characidae			
<i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro 2007	97	Nativa	DZSJRP 22747
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	166	Nativa	DZSJRP 22754
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken 1875)	221	Nativa	DZSJRP 22817
<i>Astyanax</i> cf. <i>paranae</i> Eigenmann 1914	12	Nativa	DZSJRP 22757
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger 1887)	148	Nativa	DZSJRP 22812
‘ <i>Cheirodon</i> ’ <i>stenodon</i> Eigenmann 1915	23	Nativa	UFRGS 28084
<i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)	8	Nativa	LBP 29229
<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner 1882)	3	Não Nativa	LBP 29219
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry 1983	6	Nativa	DZSJRP 22816
<i>Piabarchus</i> cf. <i>stramineus</i> (Eigenmann 1908)	24	Nativa	DZSJRP 22779
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt 1867	11	Nativa	DZSJRP 22838
<i>Serrapinnus notomelas</i> (Eigenmann 1915)	100	Nativa	DZSJRP 22756
GYMNOTIFORMES			
Gymnotidae			
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	6	Nativa	LBP 29209
<i>Gymnotus pantanal</i> Fernandes, Albert, Daniel-Silva, Lopes, Crampton & Almeida-Toledo 2005	5	Indeterminada	LBP 29210
SILURIFORMES			
Trichomycteridae			
<i>Cambeva guareiensis</i> Katz & Costa 2020	71	Nativa	DZSJRP 22781
Callichthyidae			
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus 1758)	12	Nativa	LBP 29216
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	5	Nativa	LBP 29215
Loricariidae			
<i>Hisonotus depressicauda</i> (Miranda Ribeiro 1918)	26	Nativa	DZSJRP 22749
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering 1911)	26	Nativa	NUP 22311
<i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	62	Nativa	LBP 29213
<i>Hypostomus</i> sp. n.	57	Nativa	NUP 22310
<i>Hypostomus tietensis</i> (Ihering 1905)	2	Nativa	LBP 29212
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan 1908)	63	Nativa	NUP 22312
<i>Rineloricaria pentamaculata</i> Langeani & de Araujo	7	Nativa	DZSJRP 22834

Heptapteridae

<i>Imparfinis borodini</i> Mees & Cala 1989	9	Nativa	DZSJRP 22741
<i>Imparfinis mirini</i> Haseman 1911	111	Nativa	LIRP 14330
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i> (Schubart 1964)	35	Nativa	DZSJRP 22752
<i>Pimelodella avanhandavae</i> Eigenmann 1917	37	Nativa	LBP 29226
<i>Pimelodella gracilis</i> (Valenciennes 1835)	1	Nativa	LIRP 14328
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824)	9	Nativa	DZSJRP 22751

Pimelodidae

<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken 1874)	4	Nativa	LBP 29225
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacépède 1803	7	Nativa	LBP 29224

SYNBRANCHIFORMES

Synbranchidae

<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	1	Nativa	DZSJRP 22827
--	---	--------	--------------

CICHLIFORMES

Cichlidae

<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard 1824)	60	Nativa	DZSJRP 22789
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)	20	Não-Nativa	LBP 29217

CYPRINODONTIFORMES

Poeciliidae

<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda 2008	253	Nativa	UNT 016904
<i>Phalloceros reisi</i> Lucinda 2008	129	Nativa	UNT 16404
<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859	78	Não-Nativa	DZSJRP 22765

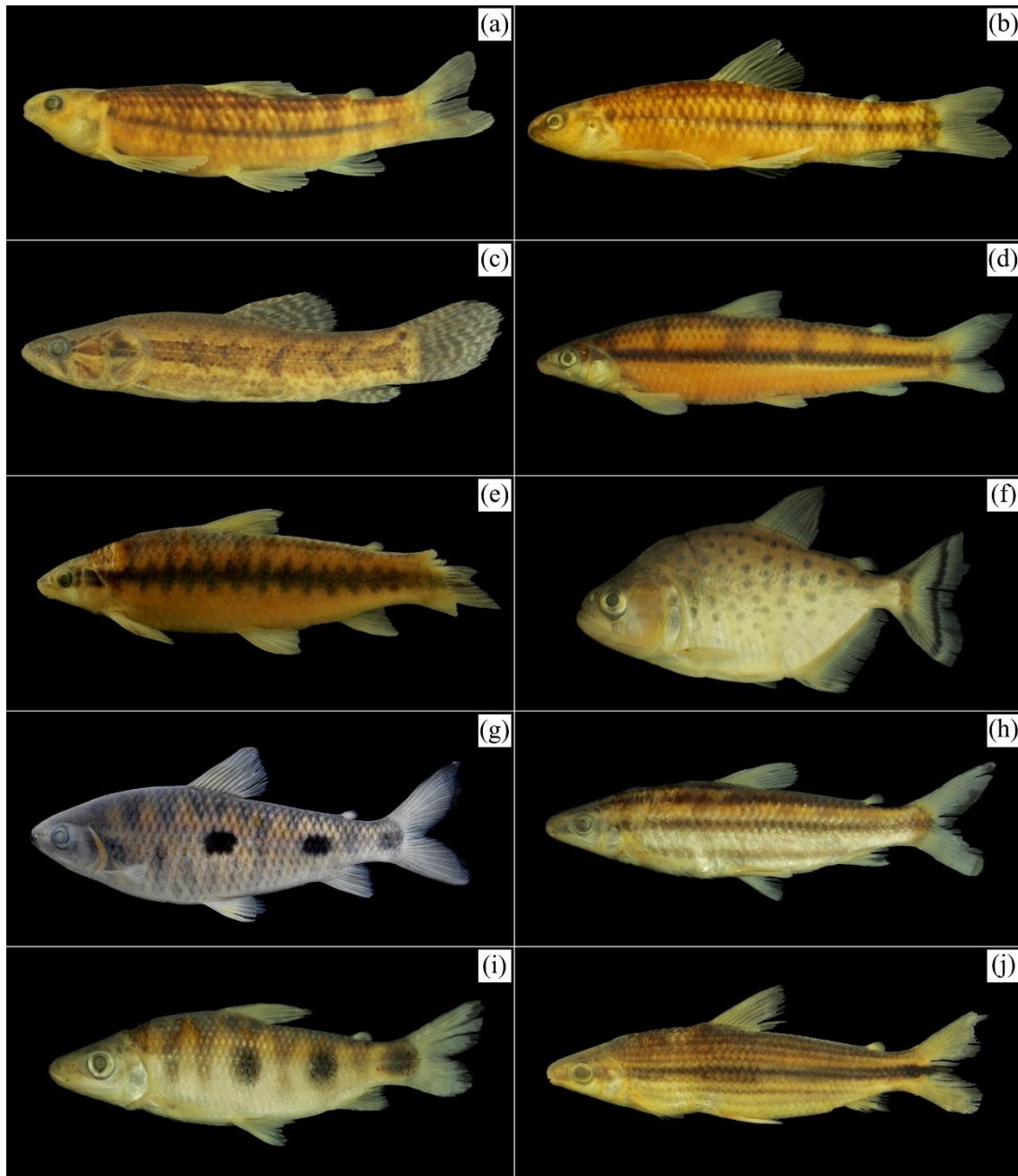


FIGURA 2. Indivíduos de espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Characidium gomesi*, 51,5 mm CP; (b) *Characidium zebra*, 64,8 mm CP; (c) *Hoplias malabaricus*, 93,5 mm CP; (d) *Apareiodon affinis*, 89,7 mm CP; (e) *Parodon nasus*, 91,3 mm CP; (f) *Serrasalmus maculatus*, 86, 7 mm CP; (g) *Leporinus friderici*, 144,9 mm CP; (h) *Leporinus striatus*, 87,1 mm CP; (i) *Megaleporinus obtusidens*, 86,2 mm CP; (j) *Schizodon nasutus*, 137,2 mm CP.

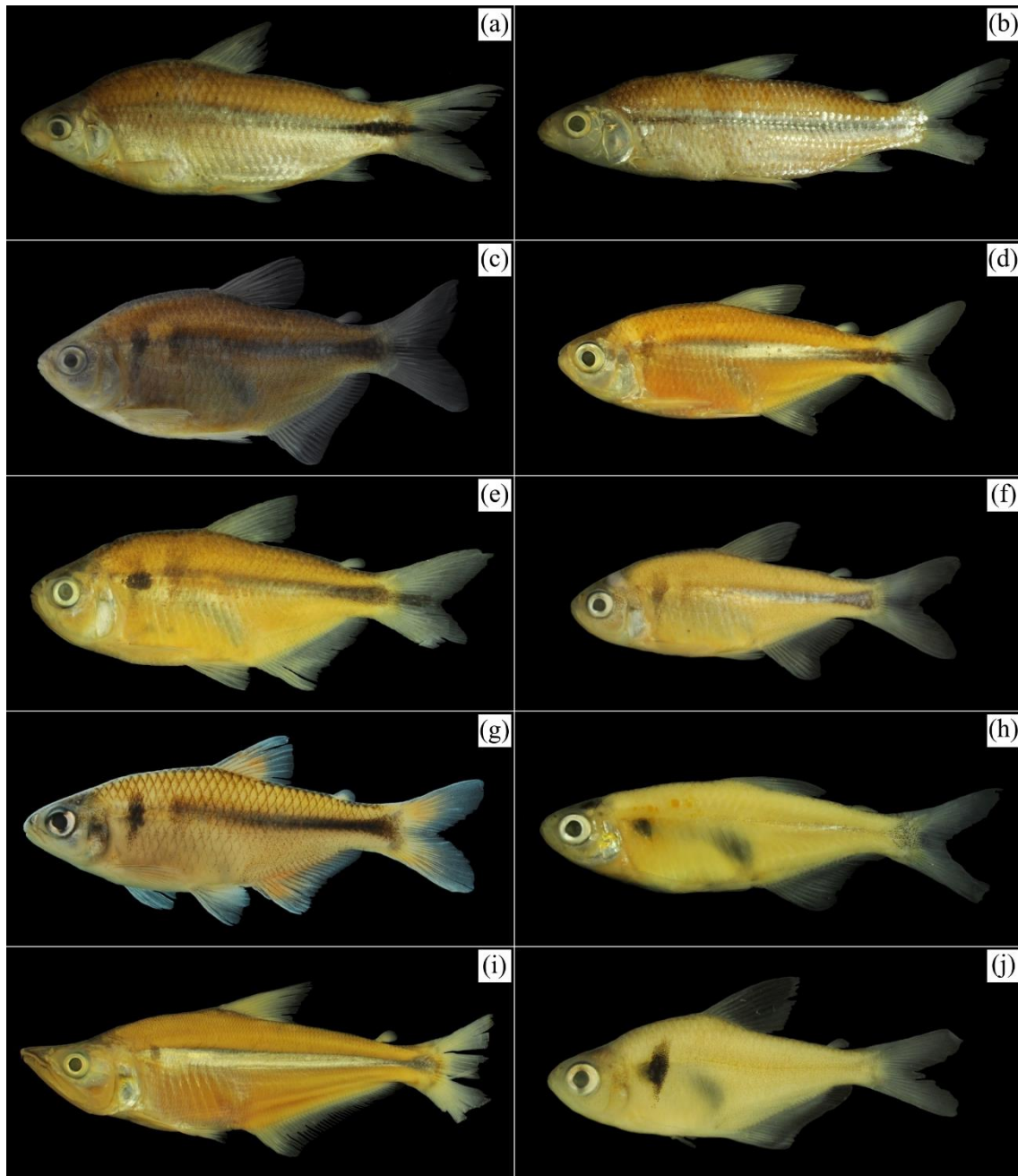


FIGURA 3. Indivíduos de espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Cyphocharax modestus*, 96,4 mm CP; (b) *Steindachnerina insculpta*, 67,9 mm CP; (c) *Astyanax bockmanni*, 59,8 mm CP; (d) *Astyanax fasciatus*, 63,1 mm CP; (e) *Astyanax lacustris*, 64,3 mm CP; (f) *Astyanax cf. paranae*, 38,1 mm CF; (g) *Bryconamericus* aff. *iheringii*, 49,1 mm CP; (h) '*Cheirodon*' *stenodon*, 29,1 mm CP; (i) *Galeocharax gulo*, 167,9 mm CP; (j) *Hyphessobrycon eques*, 22,1 mm CP.

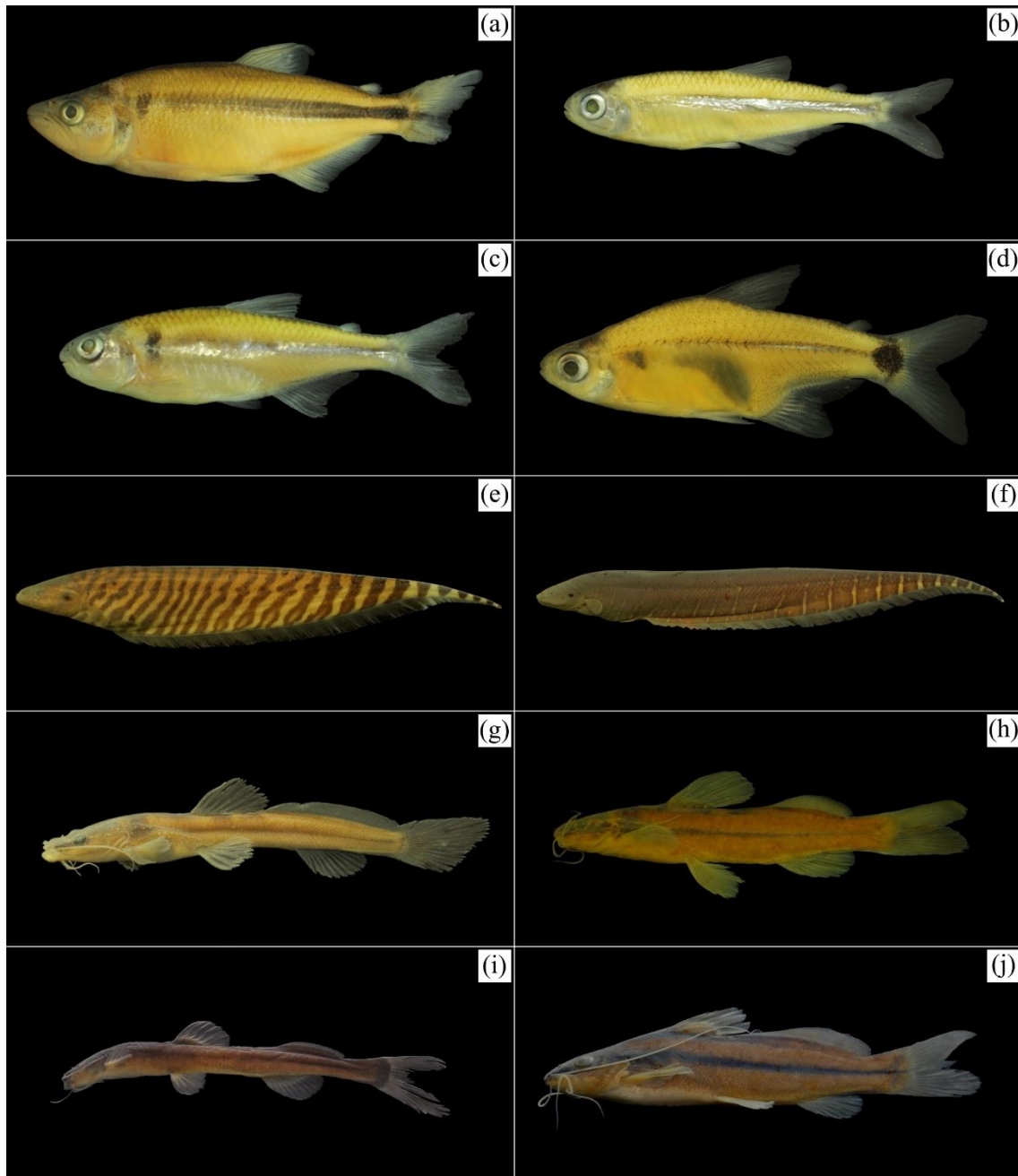


FIGURA 4. Indivíduos de espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Oligosarcus paranensis*, 144,3 mm CP; (b) *Piabarchus* cf. *stramineus*, 48,1 mm CP; (c) *Piabina argentea*, 58,2 mm CP; (d) *Serrapinnus notomelas*, 29,5 mm CP; (e) *Gymnotus carapo*, 108,6 mm CT; (f) *Gymnotus pantanal* 197,2 mm CT; (g) *Imparfinis borodini*, 32,8 mm CP; (h) *Imparfinis mirini*, 60,2 mm CP; (i) *Phenacorhamdia tenebrosa*, 80,1 mm SL; (j) *Pimelodella avanhandavae*, 83,7 mm CP.

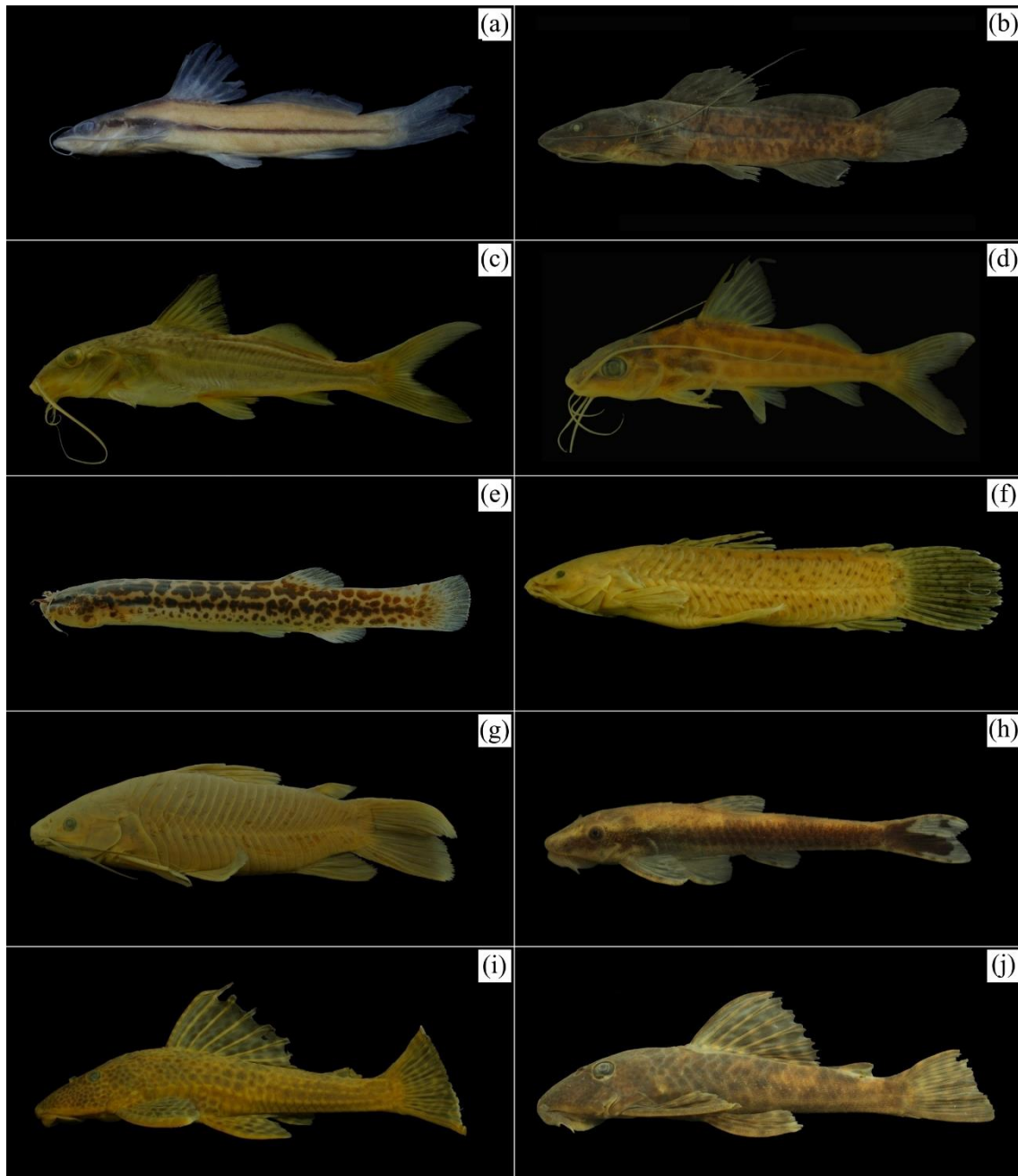


FIGURA 5. Indivíduos de espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Pimelodella gracilis* 60,1 mm CP; (b) *Rhamdia quelen*, 47,6 mm CP; (c) *Iheringichthys labrosus*, 101,8 mm CP; (d) *Pimelodus maculatus*, 81,9 mm CP; (e) *Cambeva guareiensis*, 55,4 mm CP; (f) *Callichthys callichthys*, 56,5 mm CP; (g) *Hoplosternum littorale*, 100,8 mm CP; (h) *Hisonotus depressicauda*, 34,8 mm CP; (i) *Hypostomus ancistroides*, 141,4 mm CP; (j) *Hypostomus iheringi*, 93,7 mm CP.

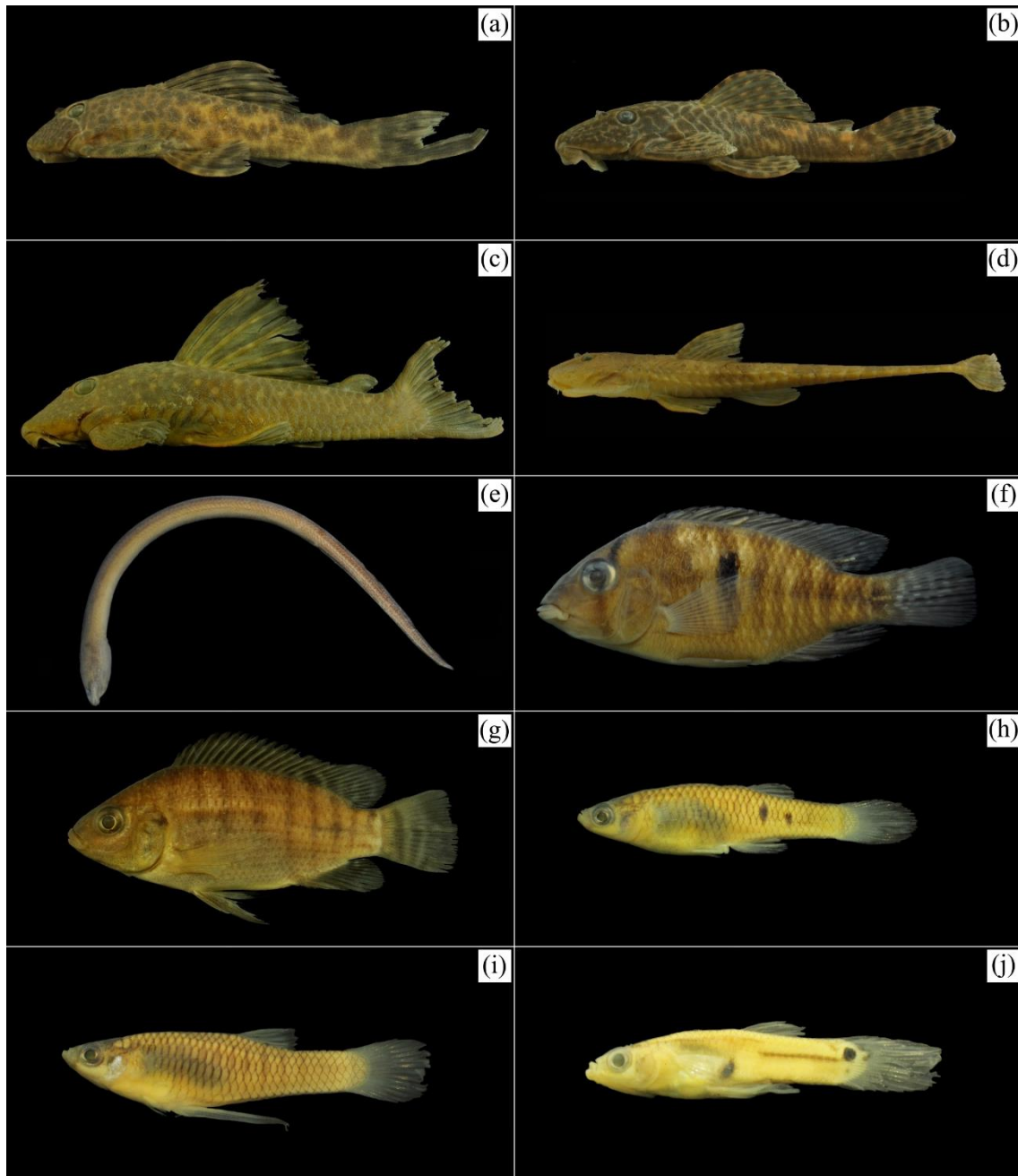


FIGURA 6. Indivíduos de espécies (Actinopterygii) coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Hypostomus* sp. n., 81,3 mm CP; (b) *Hypostomus tietensis*, 81,5 mm CP; (c) *Hypostomus strigaticeps*, 129,4 mm CP; (d) *Rineloricaria pentamaculata*, 145,3 mm CP; (e) *Synbranchus marmoratus*, 131,7 mm CT; (f) *Geophagus brasiliensis*, 58,7 mm CP; (g) *Oreochromis niloticus*, 64,4 mm CP; (h) *Phalloceros harpagos*, 24,5 mm CP; *Phalloceros reisi*, 25,4 mm CP; *Poecilia reticulata*, 16,4 mm CP.

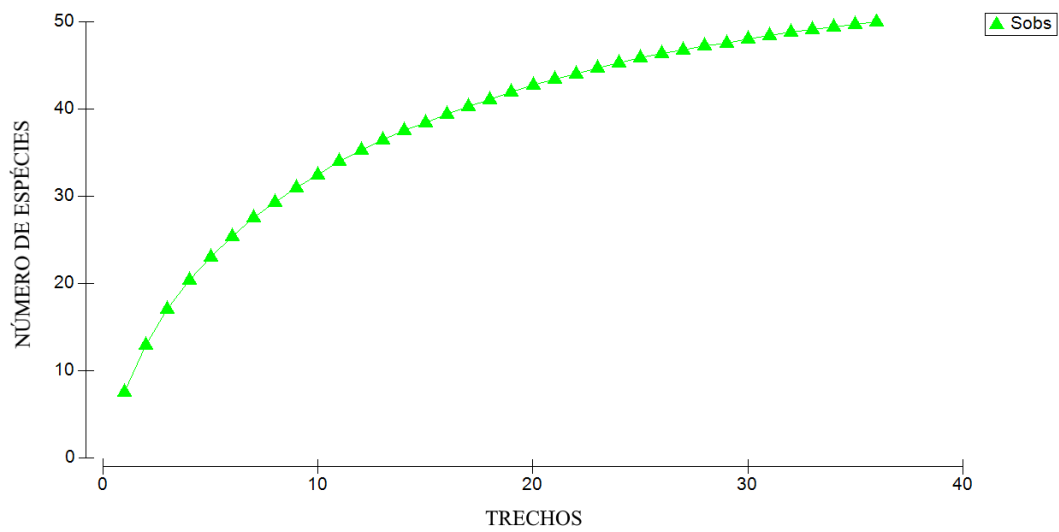


FIGURA 7. Curva de rarefação da riqueza de espécies (nativas, não determinada, e não nativas) da bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

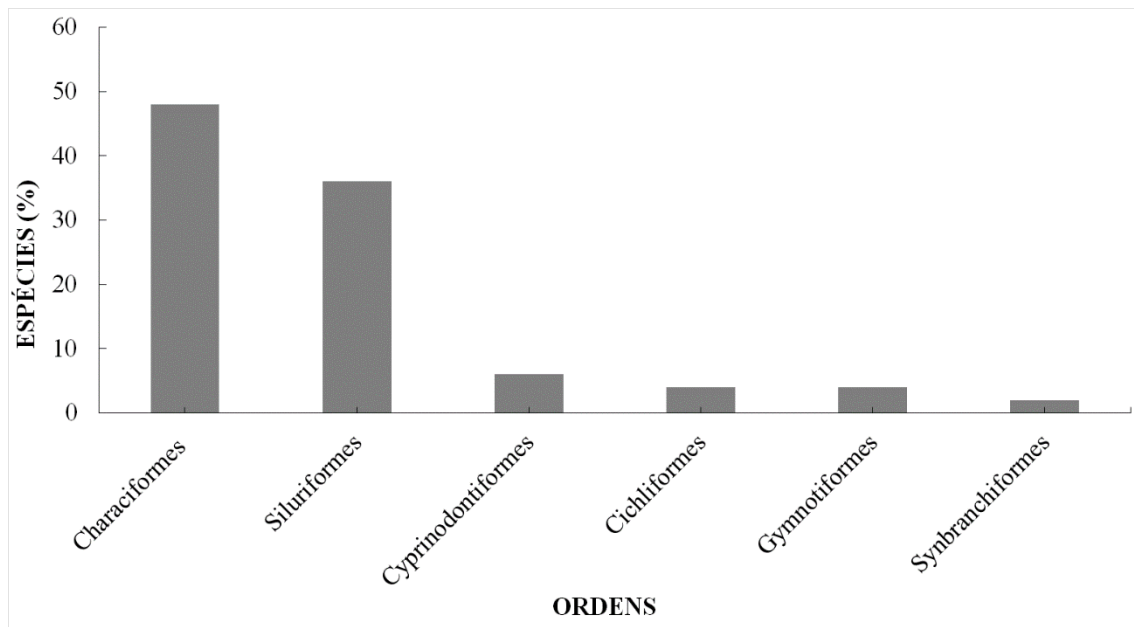


FIGURA 8. Riqueza de espécies (%) em cada uma das seis ordens encontradas na bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

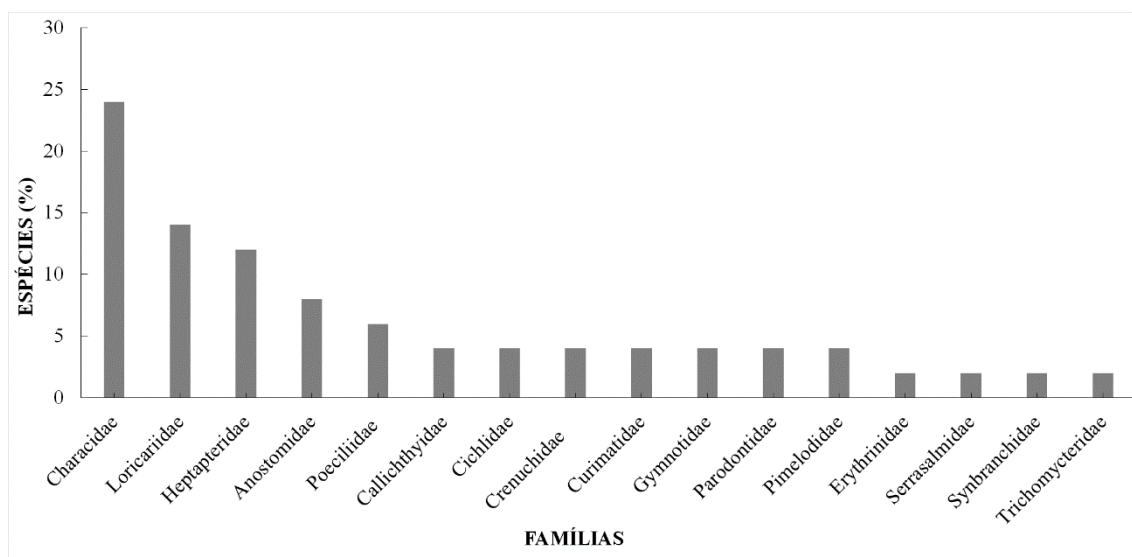


FIGURA 9. Riqueza de espécies (%) em cada uma das 16 famílias encontradas na bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

DISCUSSÃO

Neste estudo, foram encontradas um total de 50 espécies na bacia do Rio Guareí. Contudo, a curva não se estabilizou (Figura 7), o que sugere a existência de outras não capturadas para região. Considerando as estimativas mais recentes de Jarduli et al. (2020), a bacia do Rio Guareí detém ~22 % de toda a riqueza registrada para a área de drenagem do Rio Paranapanema. Quando consideramos o trabalho de Langeani et al. (2007), a área aqui estudada abriga ~16 % do total de espécies que é encontrada em todo o sistema do alto Rio Paraná. Por ser relativamente pequena (~70, 9 mil ha.; Leite et al. 2012), a bacia do Rio Guareí apresenta uma riqueza de espécies muito expressiva.

A riqueza específica aqui encontrada (50 espécies) foi próxima da inventariada para todo o reservatório de Jurumirim (no Rio Paranapanema); onde se localiza a foz da bacia do Rio Guareí. Kurchevski & Carvalho (2014), em sua compilação de trabalhos,

registraram um total de 58 espécies na área de Jurumirim. Quando se leva em consideração apenas composição, contudo, das espécies listadas por Kurchevski & Carvalho (2014) pouco mais de 25% foram encontradas na bacia do Rio Guareí.

Characiformes e Siluriformes representaram 84% das espécies coletadas, sendo as duas ordens com maior riqueza na bacia do Rio Guareí. Jarduli et al. (2020) mostraram que essas ordens correspondem a pouco mais de 70 % das espécies da bacia do Rio Paranapanema. Na bacia do Rio Guareí, contudo, Characiformes apresentou maior número de espécies que Siluriformes, um padrão inverso do que se conhece atualmente para a bacia do Rio Paranapanema (Jarduli et al. 2020). Apesar disso, a explicação provável é que a distribuição dos representantes dessas duas ordens é variável em pequenas bacias (e.g., Rio Guareí) que drenam para o Rio Paranapanema.

As famílias com maiores riquezas na bacia do Rio Guareí foram Characidae, com 24 %, e Loricariidae, com 14% do total de espécies capturadas. Cetra et al. (2016), estudando riachos da porção alta da bacia do Paranapanema, encontraram maiores riquezas nessas famílias, sendo ambas com ~ 41% do total das espécies. Para a bacia do Rio Paranapanema, Jarduli et al. (2020) mostraram que ambas são as famílias mais ricas, e juntas detêm 32 % das espécies conhecidas da bacia do Rio Paranapanema.

Hyphessobrycon eques foi considerada nativa no alto Rio Paraná (Langeani et al. 2007). Na bacia do Rio Paranapanema, contudo, muitos autores (e.g., Vidotto-Magnoni et al. 2015; Pelicice et al. 2018) assinalam essa espécie como não nativa. Pelo fato da bacia do Rio Guareí integrar a do Rio Paranapanema, a espécie foi considerada aqui como não nativa.

A maioria das espécies capturadas neste trabalho são nativas da bacia do Rio Guareí, com a exceção de *H. eques* (veja parágrafo acima), *Oreochromis niloticus*, *Poecilia reticulata*. Castro et al. (2003b), em seu trabalho, já haviam registrado *O.*

niloticus na bacia do Rio Guareí. Enquanto as vias de introdução de *H. eques* são desconhecidas para a área deste estudo, as de *O. niloticus* e *P. reticulata* são aqui sugeridas. Assim como já foi verificado na própria bacia do Rio Paranapanema (Orsi & Agostinho 1999; Casimiro et al. 2018), possivelmente a presença de *O. niloticus* na área de estudo foi resultado de escapes de tanques escavados; os quais estão presentes a montante do riacho que a espécie foi coletada. Por outro lado, *Poecilia reticulata* é uma espécie agora amplamente disseminada no sudeste brasileiro (Dias et al. 2020); inclusive no alto Rio Paraná, onde foi introduzida como consequência de controle de insetos (Langeani et al. 2007). Neste estudo, os indivíduos de *P. reticulata* foram capturados em trechos dentro da cidade de Angatuba. Acredita-se que a sua introdução nos riachos da bacia do Rio Guareí esteja relacionada à tentativa de controle biológico de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), como tem sido verificado para outras regiões.

Gymnotus pantanal, uma das espécies aqui coletadas, foi descrita por Fernandes et al. (2005), os quais mostraram a sua ocorrência na porção baixa do Rio Paraná, na bacia do Rio Prata, e em um tributário da bacia Amazônica. Posteriormente, Langeani et al. (2007) consideraram que essa espécie é natural também do alto Rio Paraná. Contudo, subsequentemente, Júlio Júnior et al. (2009) ponderaram que a distribuição de *G. pantanal* no alto curso do Rio Paraná seria consequência da barragem de Itaipu; a qual, quando foi construída, levou à inundação de uma região de cachoeiras que servia de barreira entre o baixo e alto Rio Paraná (*sensu* Langeani et al. 2007; cf. também Vitule et al. 2011). Mais recentemente, afirmou-se que a espécie foi introduzida na bacia do Rio Paranapanema devido a inundação de sete quedas e por atividades de pesca (Jarduli et al. 2020). Neste estudo, a espécie foi capturada em riachos tributários e no canal do Rio Guareí. É difícil afirmar que a ocorrência da espécie na drenagem aqui estudada possa estar associada à inundação de Sete Quedas, dada a distância e a quantidade de barragens

ao longo do Rio Paranapanema (cf. Pelicice et al. 2018); as quais, muitas construídas antes de Itaipu (e.g., Jurumirim), devem ter servido de barreira para a espécie. Além disso, apesar de ser uma prática que resulta em introduções (e.g., Daga et al. 2016; Pereira & Vitule 2019), a pesca esportiva não parece ser a consequência da ocorrência de *G. pantanal*. Neste caso, seria necessário eventos repetidos de introdução no Rio Guareí ou região do alto Paranapanema, o que parece improvável. Dado o histórico exposto, não foi possível definir o ‘status’ (i.e., nativa ou não nativa) da espécie na bacia do Rio Guareí.

Nas coletas no Rio Guareí foram capturados *Leporinus friderici*, *Megaleporinus obtusidens*, e *Pimelodus maculatus*, três espécies “migradoras” (Vazzoler, 1996: p. 97) e de interesse para atividade pesqueira e provisão de sustento dos pescadores na região de Angatuba (Novaes & Carvalho 2009) e, provavelmente, de muitas outras cidades ao longo do Rio Paranapanema. É provável que outros migradores ocorram no Rio Guareí, seja todo o ano ou sazonalmente (i.e., em períodos reprodutivos); mas possivelmente devido à seletividade ou à incipiência na frequência das coletas elas não foram capturadas.

Lucinda (2008), ao propor *Phalloceros reisi*, não assinalou a sua ocorrência para a bacia do Rio Paranapanema. Provavelmente o primeiro registro foi feito por Cetra et al. (2012) em riachos de cabeceira da área de drenagem. Posteriormente, outros autores também relataram a espécie em diferentes corpos d’água da bacia do Rio Paranapanema (Cerqueira et al. 2016; Cetra et al. 2016). Neste trabalho, *P. reisi* foi encontrado em 12 trechos (~33 %), resultado que amplia consideravelmente a sua distribuição para a bacia do Rio Paranapanema.

Bryconamericus aff. iheringii e *Hypostomus* sp. n. — duas espécies não descritas — já haviam sido capturadas em áreas próximas da bacia do Rio Guareí. No seu trabalho, Kurchevski & Carvalho (2014) mencionaram a ocorrência de *H. cf. paulinus* (pela foto dos autores provavelmente *Hypostomus* sp. n.) e *Bryconamericus iheringii* para o

reservatório de Jurumirim. *Cambeva guareiensis*, recentemente descrita, é conhecida somente de riachos da bacia do Rio Guareí (Katz & Costa 2020; este trabalho). Não se descarta que a espécie tenha uma distribuição fora da área aqui estudada, assim como foi verificado para outros táxons do gênero (e.g., *Cambeva diabolus* Bockmann, Casatti, de Pinna 2004) que tinham distribuição restrita (e.g., Bockmann et al. 2004), mas que novas amostragens revelaram a sua ocorrência em outras regiões (cf. Cetra et al. 2016).

Algumas espécies ficaram com a identificação incerta. *Astyanax* cf. *paranae* integra o grupo complexo *Astyanax scabripinnis*, que apresenta formas morfológicamente muito semelhantes entre si (Bertaco & Lucena 2006), algumas sabidamente não descritas (Azevedo-Santos et al. 2019). Até uma melhor definição de *A. paranae* Eigenmann, 1914, preferiu-se atribuir cf. (conferir) a forma capturada na bacia do Rio Guareí. Por outro lado, *Piabarchus* cf. *stramineus* não apresenta nenhum vestígio de cromatóforos na região do úmero, como relatado por Eigenmann (1908) na descrição da espécie. Como não foi possível saber se esse caráter representa variação morfológica de indivíduos da espécie, optou-se por tratar a sua identificação como incerta.

Dois outros peixes, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) e *Hyphessobrycon anisitsi* (Eigenmann, 1907), ocorrem no canal principal do Rio Guareí (Capítulo 2 e Capítulo 3). Assim, são conhecidas para toda a bacia hidrográfica 52 espécies.

CONCLUSÃO

Aqui apresentamos o levantamento mais abrangente da ictiofauna da bacia do Rio Guareí. Foram encontradas 50 espécies, o que inclui aquelas desconhecidas para ciência e migradores de valor comercial. Além disso, há a ocorrência de três espécies não nativas, as quais ainda são restritas a poucos corpos d'água da bacia. A riqueza da ictiofauna encontrada é relativamente elevada, e provavelmente é maior — uma vez que a curva de

rarefação não atingiu a estabilização. Além disso, sabe-se da ocorrência de *Prochilodus lineatus* e *Hyphessobrycon anisitsi* no canal do curso principal, o que elava para 52 o número de espécies conhecidas na área de drenagem. Por ser uma bacia com foz direta para o reservatório de Jurumirim, e por abrigar elevada riqueza em um contexto regional, ações de conservação devem ser direcionadas para a bacia do Rio Guareí.

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO

1. α . Possui nadadeira dorsal.....4
1. β . Não possui nadadeira dorsal.....2
2. α . Possui nadadeira anal; e com mais de 50 raios.....3
2. β . Não possui nadadeira anal; corpo cilindriforme.....***Synbranchus marmoratus***
3. α . Corpo com faixas hialinas (transversais) que vão desde a região ventral até o dorso.....***Gymnotus carapo***
3. β . Corpo com faixas hialinas (transversais) finas ou muito tênues; a maioria, principalmente as próximas a cabeça, não atingindo o dorso.....***Gymnotus pantanal***
4. α . Não possui nadadeira adiposa.....5
4. β . Possui nadadeira adiposa.....13
- 5 α . Nadadeira dorsal possuindo menos de 18 raios (ramificados e não ramificados).....7
- 5 β . Nadadeira dorsal possuindo mais de 18 raios (ramificados e não ramificados).....6
- 6 α . Possui uma faixa preta transversal sobre a face.....***Geophagus brasiliensis***
- 6 β . Não possui uma faixa preta transversal sobre a face.....***Oreochromis niloticus***
- 7 α . Corpo escamoso ou coberto por pele; mas nunca placas.....9
- 7 β . Corpo recoberto por placas ossificadas e justapostas.....8
8. α . Corpo bem achatado; possui filamento na cauda.....***Rineloricaria pentamaculata***
8. β . Corpo não achatado; não possui filamento na cauda.....***Hisonotus depressicauda***

9 α. Boca em posição terminal ou superior.....	10
9 β. Boca em posição subterminal.....	<i>Cambeva guareiensis</i>
10 α. Nadadeira dorsal (em comparação com a pélvica — em uma linha vertical) se originando posteriormente.....	11
10 β. Nadadeira dorsal (em comparação com a pélvica — em uma linha vertical) se originando anteriormente.....	<i>Hoplias malabaricus</i>
11 α. Fêmeas com uma mancha alongada ou “riscos” pretos e verticais dispostos na lateral do corpo; macho com uma mancha alongada ou “riscos” pretos e verticais dispostos na lateral do corpo.....	12
11 β. Fêmea sem qualquer mancha ou “riscos” verticais pretos na lateral do corpo; machos, por vezes, com a presença de traços de coloração laranja metálico ou outras cores, mas nunca “riscos” pretos verticais.....	<i>Poecilia reticulata</i>
12 α. Fêmeas e machos com uma mancha preta ligeiramente alongada na lateral do corpo.....	<i>Phalloceros harpagos</i>
12 β. Fêmeas e machos sem uma mancha preta alongada; “riscos” pretos orientados verticalmente.....	<i>Phalloceros reisi</i>
13 α. Corpo recoberto por escamas ou completamente sem escamas (i.e., apenas pele); nunca por placas.....	14
13 β. Corpo recoberto por placas ossificadas justapostas; nunca por escamas ou somente pele.....	46
14 α. Corpo completamente sem escamas (i.e., apenas pele).....	15
14 β. Corpo recoberto por fileiras de escamas.....	22
15 α. Nadadeira adiposa (em comparação com a anal) originando anteriormente.....	16
15 β. Nadadeira adiposa (em comparação com a anal) originando-se posteriormente.....	<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>

16 α. Nadadeira caudal possuindo dois lobos (i.e., superior e inferior).....	17
16 β. Nadadeira caudal possuindo um único lobo (semelhante a uma ponta de lança).....	<i>Imparfinis borodini</i>
17 α. Nadadeira anal, em vista lateral, com margem aproximadamente arredondada....	18
17 β. Nadadeira anal, em vista lateral, com margem pontiaguda.....	21
18 α. Ausência de quatro máculas, aproximadamente em forma de barras, ao longo da região dorsal.....	19
18 β. Presença de quatro máculas, aproximadamente em forma de barras, ao longo do dorso.....	<i>Imparfinis mirini</i>
19 α. Possui uma faixa preta, e fina, que se estende ao longo do flanco (i.e., na lateral do corpo).....	20
19 β. Não possui uma faixa preta no flanco; padrão de coloração fuliginoso ou com pequenas maculas escuras.....	<i>Rhamdia quelen</i>
20 α. Possui uma faixa preta (por vezes muito sutil) se estendendo longitudinalmente na região dorsal do corpo.....	<i>Pimelodella avanhandavae</i>
20 β. Não possui uma faixa preta se estendendo longitudinalmente na região dorsal do corpo.....	<i>Pimelodella gracilis</i>
21 α. Possui lábios robustos e projetados para fora.....	<i>Iheringichthys labrosus</i>
21 β. Não possui lábios robustos e projetados para fora.....	<i>Pimelodus maculatus</i>
22 α. Não possui dentes.....	23
22 β. Possui pelo menos uma fileira de dentes.....	24
23 α. Flancos com uma faixa preta — em geral melhor de ser visualizada em indivíduos já preservados — disposta longitudinalmente.....	<i>Steindachnerina insculpta</i>
23 β. Flancos sem uma faixa preta disposta longitudinalmente.....	<i>Cyphocharax modestus</i>

24 α. Detém mais de 24 escamas transversais entre a nadadeira pélvica e a nadadeira dorsal.....	25
24 β. Detém menos de 24 escamas transversais entre a nadadeira pélvica e a nadadeira dorsal.....	26
25 α. Possui uma quilha na região ventral.....	<i>Serrasalmus maculatus</i>
25 β. Não possui quilha na região ventral.....	<i>Galeocharax gulo</i>
26 α. Menos de 100 dentes na boca (considerando todos os dentes).....	27
26 β. Mais de 100 dentes na boca (considerando todos os dentes).....	<i>Prochilodus lineatus</i>
27 α. Boca em posição terminal ou subsuperior.....	28
27 β. Boca em posição inferior ou subterminal.....	38
28 α. Nadadeira dorsal com origem igual ou posterior quando comparada com a origem da nadadeira pélvica (em visão lateral).....	29
28 β. Nadadeira dorsal com origem anterior quando comparada com a origem da nadadeira pélvica (em visão lateral).....	<i>Leporinus friderici</i>
29 α. Detém mancha na região do úmero.....	30
29 β. Não detém mancha na região do úmero.....	36
30 α. Menos de nove escamas acima da linha lateral.....	31
30 β. Nove ou mais escamas acima da linha lateral.....	<i>Oligosarcus paranensis</i>
31 α. Primeira mancha umeral se alonga verticalmente.....	32
31 β. Primeira mancha umeral aproximadamente arredondada.....	<i>Astyanax lacustris</i>
32 α. Fileira completa de escamas perfuradas ao longo do flanco.....	33
32 β. Fileira incompleta de escamas perfuradas ao longo do flanco.....	35
33 α. Possui apenas a primeira mancha na região umeral.....	34
33 β. Possui uma segunda mancha na região umeral.....	<i>Astyanax bockmanni</i>

- 34 α. Nadadeira caudal, quando em vida (ou antes de preservado em álcool), amarelada à rosa.....*Astyanax* cf. *paranae*
- 34 β. Nadadeira caudal, quando em vida (ou antes de preservado em álcool), detendo coloração vermelha intensa.....*Astyanax fasciatus*
- 35 α. Possui uma mancha preta que se estende horizontalmente no pedúnculo caudal.....*Hyphessobrycon anisitsi*
- 35 β. Não possui mancha no pedúnculo caudal.....*Hyphessobrycon eques*
- 36 α. Possui uma mancha preta localizada no pedúnculo caudal.....37
- 36 β. Não possui mancha no pedúnculo caudal.....*Piabarchus* cf. *stramineus*
- 37 α. Mancha no pedúnculo se assemelhando a uma ponta de lança.....‘*Cheirodon*’ *stenodon*
- 37 β. Mancha no pedúnculo aproximadamente arredondada.....*Serrapinnus notomelas*
- 38 α. Mais de 17 raios (ramificados e não ramificados) na nadadeira anal.....39
- 38 β. Menos de 17 raios (ramificados e não ramificados) na nadadeira anal.....40
- 39 α. Pré-maxilar (fileira interna) apresentando dentes tricúspides.....*Piabina argentea*
- 39 β. Pré-maxilar (fileira interna) apresentando dentes pentacúspides.....*Bryconamericus* aff. *iheringii*
- 40 α. Dentes do pré-maxilar (especialmente os próximos da sínfise) com mais de oito cúspides; em formato de serrilha.....41
- 40 β. Dentes do pré-maxilar com menos de oito cúspides; ou cúspides ausentes.....42
- 41 α. Faixa preta, orientada longitudinalmente, na lateral do corpo (formando aproximadamente zigue-zague).....*Parodon nasus*
- 41 β. Faixa preta orientada longitudinalmente (em vista lateral); presença de cinco barras pretas na região do dorso (em vista dorsal).....*Apareiodon affinis*
- 42 α. Dentes do dentário não possuindo cúspide; incisivos.....43

42 β. Dentes do dentário possuindo cúspides.....	44
43 α. Possui faixas pretas dispostas horizontalmente na lateral do corpo.....	<i>Leporinus striatus</i>
43 β. Não possui faixas pretas dispostas horizontalmente; presença de três manchas arredondadas em ambas as laterais do corpo.....	<i>Megaleporinus elongatus</i>
44 α. Presença de manchas pretas (em formato aproximado de barras) dispostas verticalmente na lateral do corpo.....	45
44 β. Ausência de manchas pretas (em formato aproximado de barras) dispostas verticalmente na lateral do corpo.....	<i>Schizodon nasutus</i>
45 α. Região entre as bases das nadadeiras peitorais sem qualquer escama.....	<i>Characidium gomesi</i>
45 β. Região entre as bases das nadadeiras peitorais provido de escamas.....	<i>Characidium zebra</i>
46 α. Possui pelo menos dois pares de barbilhão.....	47
46 β. Possui apenas um par de barbilhão (os maxilares).....	48
47 α. Nadadeira caudal com margem formando uma forquilha (bifurcada).....	<i>Hoplosternum littorale</i>
47 β. Nadadeira caudal com margem arredondada.....	<i>Callichthys callichthys</i>
48 α. Padrão geral marrom com manchas pretas (arredondadas ou outras formas).....	49
48 β. Padrão geral marrom com manchas arredondadas hialinas.....	<i>Hypostomus strigaticeps</i>
49 α. Ausência total ou apenas quilhas vestigiais.....	50
49 β. Presença de três quilhas (horizontais) na lateral do corpo.....	<i>Hypostomus ancistroides</i>
50 α. Manchas difusas, vermiculares, ou formando barras.....	51

- 50 β. Manchas arredondadas, em geral pretas, ao longo do corpo.....*Hypostomus sp. n.*
- 51 α. Manchas escuras, em geral pretas, formando barras difusas...*Hypostomus iheringi*
- 51 β. Manchas escuras, em geral pretas, aproximadamente
vermiculares.....*Hypostomus tietensis*

AGRADECIMENTOS

Ao Hamilton A. Rodrigues (UNESP) e Paula N. Coelho (UNESP), pelo auxílio durante as atividades de coleta. A Carla S. Pavanelli (NUP), Claudio Oliveira (LBP), Flávio A. Bockmann (LIRP), Paulo A. Buckup (MNRJ), Paulo H. F. Lucinda (UNT), Francisco Langeani (DZSJRP), pela assistência no depósito de material testemunho nas coleções. Também sou grato ao Jack M. Craig (UL), pela confirmação da determinação de alguns gimnotídeos, e ao Cláudio H. Zawadzki (UEM), pela identificação de alguns loricariídeos. A Jessica Colavite (UNESP), pelo empréstimo da câmera a qual foi utilizada para as fotografias (Figura 2-6). Isabel M. Soares (UNESP), pelos auxílios com algumas fotografias. À Geovana S. Andrade (UFT) e Carolina G. Santiago (UFT), pelas ajudas com a separação de parte dos vouchers (material testemunho) e verificação da chave de identificação. Este estudo foi possível devido a bolsa concedida pela *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES - 001).

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A. & JÚLIO-JR. H.F. 1999. Peixes da bacia do Alto rio Paraná. In Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais (R.H. Lowe-McConnell). Edusp, São Paulo, p. 374-400.
- AGOSTINHO, A.A., PELICICE, F.M. & GOMES, L. C. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: Impacts and management related to diversity and

- fisheries. Braz. J. Biol. 68 (4): 1119-1132. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>.
- AQUINO, P.P.U. & COLLI, G.R. 2017. Headwater captures and the phylogenetic structure of freshwater fish assemblages: a case study in central Brazil. J. Biogeogr. 44: 207-216. <https://doi.org/10.1111/jbi.12870>.
- AZEVEDO-SANTOS, V.M., BRAMBILLA, E.M., COELHO, P.N. & BRITTON, J.R. 2018. Length–weight relationships of two catfish species from the Guareí River basin, São Paulo, Brazil. J. Appl. Ichthyol. 34: 1019 - 1020. <https://doi.org/10.1111/jai.13648>.
- AZEVEDO-SANTOS, V.M., BRITSKI, H.A., OLIVEIRA, C. & BENINE, R.C. 2019. Ichthyofauna of streams of the Rio Sapucaí basin, upper Rio Paraná system, Minas Gerais, Brazil. Biota Neotrop. 19: e20180617. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0617>.
- BERTACO, V.A. & LUCENA, C.A.S. 2006. Two new species of *Astyanax* (Ostariophysi: Characiformes: Characidae) from eastern Brazil, with a synopsis of the *Astyanax scabripinnis* species complex. Neotrop. ichthyol. 4, 53–60. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000100004>.
- BOTELHO, M.R., SALES, J.C.A., BARRELA, W. & BREIER, T.B. 2012. Estudo preliminar comparativo das espécies de peixes do Rio Itapetininga e em uma de suas lagoas marginais. REB 5 (1): 36-48. <https://revistas.pucsp.br/reb/article/view/49>.
- BOCKMANN, F.A., CASATTI, L. & DE PINNA, M.C.C. 2004. A new species of trichomycterid catfish from the Rio Paranapanema basin, southeastern Brazil (Teleostei: Siluriformes), with comments on the phylogeny of the family. Ichthyol. Explor. Freshwaters 15: 225-242.

- BRANDÃO, H., VIDOTTO-MAGNONI, A.P., RAMOS, I.P. & CARVALHO, E.D. 2009. Assessment of the ichthyofauna in stretches under the influence of Salto Grande Reservoir (Middle Paranapanema River, SP/PR, Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 21(4):451-63.
- BRITTO, S.G.C. & CARVALHO, E.D. 2006. Ecological attributes of fish fauna in the Taquaruçu Reservoir, Paranapanema River (Upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution. *Acta Limnol. Bras.* 18(4):377-88.
- CASIMIRO, A.C.R., GARCIA, D.A.Z., VIDOTTO-MAGNONI, A.P., BRITTON, J.R., AGOSTINHO, A.A., ALMEIDA, F.S. & ORSI, M.L. 2018. Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. *Zool.* 35:1-6. <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.35.e14638>.
- CASTRO, R.J., FORESTI, F. CARVALHO, E.D. 2003a. Composição e abundância da ictiofauna na zona litorânea de um tributário, na zona de sua desembocadura no reservatório de Jurumirim, Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 25: 63-70.
- CASTRO, R.M.C., CASATTI, L., SANTOS, H.F., FERREIRA, K.M., RIBEIRO, A.C., BENINE, R.C., DARDIS, G.Z.P., MELO, A.L.A., STOPLIGLIA, R., ABREU, T.X., BOCKMANN, F.A., CARVALHO, M., GIBRAN, F.Z. & LIMA, F.C.T. 2003b. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, Sudeste e Sul do Brasil. *Biota Neotrop.* 3(1): 1-14.
- CAVALLI, D., FROTA, A., LIRA, A. D., GUBIANI, E. A., MARGARIDO, V. P. & GRAÇA, W. J. 2018. Update on the ichthyofauna of the Piquiri River basin, Paraná, Brazil: a conservation priority area. *Biota Neotrop.* 18(2): e20170350. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0350>.

- CERQUEIRA, V.L.A., CARVALHO, M.P., ALMEIDA, R.S., FERREIRA, F.C.,
CETRA, M. & SMITH, W.S. 2016. Stream fish fauna from the tributaries of the
upper Itapetininga River, upper Paranapanema River basin, state of São Paulo,
Brazil. *Check List* 12(2): 1879. <http://dx.doi.org/10.15560/12.2.1879>.
- CETRA, M., BARRELLA, W.A., LANGEANI NETO, F., MARTINS, A.G., MELLO,
B.J. & ALMEIDA, R.S. 2012. Fish fauna of headwater streams that cross the
Atlantic Forest of south São Paulo state. *Check List* 8(3):421-425.
<http://dx.doi.org/10.15560/8.3.421>.
- CETRA, M., MATTOX, G.M.T., FERREIRA, F.C., GUINATO, R.B., SILVA, F.V. &
PEDROSA, M. 2016. Headwater stream fish fauna from the Upper Paranapanema
River basin. *Biota Neotrop.* 16(3): e20150145. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0145>.
- CIONEK, V.M., SACRAMENTO, P.A., ZANATTA, N., OTA, R.P., CORBETTA,
D.F. & BENEDITO, E. 2012. Fishes from first order streams of lower
Paranapanema and Ivaí rivers, upper Paraná River basin, Paraná, Brazil. *Check
List* 8(6): 1158-1162. <http://dx.doi.org/10.15560/8.6.1158>.
- DAGA, V.S., DEBONA, T., ABILHOA, V., GUBIANI, É.A. & VITULE, J.R.S. 2016.
Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a
review of the Iguaçu River. *Aquat. Invasions* 11(2):209-223.
<http://dx.doi.org/10.3391/ai.2016.11.2.10>.
- DAGOSTA, F.C.P. & DE PINNA, M. 2019. The Fishes of the Amazon: Distribution and
biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. *B. Am. Mus. Nat.
Hist.* 2019(431):1-163. <https://doi.org/10.1206/0003-0090.431.1.1>.
- DIAS, A.M. & TEJERINA-GARRO, F. L. 2010. Changes in the structure of fish
assemblages in streams along an undisturbed-impacted gradient, upper Paraná

- River basin, Central Brazil. Neotrop. Ichthyol. 8: 587-598.
<https://doi.org/10.1590/S1679-62252010000300003>.
- DIAS, M. S., FARIA, I. F., GUARIDO, P. C. P., TERESA, F. B., AQUINO, P. D. P. U., & QUIMBAYO, J. P. 2020. Historical distribution and current drivers of guppy occurrence in Brazil. J. Fish Biol. doi:10.1111/jfb.14271.
- DONASCIMIENTO, C., HERRERA-COLLAZOS, E.E., HERRERA-R, G.A., ORTEGA-LARA, A., VILLA-NAVARRO, F.A., USMA-OVIEDO, J.S. & MALDONADO-OCAMPO, J.A. 2017. Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. ZooKeys 708: 25-138. <https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897>.
- EIGENMANN, C. H. 1908. Preliminary descriptions of new genera and species of tetragonopterid characins. (Zoölogical Results of the Thayer Brazilian expedition.). Bull. Mus. Comp. Zool. 52: 91-106.
- FERNANDES, F. M. C., ALBERT, J. S., DANIEL-SILVA, M. F. Z., LOPES, C. E., CRAMPTON, W. G. R. & ALMEIDA-TOLEDO, L. F. 2005. A new *Gymnotus* (Teleostei: Gymnotiformes: Gymnotidae) from the Pantanal Matogrossense of Brazil and adjacent drainages: continued documentation of a cryptic fauna. Zootaxa. 933: 1-14. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.933.1.1>.
- FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & VAN DER LAAN, R. (eds) 2019a. CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019.
- FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & FONG, J. D. 2019b. SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed

08/01/2019 [Recalculated with each new version; based on current literature, this provides all available species names, valid species, and species described in the last 10 years by family/subfamily.].

FROTA, A., OTA, R. R., DEPRÁ, G. C., GANASSIN, M. J. M. & DA GRAÇA, W. J.

2020. A new inventory for fishes of headwater streams from the rio das Cinzas and rio Itararé basins, rio Paranapanema system, Paraná, Brazil. *Biota Neotrop.* 20(1): e20190833. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0833>.

FULAN, J.A. HENRY, R. & DAVANSO, R. 2012. Os efeitos da ação antrópica sobre a distribuição de macroinvertebrados no Rio Guareí, São Paulo. *Estudos de Biologia*, 34: 51-56.

HENRY, R. & GOUVEIA, L. 1993. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do Alto Paranapanema (São Paulo) – sua relação com o uso de solo e morfologia das bacias de drenagem. *An. Acad. Brasil. Ci.* 65: 439-451.

JARDULI, L.R., GARCIA, D.A.Z., VIDOTTO-MAGNONI, A.P., CASIMIRO, A.C.R., VIANNA, N.C., ALMEIDA, F.S., JEREP, F.C. & ORSI, M.L. 2020. Fish fauna from the Paranapanema River basin, Brazil. *Biota Neotrop.* 20: e20180707. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0707>.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE -

ICMBio. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes / -- 1. ed. -- Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018.7 v.: il.. Disponível em:

<http://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/10187>

JÚLIO JÚNIOR, H.F., DEI TÓS, C., AGOSTINHO, A.A. & PAVANELLI, C.S. 2009.

A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper

- rio Paraná basin. Neotrop. Ichthyol. 7(4):709-718.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400021>.
- KATZ, A.M. & COSTA, W.J.E.M. 2020. A new species of the catfish genus *Cambeva* from the Paranapanema river drainage, southeastern Brazil (Siluriformes: Trichomycteridae). Trop. Zool. 33: 2-13. <https://doi.org/10.4081/tz.2020.63>.
- KURCHEVSKI, G. & CARVALHO, E.D. 2014. Os peixes da represa de Jurumirim: revisão temporal de estudos independentes. In: Henry, R.. (Org.). Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem e aspectos sociais. 1ed. Ribeirão Preto: Holos, 2014, v., p. 325-342.
- LANGEANI, F., CASTRO, R.M.C., OYAKAWA, O.T., SHIBATTA, O.A., PAVANELLI, C.S. & CASATTI, L. 2007. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: Composição atual e perspectivas futuras. Biota Neotrop. 7 (3): bn03407032007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300020>.
- LEITE, I., FOGAÇA, C.A., MATOS, D.R.M., FÉLIX, E.S., GOMES, K.F., OLIVEIRA, R.F., HONÓRIO, R.K.A. 2012. A bacia de drenagem, a geomorfologia, os usos do solo, a cobertura vegetal, a precipitação e o canal fluvial do Rio Guareí. In: HENRY, R. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- LIMA, F.P., NOBILE, A.B., FREITAS-SOUZA, D., CARVALHO, E.D. & VIDOTTO-MAGNONI, A.P. 2016. Feeding ecology of *Rhinodoras dorbignyi* (Kner, 1855) (Siluriformes: Doradidae) in the Paranapanema River, SP, Brazil. Biotemas 29 (1): 67-73. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2016v29n1p67>.
- LIMA, F.P., NOBILE, A.B., FREITAS-SOUZA, D., CARVALHO, E.D. & VIDOTTO-MAGNONI, A.P. 2018. Can dams affect the trophic structure of ichthyofauna? A

- long-term effects in the Neotropical region. *Iheringia, Sér. Zool.* 108: e2018030.
<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2018030>.
- LITZ, T.O. & KOERBER, S. 2014. Check List of the Freshwater Fishes of Uruguay (CLOFF-UY). *Ichthyol. Contrib. Pec. Crioll.* 28: 1-40.
- LUCINDA, P.H.F. 2008. Systematics and biogeography of the genus *Phalloceros* Eigenmann, 1907 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Poeciliinae), with the description of twenty-one new species. *Neotrop. Ichthyol.* 6(2):113-58.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252008000200001>.
- MANOEL, P. S. & UIEDA, V.S. 2018. Effect of the riparian vegetation removal on the trophic network of Neotropical stream fish assemblage. *Rev. Ambient. Água* 13: e2088. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2088>.
- MIRANDE, J. M. & KOERBER, S. 2015. Checklist of the freshwater fishes of Argentina (CLOFFAR). *Ichthyol. Contrib. Pec. Crioll.*, 36: 1-68.
- NOBILE, A.B., FREITAS-SOUZA, D., LIMA, F.P., QUEIROZ, J., BAYONA-PEREZ, I.L., CARVALHO, E.D. & RAMOS, I.P. 2019. Damming and seasonality as modulators of fish community structure in a small tributary. *Ecol Freshw Fish.* 28: 563– 572. <https://doi.org/10.1111/eff.12475>.
- NOVAES, J.L.C. & CARVALHO, E.D. 2009. Recursos pesqueiros oriundos da pesca artesanal no reservatório de Jurumirim, Rio Paranapanema, Alto Paraná, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 35: 553-565.
- ORSI, M.L. & AGOSTINHO, A.A. 1999. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da bacia do rio Paraná, Brasil. *Ver. Bras. Zool.* 16(2):557-560.
- OTA, R.R., DEPRÁ, G.D., GRAÇA, W.J. & PAVANELLI, C.S. 2018. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated.

- Neotrop. Ichthyol. 16(2): e170094. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>.
- PANARELLI, E. A., NOGUEIRA, M. G. & HENRY, R. 2001. Short-term variability of copepod abundance in Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. Braz. J. Biol. 61: 577-598. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842001000400007>.
- PELICICE, F.M., AZEVEDO-SANTOS, V.M., ESGUÍCERO, A.L.H., AGOSTINHO, A.A. & ARCIFA, M.S. 2018. Fish diversity in the cascade of reservoirs along the Paranapanema River, southeast Brazil. Neotrop. Ichthyol. 16(2):e170150. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170150>.
- PEREIRA, F.W. & VITULE, J.R.S. 2019. The largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802): impacts of a powerful freshwater fish predator outside of its native range. Rev. Fish. Biol. Fisher. 29: 639–652. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09570-2>.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2nd Edition, PRIMER-E, Ltd., Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- QUEIROZ-SOUSA, J., KEITH, S.A., DAVID, G.S., BRANDÃO, H., NOBILE, A.B., PAES, J.V.K., SOUTO, A.C., LIMA, F.P., SILVA, R.J., HENRY, R. & RICHARDSON, K. 2019. Species richness and functional structure of fish assemblages in three freshwater habitats: effects of environmental factors and management. J. Fish Biol. 95: 1125-1136. <https://doi.org/10.1111/jfb.14109>.
- SABAJ-PÉREZ, M.H. (Ed.) 2016. Standard symbolic codes for institutional resource collections in herpetology and ichthyology: An Online Reference. Version 4.0. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Washington, D.C. <http://www.asih.org/resources/> [02 Janeiro 2020].

- SANTOS, A.C., GONÇALVES, C.C. & CARVALHO, F.R. 2017. Ichthyofauna of the “Cachoeira de São Roberto” and fishes of lower Preto River, upper Paraná River basin, Brazil. *Biota Neotrop.* 17(1): e20160196. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0196>.
- SARTORI, L.P., NOGUEIRA, M.G. HENRY, R. & MORETTO, E.M. 2009. Zooplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): a three-year study. *Braz. J. Biol.* 69: 1-18. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000100002>.
- SCHUBART, O. 1964. Duas novas espécies de peixe da família Pimelodidae do Rio Mogi Guaçu (Pisces, Nematognathi). *Bol. Mus. Nac., Zool.* 244:1-22.
- SEABRA, S., PRADO, C.H.O.P., CAVALHEIRO, E.A., LEITE, G.O., COSTA, G.T., BASILE, J.P.V., JUNIOR, J.R.P., RODRIGUES, J., OLIVEIRA, L.P., FERREIRA, P.M., SOUTO, A.C., VIDOTTO-MAGNONI, A.P. & SILVA, C.V. 2012. Fauna associada às plantas aquáticas em ambientes lacustres marginais ao rio Guareí, páginas 99 – 115. In: HENRY, R. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- SHERMAN, G.E., T. SUTTON, R. BLAZEK, S. HOLL, O. DASSAU, B. MORELY, T. MITCHELL, AND L. LUTHMAN. 2012. Quantum GIS User Guide. Version 1.8 “Wroclaw”. http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.8.0_user_guide_en.pdf.
- STRAHLER, A. N. 1954. Quantitative geomorphology of erosional landscapes, G.-R. 19th Intern. Geol. C//IIf., Algiers, 1952, sec. 13, pt. 3, pp. 341-354.

- VAZZOLER, A.E.A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática / Anna Emília Amato de Moraes Vazzoler; Apresentação de Paulo de Tarso da Cunha Chaves -- Maringá: EDUEM ; São Paulo : SBI, 1996. 169 p.: il.
- VICENTIN, W., FERREIRA, F.S. & SUAREZ, Y. R. 2019. Ichthyofauna of lotic environments in the Ivinhema river basin, upper Paraná river, Mato Grosso do Sul state, Brazil. *Biota Neotrop.*19: e20190735. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2019-0735>.
- VIDOTTO-MAGNONI, A.P., GARCIA, D.A.Z., COSTA, A.D.A., SOUZA, J.G., YABU, M.H.S., ALMEIDA, F.S. & ORSI, M.L. 2015. Ichthyofauna of streams of the Lower Paranapanema River basin, state of Paraná, Brazil. *Check List* 11(5): 1756. <http://dx.doi.org/10.15560/11.5.1756>.
- VITULE, J.R.S., SKÓRA, F., ABILHOA, V. 2011. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Divers. Distrib.* 18: 111-120. doi:10.1111/j.1472-4642.2011.00821.x.

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELA S1. Espécies (Actinopterygii) coletadas e sua abundância em cada trecho (1 a 18) da bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil

ESPÉCIES	TRECHOS AMOSTRADOS																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Apareiodon affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Astyanax bockmanni</i>	3	-	-	-	25	1	-	-	-	-	-	1	1	1	-	29	-	-
<i>Astyanax</i> cf. <i>paranae</i>	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Astyanax fasciatus</i>	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	4	9	-	35	6	-	1	22
<i>Astyanax lacustris</i>	-	1	1	-	-	3	9	-	-	-	7	-	14	4	13	-	-	11
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i>	6	15	2	-	10	5	-	6	-	-	-	-	36	-	7	-	-	-
<i>Callichthys callichthys</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7	-	-	-	-
<i>Cambeva guareiensis</i> ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	15	42	-
<i>Characidium gomesi</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	14	7	-	4	10	6	21
<i>Characidium zebra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	2	-	-	-
‘ <i>Cheirodon</i> ’ <i>stenodon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Cyphocharax modestus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Galeocharax gulo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	6	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	9	2	5	-	-	-
<i>Gymnotus carapo</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Gymnotus pantanal</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Hisonotus depressicauda</i>	1	-	5	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hoplias malabaricus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	1	2	2	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon eques</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus ancistroides</i>	4	7	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus iheringi</i>	-	-	-	-	-	3	-	-	4	-	-	3	-	-	-	-	1	6
<i>Hypostomus</i> sp. n.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus tietensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Iheringichthys labrosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Imparfinis borodini</i>	-	-	-	-	-	5	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Imparfinis mirini</i> ²	1	-	8	-	26	21	2	3	1	-	-	4	-	-	-	14	-	8
<i>Leporinus friderici</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Leporinus striatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oreochromis niloticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parodon nasus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Phalloceros harpagos</i>	42	-	-	-	-	1	-	1	-	12	16	-	2	-	54	11	-	-
<i>Phalloceros reisi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	22	2
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i> ³	-	-	-	-	-	18	6	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Piabarchus cf. stramineus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Piabina argentea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Pimelodella avanhandavae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Pimelodella gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

<i>Pimelodus maculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Poecilia reticulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Schizodon nasutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Serrapinnus notomelas</i>	-	-	-	-	1	-	20	-	-	-	-	-	4	17	4	-	-	-
<i>Serrasalmus maculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Steindachnerina insculpta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Espécie registrada no trecho 17 por Katz & Costa (2020).

² Espécie registrada no trecho cinco por Azevedo-Santos et al. (2018).

³ Espécie registrada no trecho seis por Azevedo-Santos et al. (2018).

TABELA S2. Espécies (Actinopterygii) coletadas e sua abundância em cada trecho (19 a 36) da bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil

ESPÉCIES	TRECHOS AMOSTRADOS																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<i>Apareiodon affinis</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Astyanax bockmanni</i>	8	1	2	-	-	2	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Astyanax cf. paranae</i>	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Astyanax fasciatus</i>	-	47	1	2	-	4	9	-	-	3	4	2	-	-	3	-	3	9
<i>Astyanax lacustris</i>	1	61	2	9	-	1	-	6	-	-	3	2	17	14	-	-	8	34
<i>Bryconamericus aff. iheringii</i>	-	-	4	23	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Callichthys callichthys</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
<i>Cambeva guareiensis</i>	6	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Characidium gomesi</i>	3	10	-	-	-	6	-	-	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Characidium zebra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>'Cheirodon' stenodon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23

<i>Cyphocharax modestus</i>	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38
<i>Galeocharax gulo</i>	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	6	-	2	-	-	3	1	-	-	-	1	8	9	-	-	-	1
<i>Gymnotus carapo</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnotus pantanal</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1
<i>Hisonotus depressicauda</i>	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Hoplias malabaricus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon eques</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
<i>Hypostomus ancistroides</i>	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hypostomus iheringi</i>	-	1	-	1	-	6	36	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus</i> sp. n.	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	35
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
<i>Hypostomus tietensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iheringichthys labrosus</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

<i>Imparfinis borodini</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Imparfinis mirini</i>	-	-	-	-	3	7	7	-	1	-	-	3	-	-	-	2	-	-
<i>Leporinus friderici</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leporinus striatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Oligosarcus paranensis</i>	-	5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oreochromis niloticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parodon nasus</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phalloceros harpagos</i>	32	-	45	-	18	-	-	16	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phalloceros reisi</i>	34	1	24	-	17	-	6	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Piabarchus cf. stramineus</i>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
<i>Piabina argentea</i>	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pimelodella avanhandavae</i>	-	14	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	18
<i>Pimelodella gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Pimelodus maculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Poecilia reticulata</i>	-	-	12	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	-
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schizodon nasutus</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Serrapinnus notomelas</i>	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	-	-	-	-
<i>Serrasalmus maculatus</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Steindachnerina insculpta</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

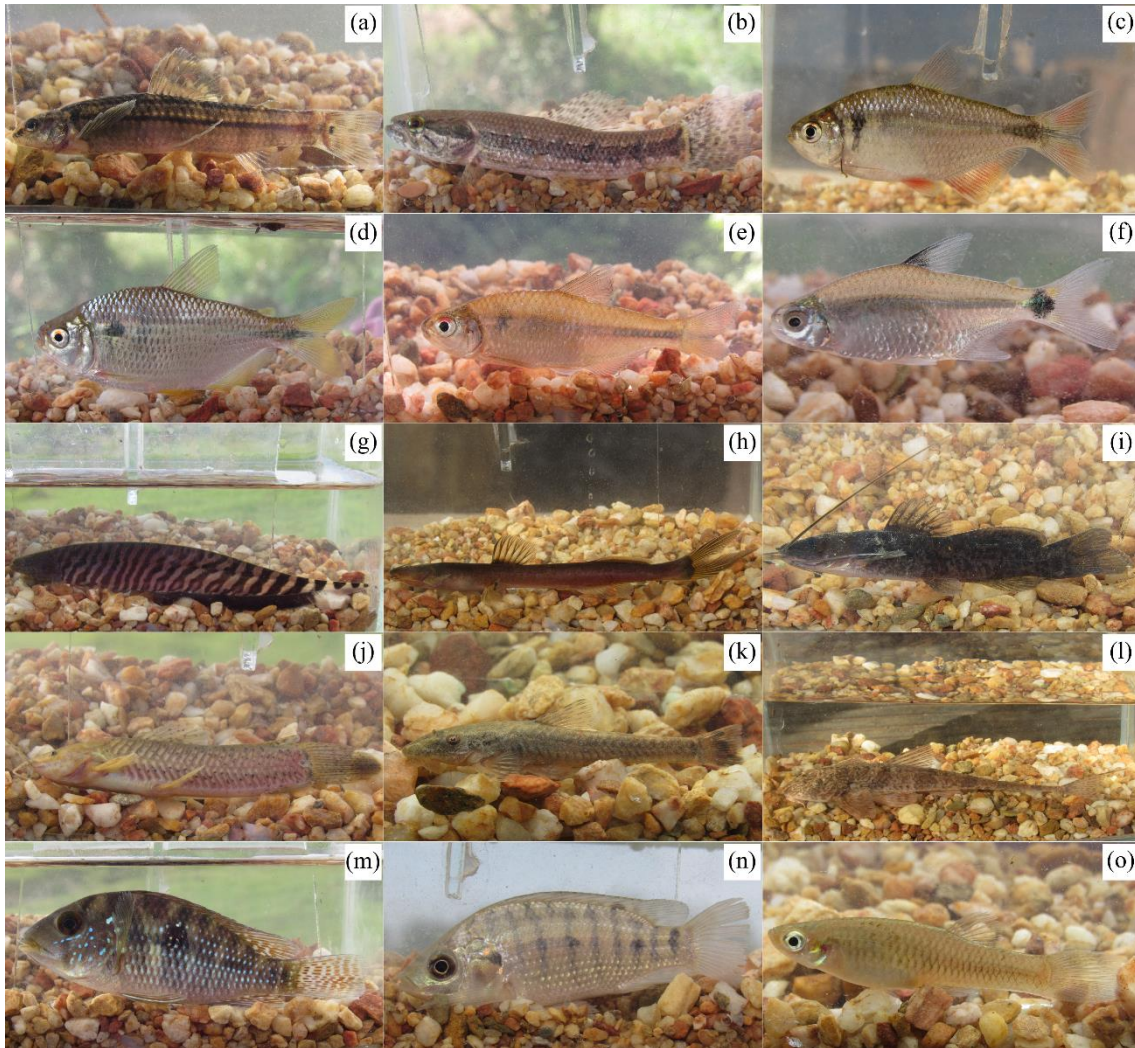
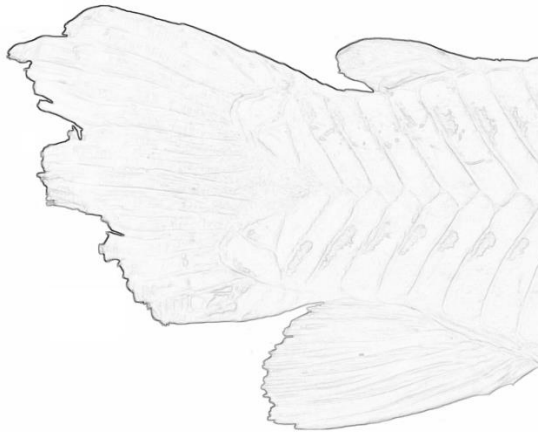
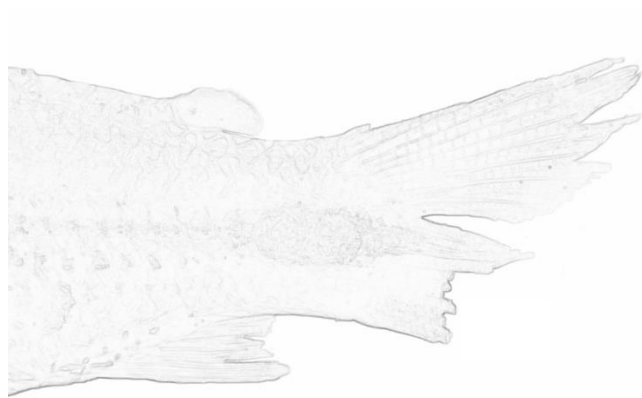


FIGURA S1. Indivíduos (em vida) de 15 espécies coletadas na bacia do Rio Guareí: (a) *Characidium gomesi*; (b) *Hoplias malabaricus*; (c) *Astyanax bockmanni*; (d) *Astyanax lacustris*; (e) *Bryconamericus* aff. *iheringii*; (f) *Serrapinnus notomelas*; (g) *Gymnotus carapo*; (h) *Phenacorhamdia tenebrosa*; (i) *Rhamdia quelen*; (j) *Callichthys callichthys*; (k) *Hisonotus depressicauda*; (l) *Rineloricaria pentamaculata*; (m) *Geophagus brasiliensis*; (n) *Oreochromis niloticus*; (o) *Phalloceros reisi*.

CAPÍTULO 2



DECEPADO VIVO: ANÁLISE ESPACIAL E FUNCIONAL DA MUTILAÇÃO DE NADADEIRAS DE PEIXES POR PIRANHAS EM UM RIO NEOTROPICAL



DECEPADO VIVO: ANÁLISE ESPACIAL E FUNCIONAL DA MUTILAÇÃO DE NADADEIRAS DE PEIXES POR PIRANHAS EM UM RIO NEOTROPICAL

RESUMO

Serrasalmus maculatus, uma das espécies de piranhas, tem o hábito de preda nadadeiras de outros peixes. Os estudos mostrando lesões em peixes de outras espécies, decorrentes dos seus ataques, utilizaram método passivo (redes de espera), o qual deixa a presa exposta; facilitando a predação. Abordagens que envolvem métodos de coleta ativa, como tarrafas, ainda são necessárias para avaliar a predação em ambientes naturais. Além disso, nenhum autor aborda a mutilação de peixes por *S. maculatus* ao longo de gradientes espaciais; tampouco explorou diferentes traços funcionais de suas presas. Neste estudo, foram coletados peixes com tarrafas em três segmentos do Rio Guareí a fim de testar duas hipóteses: (i) o número de indivíduos com nadadeira mutilada difere entre os trechos de amostragem; e (ii) o maior tamanho (comprimento) da presa determina a sua vulnerabilidade à ataques de piranhas. Foram coletados um total de 295 indivíduos pertencentes a 31 espécies de peixes. Do total, 69 espécimes de 9 espécies tiveram uma ou mais nadadeiras mutiladas por *S. maculatus* (piranha). Mutilações na cauda, quando comparado a outras nadadeiras, foram predominantes no grupo de indivíduos atacados. Confirmando a hipótese elaborada, indivíduos mutilados foram encontrados apenas em dois segmentos e nenhum na porção superior (onde provavelmente piranhas não ocorrem). Análises da composição funcional (CWM) mostraram que espécies com os mais variados traços foram alvos de ataques. Contudo, quando se compara os resultados de CWM entre mutilados e não mutilados, existe diferenças estatísticas apenas para os iliófagos — e não para o tamanho, como hipotetizado — o que indica que peixes dessa guilda trófica são mais suscetíveis à ataques de *S. maculatus* nos ambientes do Rio Guareí.

PALAVRAS-CHAVE

Composição; CWM; Guilda trófica; Nadadeira caudal; *Serrasalmus maculatus*; Traços.

INTRODUÇÃO

A relação entre peixes predadores e suas presas pode ser estudada de diferentes maneiras, dentre elas a observação de mutilação em indivíduos de uma população ou comunidade (e.g., Andrade et al. 2018). Nesta abordagem, é possível mostrar em que situação permaneceu o espécime alvo de ataques no ambiente natural. Além disso, é uma forma disponível de avaliar o número de indivíduos de cada espécie lesionados e, consequentemente, quantificar de maneira espacial ou temporal a predação.

Algumas espécies, para se alimentar, mutilam nadadeiras de outros peixes nos ambientes naturais. Piranhas, as quais compreendem vários serrassalmídeos, apresentam esse comportamento (e.g., Sazima & Pombal Jr. 1988; Northcote et al. 1986; Agostinho et al. 1997). Existe relatos de mutilação em decorrência de predação por *Serrasalmus brandtii* Lütken 1875 (Andrade et al. 2018), *S. spilopleura* Kner 1858 (Northcote et al. 1986; Sazima & Machado 1990), *S. maculatus* Kner 1858 (Silva et al. 2015), e outras. Esta última espécie, em particular, realiza ataques que podem causar lesões de diferentes níveis (i.e., pequenas até moderadas) na nadadeira caudal de peixes (Silva et al. 2015).

As presas alvo de ataques de piranhas, por outro lado, também são muitas; e são mutiladas em vários níveis. Por exemplo, Silva et al. (2015) relataram casos de perda de partes da nadadeira caudal — devido a ataques por *S. maculatus* — de peixes de seis espécies em um reservatório do sudeste brasileiro. Segundo os autores, as presas eram principalmente representantes da família Characidae e Curimatidae, dentre outras. Silva et al. (2015) enfatizaram que a prevalência de mutilação de nadadeiras em seu trabalho pode ser maior em função dos peixes estarem presos em redes. Isso significa que, para tentar determinar os eventos de predação sobre uma comunidade de maneira próxima a que ocorre no ambiente natural, é necessário estudos utilizando outros métodos (e.g., tarrafas), os quais não deixam a presa vulnerável aos ataques de predadores.

Nenhum trabalho sobre predação de piranhas (e.g., Sazima & Pombal Jr. 1988; Northcote et al. 1986; Andrade et al. 2018; Silva et al. 2015; Agostinho & Marques 2001) aborda ataques de *S. maculatus* em perspectiva espacial. Similarmente, não há estudos testando a relação dos ataques dessa espécie com diferentes traços funcionais das presas. Deste modo, ambas as abordagens, espacial e funcional sobre mutilação, são válidas e importantes para ser exploradas tanto em rios brasileiros quanto sul americanos em geral.

Indivíduos amostrados no canal do Rio Guareí em estudos anteriores (Capítulo 1) apresentavam evidências de ataques nas nadadeiras (V.M. Azevedo-Santos obs. pes.). Com base na composição de espécies da bacia do Rio Guareí (em Capítulo 1), notou-se que a única espécie que ocorre na região, e que apresenta hábito de mutilar nadadeiras, era *S. maculatus* (*sensu* Silva et al. 2015). Com base nessas observações, coletas posteriores com tarrafas — método que não vulnerabiliza a presa à ataques (Silva et al. 2015) — foram realizadas com o intuito de testar duas hipóteses. No primeiro estudo (i.e., Capítulo 1) peixes mutilados por *S. maculatus* foram encontrados somente na porção média e mais a jusante do canal do Rio Guareí; não sendo capturados em riachos afluentes (V.M. Azevedo-Santos, obs. pess.). Assim, a primeira hipótese é de que haveria diferenças no número de indivíduos mutilados ao longo de um gradiente longitudinal do Rio Guareí. Em seu estudo, Silva et al. (2015) sugeriram que o tamanho é um fator importante para frequência de ataque de *S. maculatus* sobre as presas (i.e., *Cyphocharax modestus*). Assim, a segunda hipótese testada é a de que indivíduos de maior comprimento são mais vulneráveis a ataques por *S. maculatus* no Rio Guareí.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O Rio Guareí apresenta menos de 100 km de extensão (Leite et al. 2012), o que pode ser considerado um rio de pequeno porte no Brasil. Seu curso inicial (i.e., nascente) está localizado no nordeste da cidade de Guareí, São Paulo. Neste mesmo município, encontra-se também a nascente de muitos dos seus tributários. Após atravessar a cidade de Guareí, adentra ao território de Angatuba, onde também recebe mais afluentes. Por fim, desagua no reservatório de Jurumirim (bacia do Rio Paraná; veja Capítulo 1).

Os segmentos em que coletas ocorreram, os quais foram determinados da jusante para a montante, estão dispostos em diferentes regiões do Rio Guareí. O primeiro (i.e., S1) é o mais a jusante, próximo da foz do rio (coordenada: $\sim 23^{\circ}27'51.67''\text{S}$, $48^{\circ}34'40.39''\text{W}$) e está a ~ 579 metros de altitude. O segmento 2 (S2) situa-se aproximadamente na metade do canal do rio ($\sim 23^{\circ}27'54.41''\text{S}$, $48^{\circ}25'18.93''\text{W}$); e o terceiro segmento (S3) está localizado na região à montante ($\sim 23^{\circ}21'56.88''\text{S}$, $48^{\circ}10'54.65''\text{W}$) do Rio Guareí. O S2 e S3 estão dispostos em ~ 593 e ~ 629 metros de altitude, respectivamente. O S1 e S2 estão dentro dos limites geográficos de Angatuba e o S3 de Guareí; ambos municípios do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1).

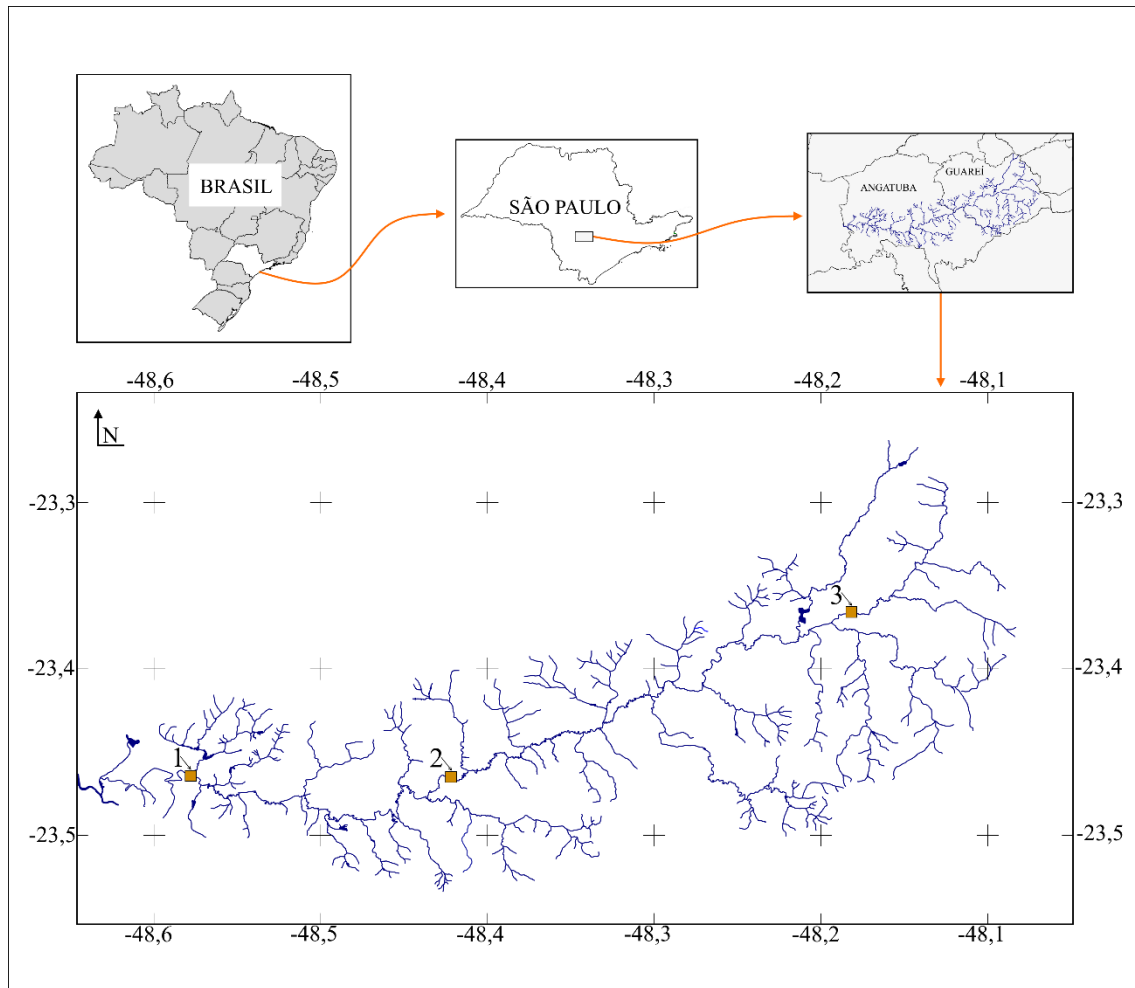


FIGURA 1. Seguimentos amostrados, da jusante em direção a montante (1, 2, 3), no Rio Guareí, São Paulo, Brasil (mapa adaptado do Capítulo 1).

MÉTODOS

Foram amostramos cerca de 30 metros nos três segmentos (S1, S2, S3) delimitados no canal do Rio Guareí (Figura 1). As coletas nos três trechos ocorreram em dezembro de 2018 e janeiro, abril, julho, e outubro de 2019, e foram realizadas durante o período noturno (após ~ as 20h). Foram feitas um total de seis amostragens em cada trecho. As amostras foram coletadas apenas por meio de uma tarrafa malha 7 mm (14 mm entre nós), com 1,5 metros de altura, e com uma abertura (ou perímetro) de 11 metros.

Em cada coleta, a rede foi arremessada um total de 10 vezes em cada segmento de 30 metros; sempre em direção às margens do corpo d'água.

Imediatamente após a remoção da tarrafa do rio, os peixes capturados eram cuidadosamente retirados, para não danificar suas estruturas. Os indivíduos foram acondicionados em galões (10 litros) contendo água e eugenol, o suficiente para eutanasiar os indivíduos coletados. Os peixes já eutanasiados foram inseridos em formol 10 %. No laboratório, e posteriormente sucessivas e cuidadosas emersões em água, os espécimes foram transferidos para álcool para devidas análises. As identificações das espécies seguiram o Capítulo 1 e as classificações em hierarquias taxonômicas (i.e., ordens e famílias) ocorreram assim como disponibilizado no “Catálogo de Peixes” (*sensu* Fricke et al. 2019a e Fricke et al. 2019b).

A fim de se obter um padrão quantitativo (para análises espaciais), os indivíduos foram selecionados, com base em análise visual, em dois conjuntos: 1) sem qualquer mutilação; 2) com mutilação. Neste último caso, qualquer vestígio de mutilação foi considerado. As mutilações que abrangiam apenas a nadadeira caudal foram subdivididas em quatro classes: LS) mutilação no lobo superior; LI) mutilação no lobo inferior; e LSI) mutilação em ambos os lobos da cauda. Peixes com nadadeiras não bifurcadas (outra forma) foram classificados apenas como SDL (sem distinção de lobo).

Dados morfométricos (i.e., comprimento padrão, daqui em diante CP) foram obtidos por meio de um paquímetro digital. Nos gimnotídeos (*Gymnotus* spp.), foi considerado como CP os valores do focinho (da extremidade), até o término (último raio) da nadadeira anal. Medidas foram realizadas em ambos os conjuntos de peixes (com e sem mutilação).

Para avaliar diferenças estatísticas (aqui considerando a significância $p < 0,05$) dos peixes com mutilações ao longo do gradiente longitudinal, o teste de Kruskal-Wallis

(KW) foi aplicado considerando indivíduos coletados nos três trechos amostrados. Posteriormente, foi utilizado o Mann-Whitney, o qual gerou comparações entre todos os segmentos (e.g., S1 contra S2) em que coletas foram realizadas. Os mesmos testes foram aplicados para avaliar diferenças entre o número de indivíduos por nadadeiras mutiladas (e.g., utilizando a frequência de espécimes com nadadeira caudal mutilada contra a frequência de espécimes com a nadadeira dorsal mutilada).

Para as análises funcionais, foram selecionados cinco traços para cada espécie encontrada no Rio Guareí. O primeiro foi o tamanho, expresso em CP, que, baseado em Andrade et al. (2018), acredita-se que tenha implicações na relação entre predador-presa. O segundo foi denominado de “tegumento”, que, com base em estudos sobre escamas e pele (e.g., Mckim et al. 1996; Vernerey & Barthelat 2014), provavelmente esteja relacionado à proteção dos peixes. Os demais traços investigados foram “habitat”, “morfologia da cauda” e “guilda trófica” (o significado ecológico dos dois últimos traços pode ser encontrado em Dencker et al. 2017; p. 5).

Dados sobre tamanho, tegumento, e morfologia da cauda foram obtidos por meio de análises dos indivíduos capturados no Rio Guareí. Traços referentes ao habitat, por sua vez, foram obtidos em Froese & Pauly (2020). O habitat das espécies *Bryconamericus aff. iheringii* e *Hypostomus* sp. n., ambas ainda não descritas (Capítulo 1) e *Hypostomus iheringi*, foram tentativamente determinados com base em dados de *B. iheringii* (para a primeira) e *H. ancistroides* (para as duas últimas) disponíveis em Froese & Pauly (2020). A guilda trófica dos peixes foi determinada de acordo com as seguintes referências: Esteves & Galetti Jr (1995); Hahn et al. (1998); Carvalho et al. (2007); Mazzoni & Costa (2007); Pinto & Uieda (2007); Gomiero & Braga (2008); Rocha et al. (2009); Rolla et al. (2009); Gandini et al. (2012); Smith et al. (2013); Castro & Carvalho (2014) (as espécies tratadas pelos autores como *B. iheringi* e *B. stramineus* provavelmente são *B. aff. iheringii*

e *P. cf. stramineus* deste trabalho, dada a proximidade dos rios estudados); e Froese & Pauly (2020) (compilação de dados com base em referências e disponibilizado em “dieta” e/ou “itens alimentares” no FishBase). A guilda trófica de *Gymnotus pantanal* foi determinada, tentativamente — dada a ausência de estudos —, por meio de informações de *G. carapo* disponíveis em Froese & Pauly (2020). O mesmo ocorreu para *H. iheringi* com base em dados sobre *H. ancistroides* (Froese & Pauly 2020).

A composição funcional (CWM) foi investigada a fim de determinar qual traço estaria relacionado a uma maior vulnerabilidade da presa ao predador. Para a realização das análises, foi considerado peixes coletados apenas nos segmentos onde havia ocorrência de mutilações; mas considerando lesionados e não lesionados. Como não foram encontrados indivíduos mutilados na última coleta (18/10/2019), em nenhum dos segmentos, essa foi desconsiderada das análises funcionais. Para o cálculo do CWM do tamanho, foi utilizado a média do CP dos indivíduos coletados de cada espécie (englobando mutilados e não). A distância de Gower (*sensu* Pavoine et al. 2009) foi utilizada para mutilados e não mutilados. As análises foram realizadas seguindo Pla et al. (2012) e utilizando “functcomp” (“pacote FD” em Laliberté et al. 2013). Posteriormente, análises estatísticas (ANOVA) foram realizadas entre traços dos dois grupos (e.g., CWM do tamanho de mutilados vs. CWM do tamanho dos não mutilados).

RESULTADOS

Foram coletados, considerando os três segmentos, um total de 295 indivíduos distribuídos em 30 espécies de peixes (Tabela 1). Do total de espécimes capturados, 69 apresentavam uma ou mais nadadeiras mutiladas. Foram constatadas diferenças significativas entre os segmentos (S1, S2 e S3) de amostragens ($H= 6,398$; $p=0,04$). No S1, o número de mutilações foi significativamente maior que no S3 ($p=0,02844$); e no S2

maior que no S3 ($p=0,009622$). Na verdade, não foram encontrados indivíduos com marcas de ataques no segmento de cabeceira, que corresponde ao S3 (Figura 2).

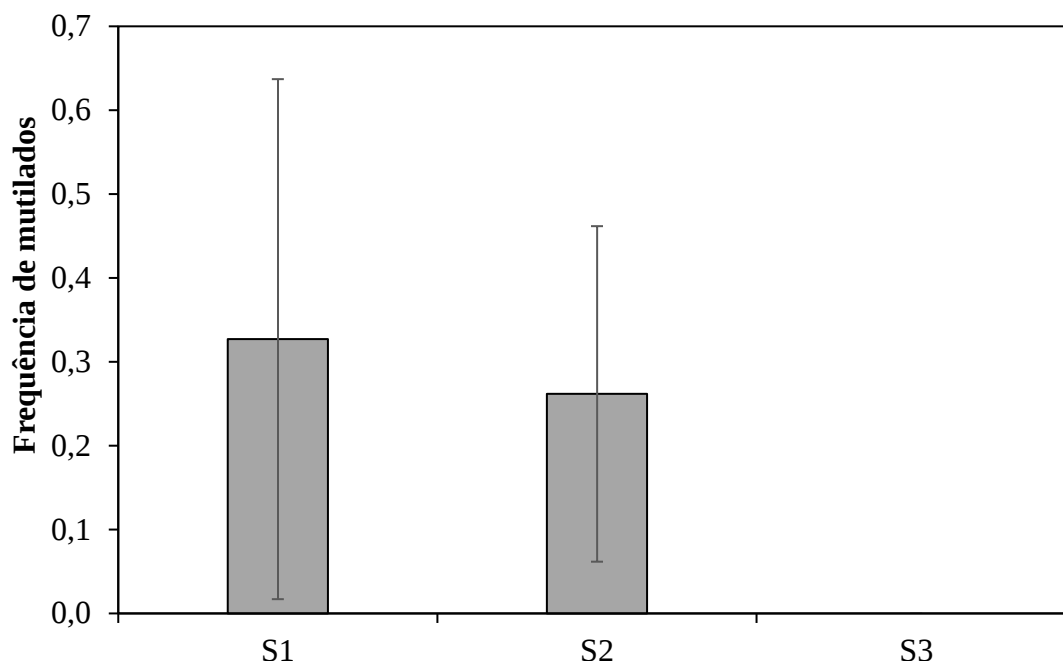


FIGURA 2. Proporção relativa (média e desvio padrão) de indivíduos com nadadeira mutilada em cada um dos segmentos do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

Os indivíduos com lesões pertencem a nove espécies, sendo *Astyanax fasciatus* (37,7 % do total de espécimes mutilados), *A. lacustris* (23,2 %), *Bryconamericus* aff. *iheringii* (1,4 %), *Cyphocharax modestus* (23,2 %), *Geophagus brasiliensis* (1,4 %), *Gymnotus carapo* (1,4 %), *Hoplosternum littorale* (2,9 %), *Hypostomus* sp. n. (1,4 %), *Steindachnerina insculpta* (7,2 %). Estas pertencem a seis famílias: Characidae, Curimatidae, Cichlidae, Gymnotidae, Callichthyidae, e Loricariidae (cf. Tabela 1). Todos os indivíduos com marcas de ataques apresentavam a cauda mutilada; e alguns desses mesmos espécimes apresentavam também outras nadadeiras lesionadas (Figura 3). Diferenças significativas foram encontradas ($H= 8,415$; $p=0,03817$), sendo o número de mutilados na cauda diferente dos mutilados em outras nadadeiras ($p<0,05$).

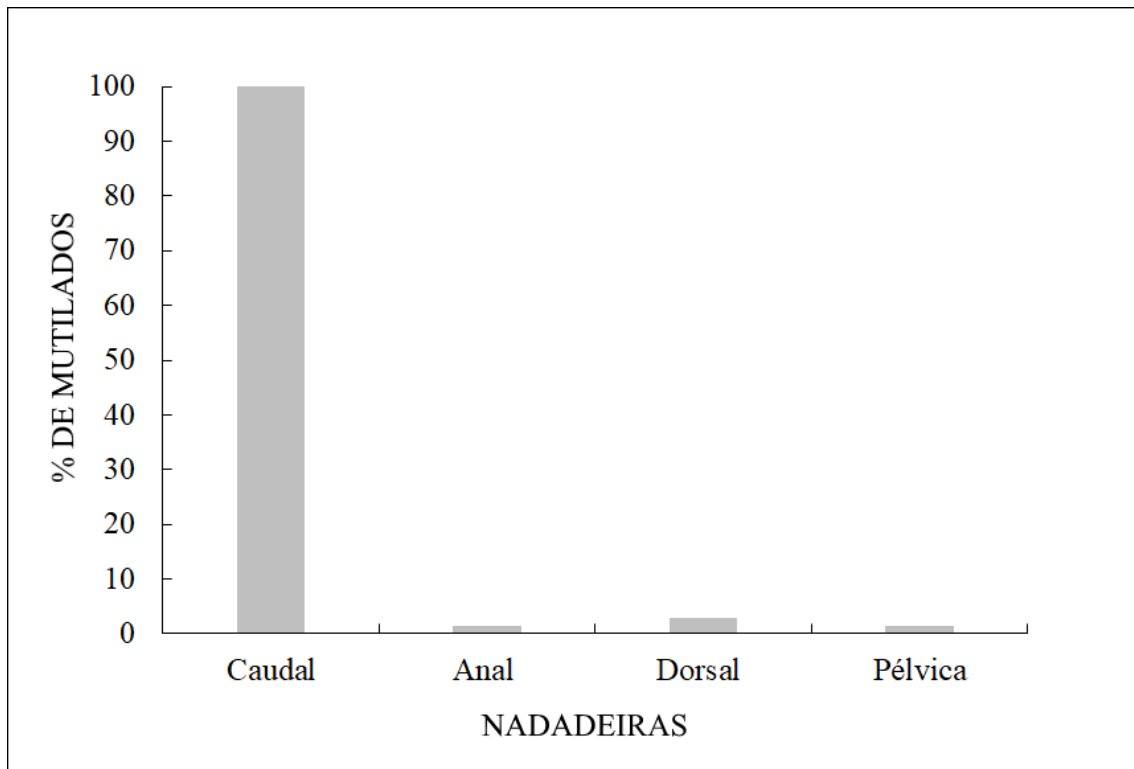


FIGURA 3. Percentual de lesões em cada nadadeira dos 69 indivíduos mutilados (veja também Tabela S1).

Com relação apenas às nadadeiras caudais, as mutilações ocorreram em um lobo ou, em muitos casos, ambos (Tabela 2). Para *A. fasciatus* no segmento S2, por exemplo, o percentual do total de indivíduos mutilados no lobo superior (LS) foi de 4,3 %, no inferior (LI) foi de 18,8%, e em ambos os lobos (LSI) de 2,9% (Tabela 2).

TABELA 1. Espécies coletadas e suas abundâncias em cada um dos segmentos amostrados com tarrafa no Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

TÁXONS	S1	S2	S3
CHARACIFORMES			
Crenuchidae			
<i>Characidium zebra</i> Eigenmann 1909	1	-	-
Erythrinidae			
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	-	1	-
Parodontidae			
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner 1879)	1	1	-
<i>Parodon nasus</i> Kner 1859	-	2	-
Serrasalminidae			
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner 1858	1	-	-
Curimatidae			
<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez 1948)	3	20	-
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez 1948)	3	7	-
Characidae			
<i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro 2007	-	-	2
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	22	52	14
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken 1875)	30	16	2
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger 1887)	-	8	10
' <i>Cheirodon</i> ' <i>stenodon</i> Eigenmann, 1915	1	4	-
<i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)	-	1	-
<i>Hyphessobrycon anisitsi</i> (Eigenmann 1907)	-	1	-
<i>Piabarchus</i> cf. <i>stramineus</i> (Eigenmann 1908)	3	18	-
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt 1867	1	25	-
<i>Serrapinnus notomelas</i> (Eigenmann 1915)		4	4
GYMNOTIFORMES			
Gymnotidae			
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	-	1	-
<i>Gymnotus pantanal</i> Fernandes, Albert, Daniel-Silva, Lopes, Crampton & Almeida-Toledo 2005	1	-	-
SILURIFORMES			
Callichthyidae			
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	1	2	-
Loricariidae			
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering 1911)	-	-	9

<i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	-	2	-
<i>Hypostomus</i> sp. n.	-	2	-
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan 1908)	-	3	-
<i>Rineloricaria pentamaculata</i> Langeani & de Araujo 1994	-	2	1
Heptapteridae			
<i>Pimelodella avanhandavae</i> Eigenmann 1917	1	1	-
Pimelodidae			
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken 1874)	-	2	-
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède 1803	-	-	1
CICHLIFORMES			
Cichlidae			
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard 1824)	-	2	-
CYPRINODONTIFORMES			
Poeciliidae			
<i>Phalloceros reisi</i> Lucinda 2008	-	-	6

TABELA 2. Percentual de indivíduos com mutilação da nadadeira caudal de cada espécie para cada segmento (S1, S2, S3) amostrado na bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil. LS =lobo superior; LI=lobo inferior; LSI= Lobo superior e inferior; SDL = sem distinção de lobo. Calculado com base no total de indivíduos mutilados.

ESPÉCIES	S1				S2				S3			
	LS	LI	LSI	SDL	LS	LI	LSI	SDL	LS	LI	LSI	SDL
<i>Astyanax fasciatus</i>	-	10,1	1,4	-	4,3	18,8	2,9		-	-	-	-
<i>Astyanax lacustris</i>	4,3	7,2	7,2	-	2,9	1,4	-	-	-	-	-	-
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i>	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-
<i>Cyphocharax modestus</i>	-	-	2,9	-	-	10,1	10,1	-	-	-	-	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-
<i>Gymnotus carapo</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	-	-	1,4	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus</i> sp. n.	-	-	-	-	-	0,34	-	1,4	-	-	-	-
<i>Steindachnerina insculpta</i>	-	1,4	2,9	-	1,4	-	1,4	-	-	-	-	-

O tamanho dos indivíduos capturados (i.e., mutilados e não mutilados) variou entre 24,7 mm a 189,6 mm CP (Tabela S2). Considerando apenas os indivíduos com lesões provocadas por ataques, a variação foi de 94,8 a 111,1. Dentre os lesionados, houve a presença de mutilados com escamas e placas (tegumento; Figura 5). Com relação ao formato da nadadeira, lesões foram encontradas naqueles indivíduos com cauda arredondada, emarginada, filamentada e bifurcada. Com relação ao habitat, apenas pelágicos não apresentaram mutilações. As lesões também ocorreram em peixes de diferentes guildas tróficas. Quando comparado cada CWM de mutilados e não mutilados, diferenças significativas foram encontradas entre os iliófagos ($p=0,045$).

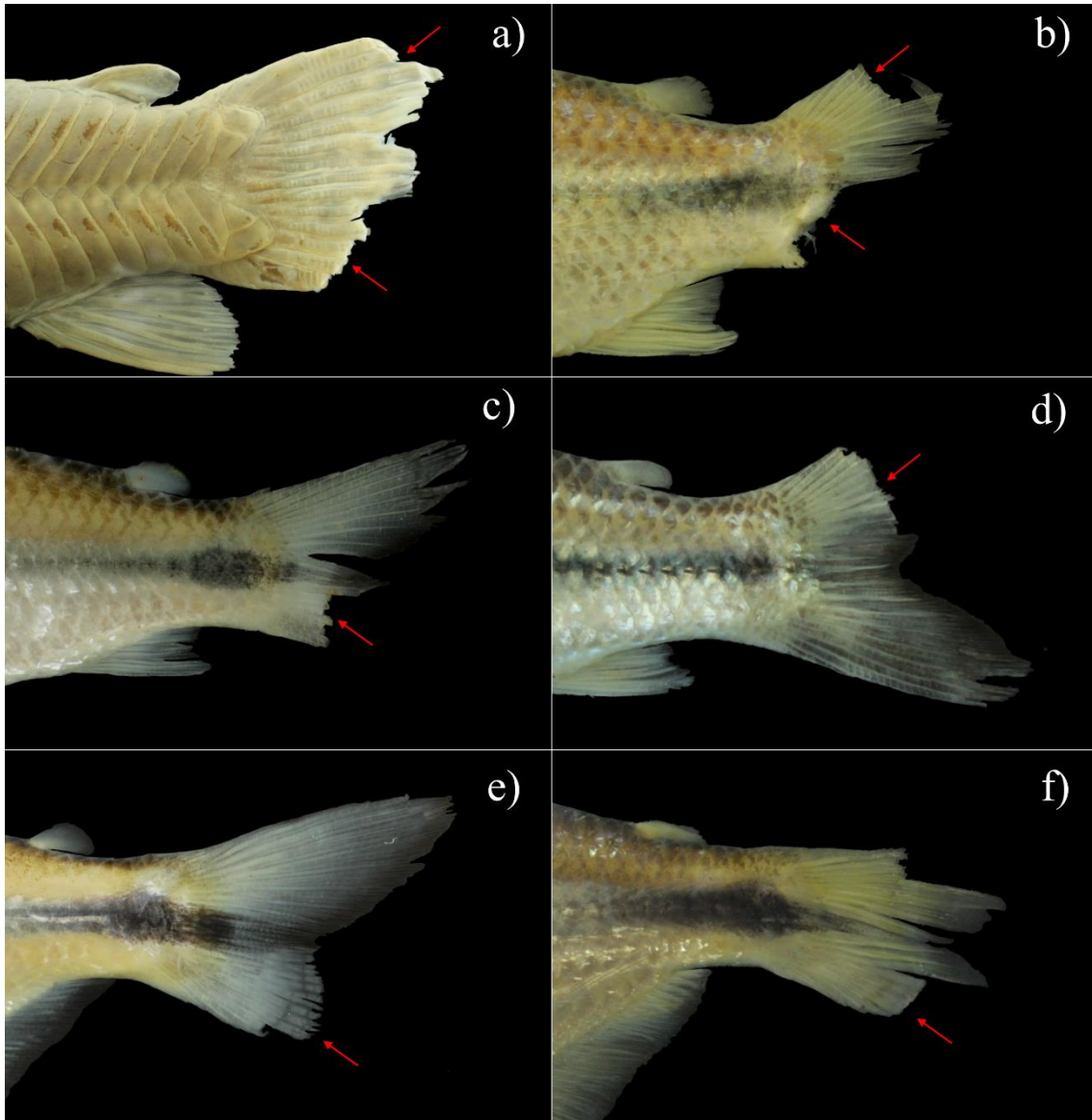


FIGURA 4. Exemplos de espécimes com nadadeira caudal mutilada (seta vermelha indicando o lobo com mutilação): (a) *Hoplosternum littorale*, lobo superior e inferior, indivíduo com 128,8 mm CP; (b) *Cyphocharax modestus*, lobo superior e inferior, 110,7 mm CP; (c) *Cyphocharax modestus*, lobo inferior, 84,4 mm CP; (d) *Steindachnerina insculpta*, lobo superior, 92,7 mm CP; (e) *Astyanax fasciatus*, lobo inferior com indícios de regeneração (cf. heteromorfia), 66,1 mm CP; (f) *Astyanax lacustris*, lobo superior e inferior com indícios de regeneração, 85,1 mm CP.

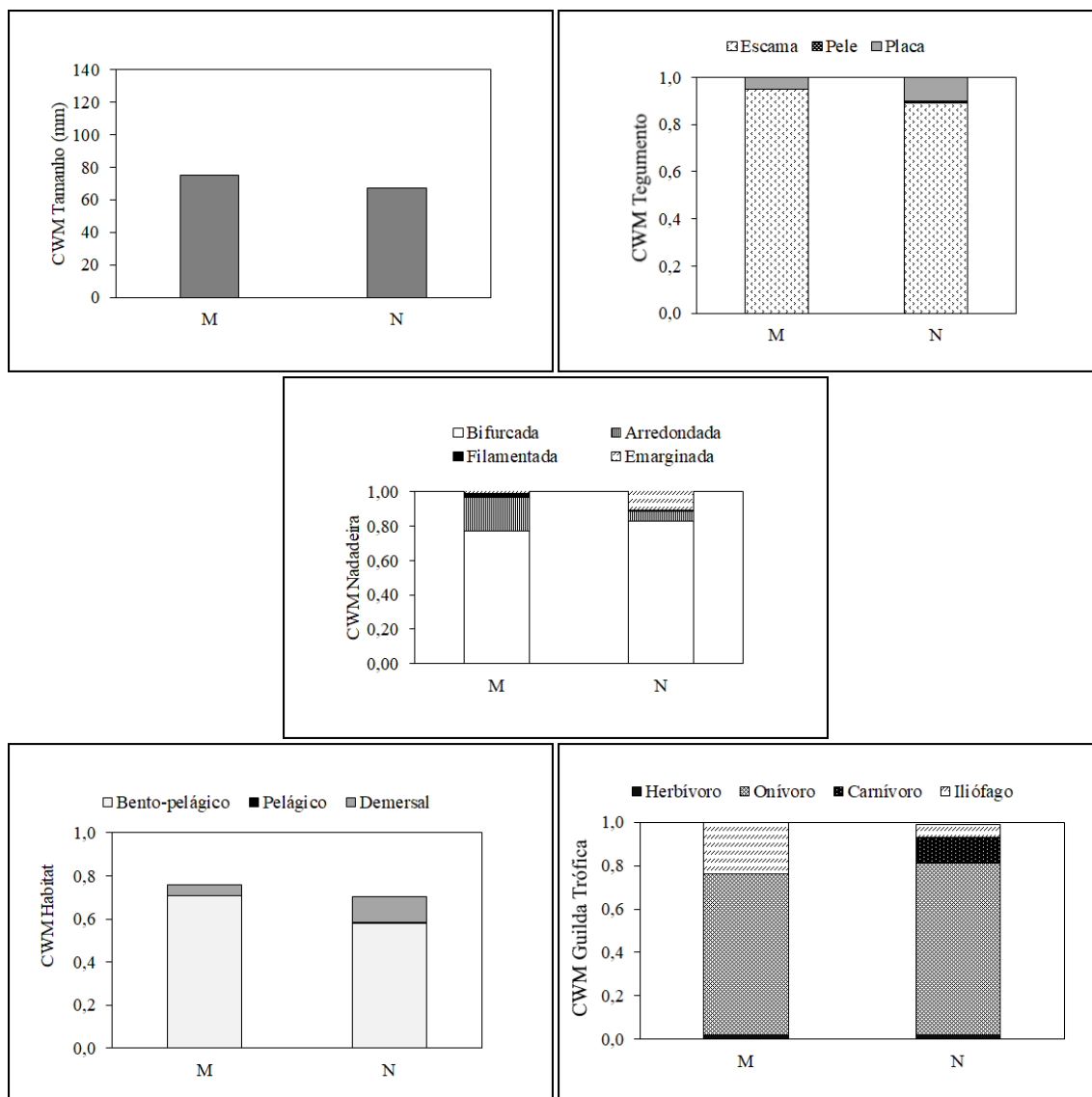


FIGURA 5. Média da composição funcional dos indivíduos mutilados (M) e não (N) capturados em dois segmentos (S1 e S2) do Rio Guareí, São Paulo, Brasil. Dados sobre espécies utilizadas nas análises podem ser encontrados na Tabela S2 e Tabela S3.

DISCUSSÃO

Aqui foi explorada a mutilação de nadadeiras ao longo de um gradiente longitudinal de um rio Neotropical. Ataques foram constatados em menos de um terço dos indivíduos e somente aqueles capturados no S1 e S2. Como já mencionado, as coletas foram realizadas com tarrafas. Este método elimina a vulnerabilidade artificial dos

indivíduos a ataques quando comparado àqueles que deixam a presa expostas (redes de espera), como discutido por Silva et al. (2015). Além disso, explora-se a relação entre múltiplos traços funcionais na prevalência de mutilações em peixes.

Em seu estudo, Silva et al. (2015) mostraram mutilações, resultantes de predação por *S. maculatus*, em sete espécies; incluindo nas próprias piranhas (um exemplo de canibalismo). Contudo, os autores não exploraram a variação de ataques em um gradiente longitudinal da área estudada. Além disso, apesar dos autores terem discutido a relação de lesões com o tamanho de presas (cf. Introdução), não testaram o número de indivíduos de cada espécie mutilados e a relação com seus diferentes traços funcionais.

As prevalências de ataques de *S. maculatus* sobre presas capturadas em rede chegam a ~ 85% (Silva et al. 2015). Neste trabalho, apenas 23% do total de espécimes capturados haviam sido mutilados. Esses valores destoantes podem ser atribuídos a diferentes fatores (e.g., menor abundância de *S. maculatus* no Rio Guareí); e não necessariamente tem uma relação com os métodos utilizados em cada trabalho. Deve-se levar em consideração, ainda, que Silva et al. (2015) estudaram mutilações em peixes de um ambiente barrado, portanto diferente do ecossistema aqui estudado.

Evidenciou-se que nenhum indivíduo foi mutilado no segmento S3. Em trabalhos anteriores, espécimes de *S. maculatus* foram capturados na porção ~ média e baixa do Rio Guareí (Capítulo 1). Por outro lado, não foram capturados serrassalmídeos, o que inclui as piranhas, em riachos amostrados na bacia do Rio Guareí (Capítulo 1). O S3, na cabeceira, apresenta características mais próximas de riacho do que de rio, visto que o trecho amostrado foi classificado, seguindo o que foi proposto por Strahler (1998), como de terceira ordem. A não mutilação de indivíduos S3 provavelmente está relacionada à ausência de *S. maculatus* nesse segmento, assim como verificado para outros trechos de menores ordens (veja Capítulo 1) da bacia do Rio Guareí.

A não ocorrência de mutilados no segmento S3 também mostra, de certa forma, uma compartimentalização de mutilados no Rio Guareí. É evidente que indivíduos mutilados dos segmentos mais baixos (S1 e S2) não se deslocam até o S3, situado na cabeceira; uma vez que eles não foram capturados nesse trecho. Sabe-se que indivíduos com a cauda mutilada perdem sua capacidade de natação original (Fu et al. 2013), o que pode limitar o deslocamento de peixes mutilados da jusante para a montante.

Quando se analisa a composição funcional (CWM) dos peixes mutilados, fica clara que alguns traços são mais atacados. Contudo, isso parece estar mais relacionado a maior abundância de indivíduos de determinados traços no ambiente. Deste modo, a comparação deve incidir entre mutilados e não mutilados. Neste caso, as análises estatísticas sugerem uma maior vulnerabilidade apenas de iliófagos (i.e., *Cyphocharax modestus* e *Steindachnerina insculpta*) às mutilações por piranhas.

A maior vulnerabilidade dos iliófagos pode ser explicada pelo seu comportamento alimentar. Por exemplo, Sazima & Machado (1999) mostraram o ataque de *Serrasalmus spilopleura* em um acará durante a alimentação. No forrageamento, peixes expõem a nadadeira, especialmente a caudal, o que pode facilitar ataques surpresas (e.g., Figura 4a em Sazima & Machado 1999). Acredita-se, então, que a exposição feita por iliófagos é muito maior do que a de indivíduos das demais guildas tróficas.

Foi verificado neste estudo que a maioria das mutilações ocorreram na nadadeira caudal. Além disso, mesmo os peixes com lesões em outras nadadeiras apresentavam a cauda já mutilada. É possível deduzir que a mutilação da cauda está ligada a dois fatores. O primeiro é que, por ser uma das maiores nadadeiras dos peixes coletados no Rio Guareí (com exceção de Gymnotiformes), é mais exposta visualmente ao predador e consequentemente mais atrativa à ataques. O segundo está relacionado aos ataques

durante o processo de fuga da presa e a perseguição pela piranha (ou mais de uma); onde a cauda é o elemento mais próximo da piranha, e, portanto, alvo mais fácil.

Em peixes que apresentam nadadeira caudal furcada, mutilações foram verificadas para alguns indivíduos em ambos os lobos da cauda. É possível que o primeiro ataque seja realizado em um lobo, o que diminui o potencial de deslocamento do indivíduo (Fu et al. 2013), facilitando ataques consecutivos na mesma nadadeira. Sazima & Machado (1999) mostraram, por exemplo, que *S. spilopleura* formam agrupamentos de indivíduos no ambiente em que ocorrem. Com base nesses autores, supõem-se que sua congênere, *S. maculatus*, apresenta comportamento semelhante. Assim, outra possibilidade é que ataques nas caudas de indivíduos do Rio Guareí ocorreram por grupos.

CONCLUSÃO

Aqui foram constatadas mutilações realizadas por piranhas, *Serrasalmus maculatus*, sobre nove espécies de peixes do Rio Guareí. Diferentes nadadeiras apresentavam marcas de ataques, mas a prevalência foi sobre a nadadeira caudal. Corroborando a primeira hipótese, ataques eram diferentes ao longo do Rio Guareí; uma vez que não foram encontrados indivíduos mutilados na cabeceira do corpo d'água. Além disso, a segunda hipótese foi rejeitada, uma vez que, aparentemente, o grupo trófico iliófago, e não o tamanho do peixe, é que determina o maior número de indivíduos atacados. Em outras palavras, apesar do número de indivíduos mutilados ser maior no grupo dos onívoros, os iliófagos são mais suscetíveis à ataques de piranhas.

AGRADECIMENTOS

Ao Hamilton A. Rodrigues (UNESP), que auxiliou durante as coletas. À Paula Nunes Coelho (UNESP) e Jamile Queiroz-Sousa (UNESP), pelas ajudas com as análises

de composição funcional (CWM). Ao Fabricio B. Teresa (UEG), Jorge L. R. Filho (UDESC), Victor S. Saito (UFSCar) e Diego Castro (UFMG), pelas dúvidas esclarecidas com relação ao teste estatístico de CWM. A *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES), número 001, forneceu bolsa durante o estudo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, C.S. & MARQUES, E.E. 2001. Selection of netted prey by piranhas, *Serrasalmus spilopleura* and *S. marginatus* (Pisces, Serrasalminidae). *Acta Scientiarum* 23(2): 461-464. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v23i0.2700>.
- AGOSTINHO, C.S., AGOSTINHO, A.A., MARQUES, E.E. & BINI, L.M. 1997. Abiotic factors influencing piranha attacks on netted fish in the Upper Paraná River, Brazil. *N. Am. J. Fish. Manag.* 17(3): 712-718. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1997\)017<0712:AFIPAO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1997)017<0712:AFIPAO>2.3.CO;2)
- ANDRADE, F.R., SILVA, L.D., GUEDES, I., SANTOS, A.M. & POMPEU, P.S. 2018. Non-native white piranhas graze preferentially on caudal fins from large netted fishes. *Mar. Freshw. Res.* 70:585–593. <https://doi.org/10.1071/MF18202>
- CARVALHO, L.N., ARRUDA, R., RAIZER, J. & DEL-CLARO, K. 2007. Feeding habits and habitat use of three sympatric piranha species in the Pantanal wetland of Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshw.* 18(2): 109-116.
- CASTRO, R.J.C. & CARVALHO, E.D. 2014. Trophic ecology of the fish in the Rio dos Veados (upper Paranapanema River, SP) during the dry and rainy seasons. *Biodiversidade* 13: 2-23
- DENCKER, T.S., PECUCHET, L., BEUKHOF, E. RICHARDSON, K., PAYNE, M.R., LINDEGREN, M. 2017. Temporal and spatial differences between taxonomic

and trait biodiversity in a large marine ecosystem: Causes and consequences.

Plos One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189731>

ESTEVEZ, K.E. & GALETTI, P.M. 1995. Food partitioning among some characids of a small Brazilian floodplain lake from the Paraná River basin. *Environ. Biol. Fish.* 42: 375. <https://doi.org/10.1007/BF00001468>

FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & VAN DER LAAN, R. (eds) 2019a. CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019.

FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & FONG, J. D. 2019b. SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019 [Recalculated with each new version; based on current literature, this provides all available species names, valid species, and species described in the last 10 years by family/subfamily.].

FROESE, R., PAULY, D., 2020. FishBase. World Wide Web Electronic Publication. Online. www.fishbase.org. (Acessado em 2 de Fevereiro de 2020).

FU, F., CAO, Z-D. & FU, S-J. 2013. The effects of caudal fin loss and regeneration on the swimming performance of three cyprinid fish species with different swimming capacities. *Journal of Experimental Biology* 216: 3164-3174. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.084244>.

GANDINI, C.V., BORATTO, I.A., FAGUNDES, D.C., POMPEU, P.S. 2012. Estudo da alimentação dos peixes no rio Grande à jusante da usina hidrelétrica de Itutinga, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 102(1):56-61.

- GOMIERO, L. M., & BRAGA, F. M. D. S. 2008. Feeding habits of the ichthyofauna in a protected area in the state of São Paulo, southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 8(1), 41-47.
- HAHN, N.S., AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. & BINI, L.M. 1998. Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná-Brasil) nos primeiros anos de sua formação. *Interciência*, 23(5), 299-305.
- MCKIM, J.M., NICHOLS, J.W., LIEN, G.J., HOFFMAN, A.D., GALLINAT, C.A. & STOKES, G.N. 1996. Dermal absorption of three water born chloroethanes in Rainbow trout and Channel cat fish (*Ictalurus punctatus*). *Fund. Appl. Toxicol.* 31: 218-228.
- LALIBERTE, A.E., SHIPLEY, B., LALIBERTÉ, M.E. 2013. Package “FD” The comprehensive R archive network. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=FD>.
- LEITE, I., FOGAÇA, C.A., MATOS, D.R.M., FÉLIX, E.S., GOMES, K.F., OLIVEIRA, R.F., HONÓRIO, R.K.A. 2012. A bacia de drenagem, a geomorfologia, os usos do solo, a cobertura vegetal, a precipitação e o canal fluvial do Rio Guareí. In: HENRY, R. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- MAZZONI, R. & COSTA, L.D.S. 2007. Feeding ecology of stream-dwelling fishes from a coastal stream in the Southeast of Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 50: 627-635.
- NORTHCOTE, T. G., NORTHCOTE, R. G. & ARCIFA, M. S. 1986. Differential cropping of the caudal fin lobes of prey fishes by the piranha, *Serrasalmus*

spilopleura kneri. Hydrobiologia, 141: 199-205.

<https://doi.org/10.1007/BF00014215>.

PAVOINE, S., VALLET, J., DUFOUR, A-B., GACHET, S., & HERVÉ, D. 2009. On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. Oikos 118: 391-402.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.16668.x>

PLA, L.E., CASANOVES, F. & DI RIENZO, J., 2012. Functional diversity indices. Quantifying Functional Biodiversity. Springer, Dordrecht, pp. 27–51.

https://doi.org/10.1007/978-94-007-2648-2_3.

PINTO, T. L. F. & UIEDA, V. S. 2007. Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity. Acta Limnol. Bras. 19(1), 67-78.

ROCHA, F.C., CASATTI, L., CARVALHO, F.R. & SILVA, A.M. 2009. Fish assemblages in stream stretches occupied by cattail (Typhaceae, Angiospermae) stands in Southeast Brazil. Neotrop. Ichthyol. 7:241-250.

ROLLA, A. P. P. R., ESTEVES, K. E. & AVILA-DA-SILVA, A.O. 2009. Feeding ecology of a stream fish assemblage in an Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). Neotrop. Ichthyol. 7: 65-76.

SAZIMA, I. & MACHADO, F. A. 1990. Underwater observations of piranhas in western Brazil. Environ. Biol. Fish. 28: 17-31.

<https://doi.org/10.1007/BF00751026>.

SAZIMA, I. & POMBAL-JR., J. P. 1988. Mutilação de nadadeiras em acarás, *Geophagus brasiliensis*, por piranhas, *Serrasalmus spilopleura*. Rev. Bras. Biol. 48: 477-483.

- SILVA, A. T., ZINA, J., FERREIRA, F. C., GOMIERO, L. M. & GOITEIN, R. 2015. Caudal fin-nipping by *Serrasalmus maculatus* (Characiformes: Serrasalminae) in a small water reservoir: seasonal variation and prey selection. *Zoologia* 32, 457-462.
- SMITH, W.S., BIAGIONI, R.C., HALCSIK, L. 2013. Fish fauna of Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo State, Brazil. *Biota Neotrop.* 13(2): 175-181.
- STRAHLER, A. N. 1954. Quantitative geomorphology of erosional landscapes, G.-R. 19th Intern. Geol. C//If., Algiers, 1952, sec. 13, pt. 3, pp. 341-354.
- VERNEREY, F. J. & BARTHELAT, F. 2014. Skin and scales of teleost fish: Simple structure but high performance and multiple functions. *J. Mech. Phys. Solids* 68: 66-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmps.2014.01.005>.

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELA S1. Espécies e respectivas nadadeiras mutiladas (X) no Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

ESPÉCIE	NADADEIRAS			
	Caudal	Anal	Dorsal	Pélvica
<i>Astyanax fasciatus</i>	X			
<i>Astyanax lacustris</i>	X			
<i>Bryconamericus aff. iheringii</i>	X			
<i>Cyphocharax modestus</i>	X			
<i>Geophagus brasiliensis</i>	X			
<i>Gymnotus carapo</i>	X	X		
<i>Hoplosternum littorale</i>	X		X	X
<i>Hypostomus</i> sp. n.	X			
<i>Steindachnerina insculpta</i>	X			

TABELA S2. Traços funcionais das espécies coletadas (mutiladas e não mutiladas) neste estudo no Rio Guareí, São Paulo, Brasil. Habitat: BP (bento-pelágico); De (demersal); Pe (pelágico). Guilda trófica: Il (iliófago); On (onívoro); Ca (carnívoro); He (herbívoro).

Espécie	Acrograma	Mínimo	Máximo	Tegumento	Formato (nadadeira caudal)	Hábitat	Guilda trófica
<i>Apareiodon affinis</i>	apaf	95,3	99,3	Escamas	Bifurcada	Bp	Il
<i>Astyanax bockmanni</i>	asbo	39,8	52,7	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Astyanax fasciatus</i>	asfa	31,7	104,7	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Astyanax lacustris</i>	asla	41,6	107,5	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i>	brih	35,1	53,9	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Characidium zebra</i>	chze	58,5	58,5	Escamas	Bifurcada	Bp	On
' <i>Cheirodon</i> ' <i>stenodon</i>	chst	24,7	32,7	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Cyphocharax modestus</i>	cymo	49,5	111,1	Escamas	Bifurcada	Bp	Il
<i>Galeocharax gulo</i>	gagu	131,8	131,8	Escamas	Bifurcada	Bp	Ca
<i>Geophagus brasiliensis</i>	gebr	49,7	85,1	Escamas	Arredondada	Bp	On
<i>Gymnotus carapo</i>	gyca	155,8	155,8	Escamas	Filamentada	Bp	On

<i>Gymnotus pantanal</i>	gypa	189,6	189,6	Escamas	Filamentada	De	On
<i>Hoplias malabaricus</i>	homa	125,1	125,1	Escamas	Arredondada	Bp	Ca
<i>Hoplosternum littorale</i>	holi	90,3	146,2	Placas	Bifurcada	De	On
<i>Hyphessobrycon anisitsi</i>	hpan	49,1	49,1	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Hypostomus ancistroides</i>	hyan	42,7	80,2	Placas	Emarginada	De	He
<i>Hypostomus iheringi</i>	hyih	57,4	74,3	Placas	Emarginada	De	He
<i>Hypostomus</i> sp. n.	hysp	47,5	60,6	Placas	Emarginada	De	He
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	hyst	57,7	86,7	Placas	Emarginada	De	On
<i>Iheringichthys labrosus</i>	ihla	101,7	105,5	Pele	Bifurcada	De	On
<i>Parodon nasus</i>	pana	46,1	57,2	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Phalloceros reisi</i>	phre	27,8	42,1	Escamas	Arredondada	Bp	On
<i>Piabarchus</i> cf. <i>stramineus</i>	pist	27,3	52,7	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Piabina argentea</i>	piar	37,6	57,1	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Pimelodella avanhandavae</i>	piav	92,6	98,1	Pele	Bifurcada	De	Ca
<i>Pimelodus maculatus</i>	pima	114,2	114,2	Pele	Bifurcada	Bp	On

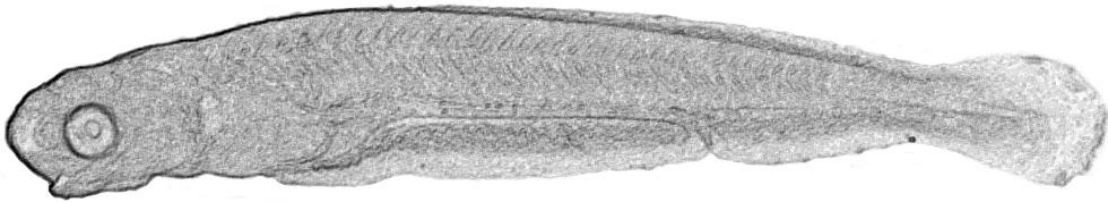
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>	ripe	87,6	105,8	Placas	Emarginada	De	Ca
<i>Serrapinnus notomelas</i>	seno	26,8	34,3	Escamas	Bifurcada	Bp	On
<i>Serrasalmus maculatus</i>	sema	86,8	86,8	Escamas	Emarginada	Pe	Ca
<i>Steindachnerina insculpta</i>	stin	74,7	101,3	Escamas	Bifurcada	Bp	Il

TABELA S3. Espécies capturadas no S1 + S2 e número de indivíduos mutilados e não mutilados nas coletas no Rio Guareí. Valores em vermelho não foram utilizados nas análises de composição funcional (CWM) devido à ausência de mutilados na amostragem.

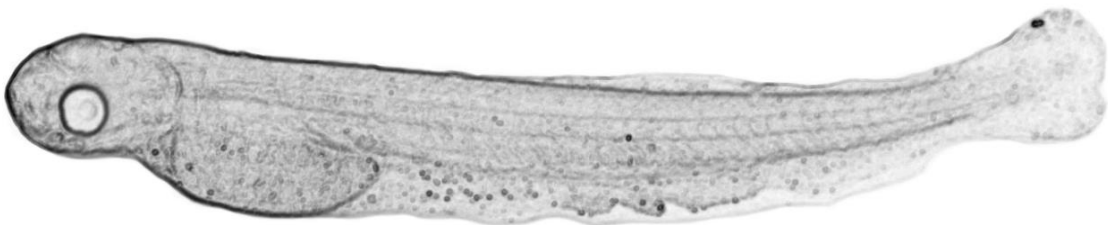
Espécies	Coleta 1 (06/12/2018)		Coleta 2 (09/01/2019)		Coleta 3 (24/01/2019)		Coleta 4 (16/04/2019)		Coleta 5 (30/07/2019)		Coleta 6 (18/10/2019)	
	Mutilado	Não mutilado	Mutilado	Não mutilado	Mutilado	Não mutilado	Mutilado	Não mutilado	Mutilado	Não mutilado	Mutilado	Não mutilado
apaf	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
asfa	2	11	19	16	3	10	2	8	0	0	0	3
asla	3	4	1	6	7	10	5	6	0	0	0	4
brih	0	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
chze	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
chst	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1
cymo	2	3	7	0	5	1	2	0	0	0	0	3
gagu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
gebr	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
gyca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gypa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
homa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
holi	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
hpan	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hyih	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
hysp	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hyst	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
ihla	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

pana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
pist	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	17
piar	0	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
piav	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ripe	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
seno	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sema	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
stin	1	0	1	1	3	2	0	1	0	0	0	1

CAPÍTULO 3



DA ECOLOGIA À CONSERVAÇÃO: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ICTIOPLÂNCTON EM UM RIO NÃO BARRADO DO SUDESTE DO BRASIL



DA ECOLOGIA À CONSERVAÇÃO: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ICTIOPLÂNCTON EM UM RIO NÃO BARRADO DO SUDESTE DO BRASIL

RESUMO

Ovos e larvas de peixes, ictioplâncton, são encontrados em muitos ambientes lóticos, lênticos e intermediários. Esses organismos são componentes fundamentais da história de vida dos peixes. Os estudos desse grupo, além de elucidar aspectos ecológicos, podem fornecer dados úteis para estratégias de conservação, especialmente em áreas sujeitas a impactos hidromorfológicos (e.g., barragens). Ovos e larvas do Rio Guareí (São Paulo, Brasil) foram estudados a fim de testar três hipóteses: (i) existe atividade reprodutiva de peixes migradores de longa distância no rio; (ii) maiores densidades de ovos ocorrem no curso superior do rio e maiores densidades larvais ocorrem no curso baixo; (iii) existem diferenças temporais nas densidades de ovos e larvas no rio. As amostragens foram realizadas aproximadamente quinzenalmente de novembro de 2017 até março de 2018 e de novembro de 2018 até março de 2019. Foram coletados um total de 859 ovos e 1340 larvas, o último componente compreendendo um total de 18 táxons (considerando o nível mais específico que foi possível a identificação, e.g. Ordens, Famílias). Como hipotetizado, larvas do peixe migrador *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1837) foram coletadas em dois sítios. No entanto, não foram encontradas diferenças espaciais significativas nas densidades de ovos e larvas. Por outro lado, diferenças temporais foram encontradas para as larvas no segundo ciclo. Este trabalho, além de importante em termos ecológicos, ajuda a entender o papel do Rio Guareí na manutenção da ictiofauna do reservatório de Jurumirim, o qual é tributário. Neste contexto, por ser tributário de reservatório, recomenda-se, em especial, o não barramento do Rio Guareí.

PALAVRAS-CHAVE

Afluentes; larvas; ovos; peixes; *Prochilodus lineatus*; reservatório de Jurumirim; tributário

INTRODUÇÃO

O ictioplâncton é um importante componente biológico o qual, necessariamente, é encontrado à deriva nos ecossistemas aquáticos (Nakatani et al. 2001). Esses organismos estão presentes nos mais variados tipos de ambientes, seja lântico ou lótico, como lagoas e lagos (e.g., Daga et al. 2009; Tondato et al. 2010), rios (e.g., Reynalte-Tataje et al. 2011; Zacardi et al. 2017), estuários (e.g., Sarpedonti et al. 2008; Marcolin et al. 2010), e mar (e.g., Mota et al. 2017; Bonecker et al. 2019). Nos rios, em particular, as larvas de peixes são levadas à deriva com o fluxo d'água até atingirem condições de natação; e, dependendo da espécie [e.g., *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816)], pode ser transportada pela água, com o fluxo, por dezenas de quilômetros (Rosa et al. 2019).

Avaliações espaciais do ictioplancton são fundamentais, por exemplo, para determinar áreas onde atividades de desova, e deriva de larvas, estão ocorrendo (e.g., Rosa et al. 2019). Por outro lado, a análise temporal do ictioplâncton pode auxiliar, por exemplo, no entendimento sobre o período reprodutivo de comunidades inteiras ou determinadas espécies de peixes (Castro et al. 2002; Henry & Suiberto 2014; Rosa et al. 2019). Outro aspecto importante, é que os estudos espaço ou temporais do ictioplancton podem fornecer informações sobre atividades reprodutivas de peixes migradores (Reynalte-Tataje et al. 2011; Barzotto et al. 2015; Rosa et al. 2019). Deste modo, os dados obtidos através de trabalhos ictioplanctônicos, podem ser utilizadas, em curto, médio, e longo prazo, para traçar estratégias de conservação de espécies de interesse comercial, ecológico — ou ambos (Nakatani et al. 2001; Bialetzki et al. 2016), especialmente em rios (ou outros ecossistemas dulcícolas) sujeitos à impactos e em regiões populosas.

Acessar o ictioplâncton de rios de pequeno a médio porte, seja de maneira espacial ou temporal, tem se tornado cada vez mais necessário, especialmente no sudeste brasileiro. Com a necessidade de gerar energia elétrica, muitos sistemas estão sujeitos a

novos barramentos (e.g., pequenas centrais hidrelétricas - PCHs, dentre outras). Uma vez consolidados em um rio, eles geram alterações hidrológicas com consequências negativas diretas e indiretas; especialmente para biota aquática (Agostinho et al. 2008; veja também Couto & Olden 2018 e Winemiller et al. 2016). Claro, outras atividades (e.g., agricultura), com alta perturbação para peixes e comunidades aquáticas em geral, também têm sido recorrentes (Pelicice et al. 2017). Atualmente, existem planos ou já foram construídas pequenas barramentos em afluentes de grandes reservatórios. Por exemplo, o Rio Verde, com foz no reservatório de Furnas (no sistema do alto Rio Paraná, em Minas Gerais), o qual já apresenta em seu curso uma hidrelétrica em pleno funcionamento (ANA 2019). Este é apenas um dos muitos casos existentes. O cenário requer muita atenção das autoridades e sociedade em geral, uma vez que essas novas barragens em tributários podem aumentar os impactos sobre a ictiofauna nativa dos reservatórios já existentes. Neste contexto de eminência de sucessivas perturbações, especialmente hidrológicas, estudos ictioplanctônicos — visando encontrar áreas de reprodução de peixes migradores em afluentes de reservatórios (Bialecki et al. 2016) — são extremamente oportunos.

A bacia do Rio Paraná, dentre todas as outras brasileiras, destaca-se pelo maior número de estudos acerca do ictioplancton (Bialecki et al. 2016). Nessa região, houve trabalhos realizados em lagos (e.g., Daga et al. 2009), em ambientes de transição para reservatórios (e.g., Henry & Suiberto 2014), e rios (e.g., Vianna & Nogueira 2008). No Rio Paranapanema, um tributário do alto Rio Paraná, o conhecimento tem sido gradativamente ampliado (e.g., Garcia et al. 2018), principalmente para o canal deste rio e áreas próximas de seus reservatórios (e.g., Henry & Suiberto 2014). Contudo, muitos afluentes (e.g., Rio Itapetininga, no alto curso), inclusive aqueles que deságuam em reservatórios (e.g., Rio Guareí), não tiveram sua comunidade ictioplanctônica avaliada.

O Rio Guareí (com ~ 90000 metros; Leite et al. 2012), na bacia do Rio Paranapanema (Fulan et al. 2012), ainda tem o seu percurso completamente livre de barragens de hidrelétricas. Além disso, é um corpo hídrico caracterizado por ser tributário de cabeceira de um reservatório de hidrelétrica. Esse conjunto de características torna o Rio Guareí interessante de ser estudado no aspecto da sua ictiofauna. Neste estudo, objetivou-se estudar a composição e distribuição espaço e temporal de ovos e larvas do Rio Guareí a fim de testar três hipóteses: (i) por apresentar seu regime hidrológico livre, e ser tributário de um reservatório com algumas espécies migradoras (Kurchevski & Carvalho 2014), a primeira hipótese é a de que haveria atividades reprodutivas de peixes “migradores de longa distância” (*sensu* Agostinho et al. 2003). Além disso, assim como mostrado na literatura (e.g., Baumgartner et al. 2004), hipotetizou-se que as maiores densidades de ovos seriam capturas na cabeceira e, de maneira inversa, as de larvas na região a jusante. Como já foi visto (e.g., Reynalte-Tataje et al. 2011), existem diferenças temporais nas densidades de ovos e de larvas em outros ambientes aquáticos do alto Rio Paraná; assim, o mesmo foi hipotetizado para o Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O Rio Guareí, que pode ser considerado de pequeno porte, é um dos primeiros de uma série de corpos hídricos que deságuam no reservatório de Jurumirim, na bacia do Rio Paranapanema (Henry et al. 2016). Estima-se que o seu comprimento, da nascente até a sua foz, seja de aproximadamente 90 km (Leite et al. 2012). No seu percurso, é notável a presença de muitas lagoas laterais de pequeno porte e poças, inclusive na sua porção média, que se conectam sazonalmente com o canal (Oliveira et al. 2012; V.M. Azevedo-Santos obs. pess.).

Apesar da disseminação de hidrelétricas no Brasil, incluindo as de pequeno porte (cf. Ferreira et al. 2016), o Rio Guareí ainda tem seu curso totalmente livre (i.e., sem barragens). Os impactos humanos mais notáveis atualmente são a remoção da vegetação nativa dos riachos do sistema (Capítulo 1) e a poluição (e.g., resíduos sólidos).

Os três locais de amostragem (aqui denominados de sítios) estão distribuídos ao longo do curso do Rio Guareí (Figura 1), desde a porção baixa até a alta. O primeiro local, considerado o Sítio 1 (S1) e com ~ 20 metros de largura, está disposto na porção baixa (23°27'51.44"S, 48°34'40.34"W), no bairro do Aterrado, no município de Angatuba, São Paulo. Em uma linha reta, o S1 dista por volta de 5 a 6 quilômetros da foz do Rio Guareí no reservatório de Jurumirim. O Sítio 2 (S2), com ~ 13 metros de largura, está localizado aproximadamente no curso médio do Rio Guareí (23°27'54.27"S, 48°25'18.95"W), na Ponte dos Mineiros, também município de Angatuba. O Sítio 3 (S3), o menor com ~5 metros de largura, está localizado no curso alto (23°21'56.83"S, 48°10'54.47"W), dentro do perímetro urbano do município de Guareí, São Paulo, Brasil.

O Rio Guareí apresenta numerosos afluentes de ambas as margens, mas trata-se apenas de riachos (cf. Capítulo 1). Imediatamente acima do S1, a aproximadamente 80 metros de distância, está situada a foz do Córrego do Aterrado, um riacho de terceira ordem (Capítulo 1). A montante dos demais sítios também existem desembocaduras de afluentes, mas não tão próximos como no S1. A primeira foz a montante do S2 é a do Ribeirão da Cachoeira, e a mais próxima do S3 é a de um riacho de nome desconhecido.

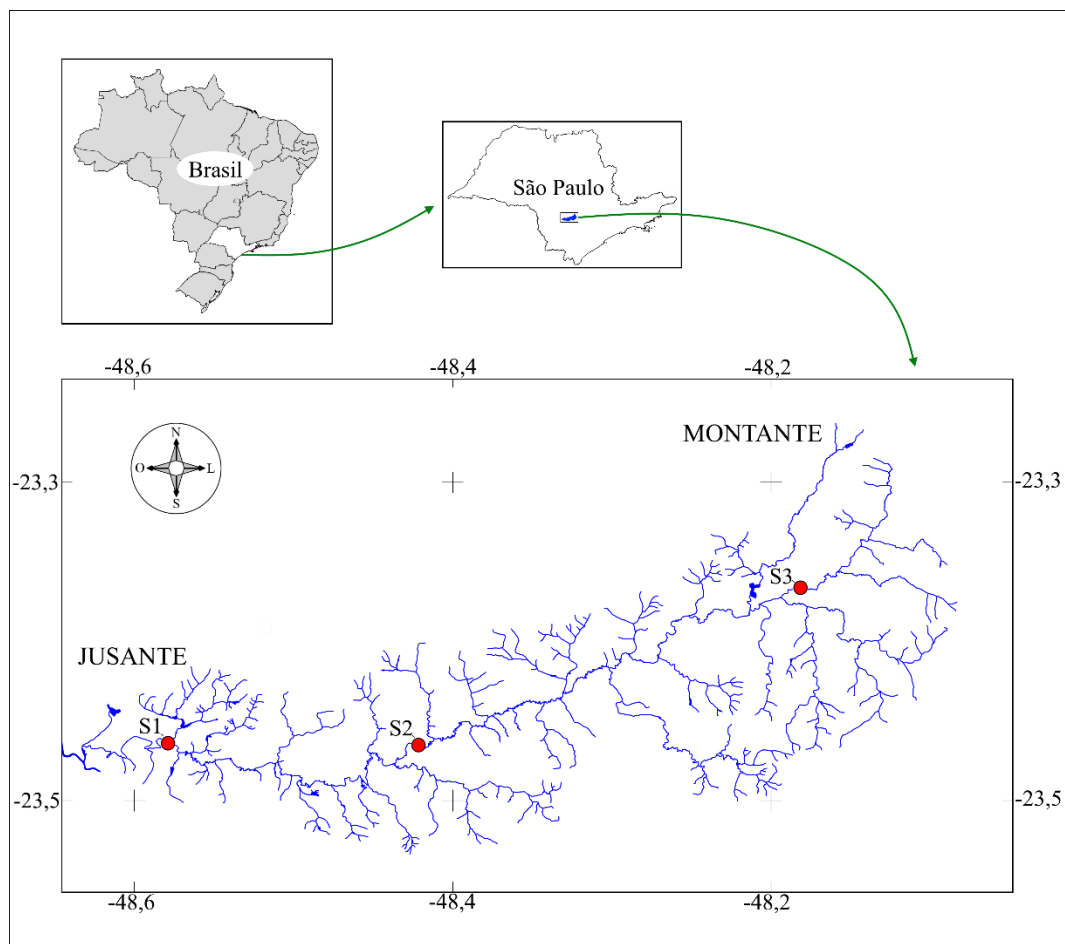


FIGURA 1. Mapa com a localização dos três sítios amostrados (em vermelho) ao longo do Rio Guareí, bacia do Rio Paranapanema (alto Rio Paraná), São Paulo (modificado do Capítulo 1).

MÉTODOS

A amostragem de ictioplancton no Rio Guareí, juntamente com as medidas de variáveis ambientais, ocorreram de novembro de 2017 até o mês de março de 2018 (primeiro ciclo) e de novembro de 2018 até março de 2019 (segundo ciclo). O período foi escolhido com base em Henry & Suiberto (2014), os quais fornecem dados sobre reprodução de peixes nesses mesmos meses em sítios próximos à área deste estudo. Foram feitas duas coletas em cada mês; sempre que possível quinzenalmente (Tabela 1).

TABELA 1. Informações detalhadas sobre os meses, seus acrônimos, e datas das coletas nos três sítios amostrais no Rio Guareí, São Paulo, Brasil

Meses	Acrônimos	Primeiro ciclo	Segundo ciclo
Novembro A	Nov A	06/11/2017	07/11/2018
Novembro B	Nov B	21/11/2017	20/11/2018
Dezembro A	Dez A	06/12/2017	06/12/2018
Dezembro B	Dez B	18/12/2017	19/12/2018
Janeiro A	Jan A	08/01/2018	09/01/2019
Janeiro B	Jan B	23/01/2018	24/01/2019
Fevereiro A	Fev A	06/02/2018	06/02/2019
Fevereiro B	Fev B	19/02/2018	19/02/2019
Março A	Mar A	06/03/2018	07/03/2019
Março B	Mar B	20/03/2018	21/03/2019

Trabalhos têm demonstrado a captura de maiores densidades larvais de peixes no período noturno quando comparado ao diurno (e.g., Garcia et al. 2018); por esse motivo as coletas nos três sítios no Rio Guareí foram realizadas a partir do anoitecer. Para a amostragem, foi utilizada rede de ictioplâncton (50 cm de diâmetro e malha de 300 µm) com um fluxômetro (modelo “General Oceanics”) afixado no aro da sua abertura. A rede era inserida aproximadamente no centro do canal do Rio Guareí por um período exato de 10 minutos. Esse procedimento ocorreu três vezes em cada sítio para cada coleta, totalizando trinta minutos de captura passiva em cada ponto e em cada coleta. Imediatamente após a coleta, foi inserido eugenol dentro do material coletado, com o intuito de, assim como tem sido feito para indivíduos adultos (e.g., Ferreira et al. 2017; Vicentin et al. 2019), anestesiá-los os indivíduos coletados. Por fim, o material coletado recebia fixador (i.e., CH₂O diluído e CaCO₃; *sensu* Nakatani et al. 2001).

No mesmo instante em que a rede de ictioplancton era armada, as variáveis limnológicas (i.e., Oxigênio Dissolvido - OD, pH, Condutividade, e Temperatura da água) eram aferidas por meio de uma sonda. Os dados fluviométricos são referentes às 18:00 horas de cada dia de coleta, e foram obtidos em DAEE (2019). Os valores diários do nível do Rio Guareí obtidos em DAEE (2019) são referentes a região da Ponte dos Teodoros (~ 1,7 km do S2 em uma linha reta) em Angatuba, São Paulo, Brasil.

No laboratório, as amostras foram preparadas para triagem utilizando água sobre uma peneira de 50 μm ; e em seguida triadas a fim de separar o material ictiológico de outros coletados (e.g., folhas). As amostras de ictioplâncton (ovos e larvas) foram transferidas para placas e triadas sob estereomicroscópio. Os ovos foram apenas separados e contados, uma vez que foi impossível determinar quais táxons se tratavam; e as larvas, por sua vez, foram contabilizadas e identificadas com base em Nakatani et al. (2001). Confirmação da determinação, quando necessária, foi realizada por especialista (cf. Agradecimentos). As larvas foram classificadas, de acordo com cada estágio larval, seguindo Ahlstrom & Ball (1954) adaptado em Nakatani et al. (2001; p. 33), tal como consta nesses últimos autores: “larval vitelínico”, “pré-flexão”, “flexão” ou “pós flexão”. Indivíduos representativos de alguns táxons (um total de oito), e em diferentes estágios, foram submetidos a coloração com azul de metileno (com o intuito de facilitar a visualização) e fotografados sob estereomicroscópio. A determinação do volume de água filtrada na rede planctônica seguiu Nakatani et al. (2001) e densidade de organismos bem como conversão para 10m^3 foi realizada com base em Tanaka (1973) *apud* Nakatani et al. (2001) e com adaptações feitas por esses últimos autores.

A análise de “Escalonamento Multidimensional Não Métrico” (NMDS) (Clarke & Warwick 2001) foi realizada para explorar a similaridade na estrutura da comunidade de larvas entre os três sítios amostrados. Para as análises, foram utilizadas apenas

densidades de famílias, uma vez que muitos táxons não foram identificados ao nível de espécie ou, até mesmo, gênero. Para a análise da estrutura da comunidade dos sítios (S1, S2, e S3) os dados de densidade foram transformados em $\text{Log}(x+1)$ e, posteriormente, foi calculada a matriz de similaridade de Bray-Curtis (Clarke & Warwick 2001), mas com a inserção de Dummy (0,01). Posteriormente, uma PERMANOVA foi realizada para testar diferenças significativas ($p < 0,05$) na estrutura entre os sítios amostrados no Rio Guareí. As análises, tanto NMDS quanto PERMANOVA, foram realizadas no PRIMER 6.0.

O teste Kruskal-Wallis (H), com os dados convertidos em $\text{Log}(x+1)$, foi realizado para investigar diferenças significativas das densidades de ovos e larvas (considerando $p < 0,05$ significante) entre os sítios de coleta (e.g., S1 vs S2; espacial) e meses amostrados (e.g., Jan A vs Jan B; temporal), em cada ciclo estudado. Quando se obteve diferenças significativas entre os sítios do Rio Guareí, o teste Dunn (Dunn 1964) foi aplicado. Ambos os testes, H e Dunn, foram realizados por meio do pacote FSA (Ogle et al. 2019). O software R Core Team (2018) foi utilizado para execução das análises.

Correlações de Pearson (entre ictioplâncton e variáveis) foram realizadas (para ambos os ciclos); com o intuito de avaliar a relação entre elementos bióticos e abióticos dos três sítios de amostragem do Rio Guareí (considerando significância $p < 0,05$). As análises, assim como para o H e Dunn, foram feitas utilizando o R (R Core Team 2018).

RESULTADOS

Foram coletados um total de 1340 larvas e 859 ovos nos sítios amostrados no Rio Guareí. No primeiro ciclo, foram capturados um total de 307 larvas e 567 ovos e, no segundo, um total de 1033 larvas e 292 ovos de peixes. As larvas foram identificadas até diferentes níveis taxonômicos, os quais abrangem classe (uma), ordem (total de duas), família (sete), gênero (dois), ou até espécie (sete); compreendendo um total de 19 táxons

(Tabela 2). Foram determinados 15 táxons no primeiro ciclo e 14 no segundo ciclo. Seis táxons foram identificados a nível de epíteto específico. Dentre eles está *Prochilodus lineatus* [Prochilodontidae; Figura 2 (a)], uma espécie de peixe “migrador de longa distância” (*sensu* Agostinho et al. 2003), mas suas larvas foram obtidas em apenas dois sítios no segundo ciclo (Tabela 2).

A estrutura da comunidade foi semelhante entre os três sítios de amostragem para ambos os ciclos (Figura 3a-b). O teste PERMANOVA mostrou que não existem diferenças significativas entre os sítios amostrados no primeiro ciclo e no segundo ciclo.

TABELA 2. Táxons e suas respectivas densidades média (10m³) para cada sítio durante cada um dos ciclos amostrais (classificação de cada táxon em Tabela S1).

Táxon - nível máximo de identificação	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
<i>Actinopterygii</i>	1,9238	0,3287	3,4642	-	-	0,8437
<i>Anostomidae</i>	0,1130	0,1018	-	3,9260	1,0089	-
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner 1879)	1,6488	1,3641	-	1,0414	-	-
<i>Astyanax</i> sp.	0,1141	-	0,7436	-	0,6668	-
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger 1887)	0,1959	0,2609	3,7678	-	0,1830	0,6946
<i>Bryconamericus</i> sp.	1,2926	2,5315	1,1463	12,0052	2,1812	3,3124
<i>Callichthyidae</i>	-	-	-	-	-	0,0194
<i>Characidae</i>	1,0301	2,2468	5,4966	3,6576	29,3673	10,7488
<i>Characiformes</i>	1,0529	1,6250	0,0279	0,2719	0,5408	-
<i>Curimatidae</i>	-	-	-	-	6,8202	1,6467
<i>Heptapteridae</i>	0,1223	0,3304	0,2549	-	4,0958	0,7615
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	-	0,0407	-	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	-	0,0121	0,0208	-	-	-
<i>Parodontidae</i>	0,0235	-	-	-	-	-
<i>Pimelodidae</i>	0,0222	0,0339	-	-	-	-
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes 1837)	-	-	-	0,0057	0,0609	-
<i>Schizodon nasutus</i> Kner 1858	1,1937	4,5731	-	3,4945	1,7162	-
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner 1858	-	-	-	0,3362	0,0852	-
<i>Siluriformes</i>	0,0128	-	-	0,0029	-	-

No primeiro ciclo, as densidades médias (10m^3) em termos espaciais ficaram entre 3,31 e 12,45 para ovos e 8,73 e 14,92 para larvas (Figura 4). No segundo ciclo, as densidades médias (10m^3) ficaram entre 1,80 e 7,40 para ovos e 18,03 e 46,73 para larvas (Figura 5). As análises estatísticas mostraram não haver diferenças significativas nas densidades de ovos e larvas entre os sítios de coleta tanto no primeiro ciclo quanto no segundo ciclo.

Com relação aos dias de coletas (i.e., temporal), as densidades médias (10m^3) no primeiro ciclo ficaram entre 0 e 36,39 para ovos e 0,54 e 35,19 para larvas (Figura 6). No segundo ciclo, as densidades médias (10m^3) atingiram valores entre 0 e 17,93 para ovos e 1,09 e 157,98 para larvas (Figura 7). Quando se comparou os dias amostrados no primeiro ciclo, não foram encontradas diferenças significativas para nenhum dos dois componentes, i.e. ovos e larvas. Por outro lado, diferenças significativas foram encontradas apenas para larvas no segundo ciclo ($\#df=9$; $p=0,04847$; e Tabela S2).

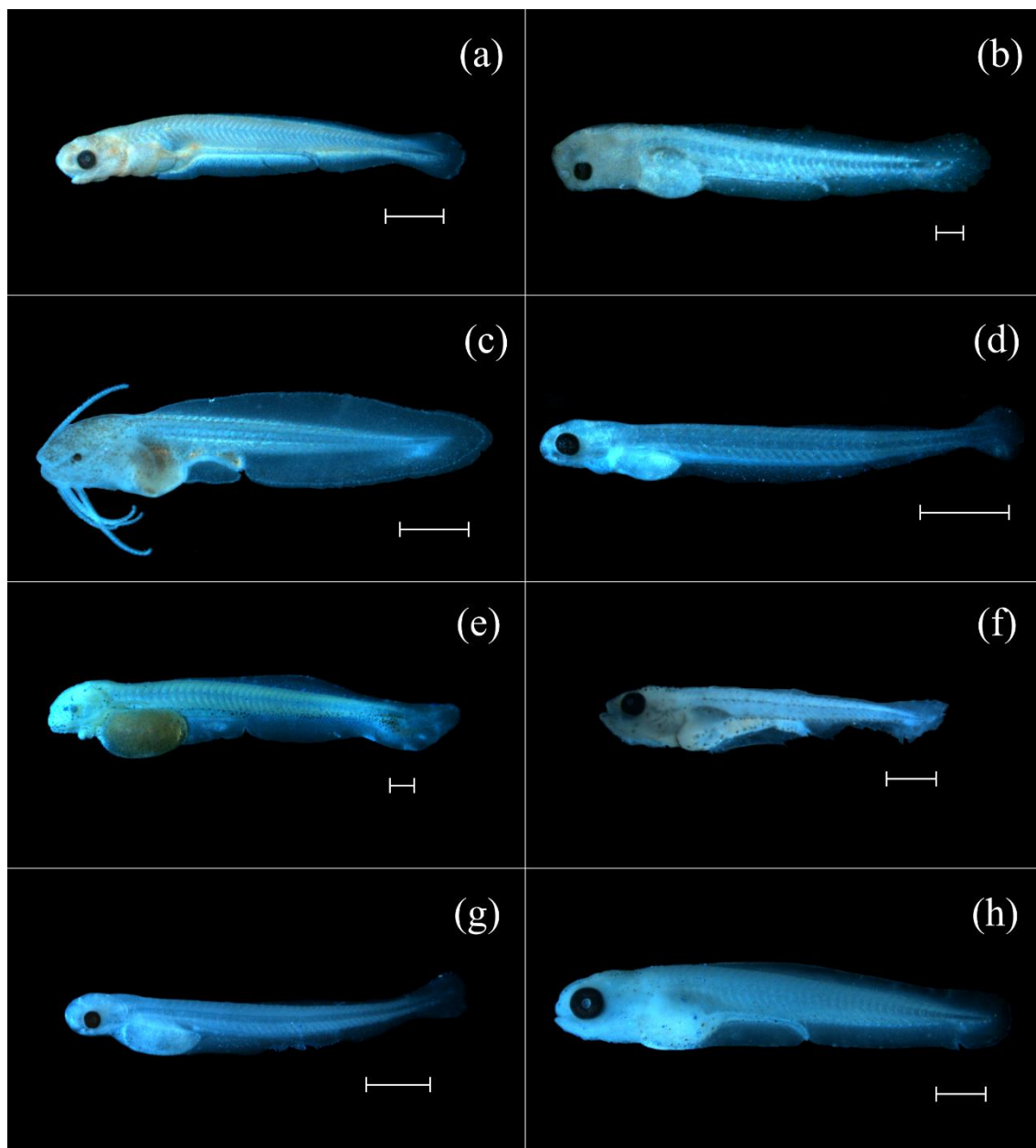


FIGURA 2. Exemplos de larvas de alguns táxons capturados no Rio Guareí: a) *Prochilodus lineatus*; b) Curimatidae; c) Heptapteridae; d) Parodontidae; e) Pimelodidae; f) Characidae; g) *Schizodon nasutus*; h) *Serrasalmus maculatus*. Barra = 1 mm.

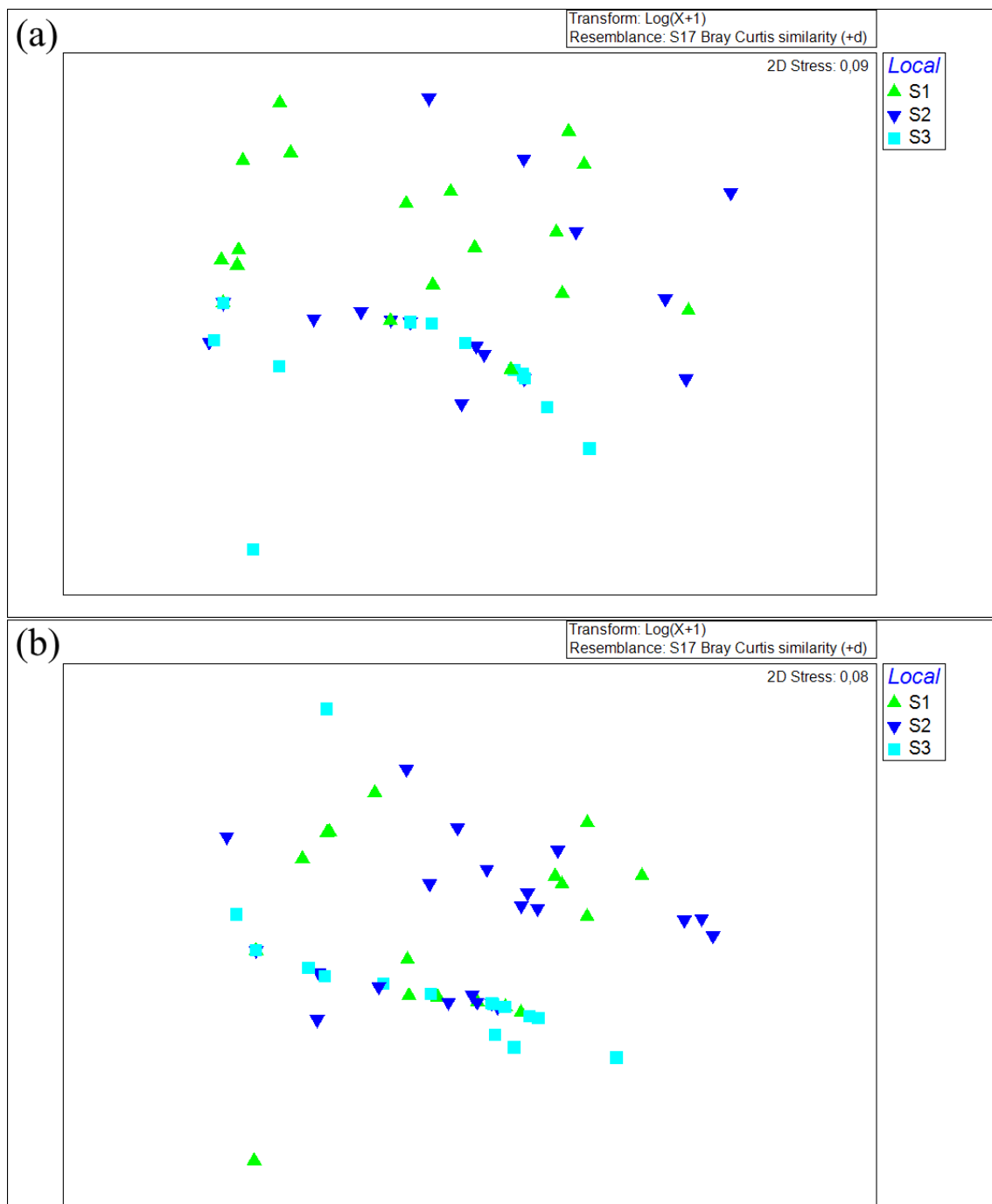


FIGURA 3. NMDS da estrutura da comunidade em cada um dos sítios do Rio Guareí:

(a) primeiro ciclo; (b) segundo ciclo.

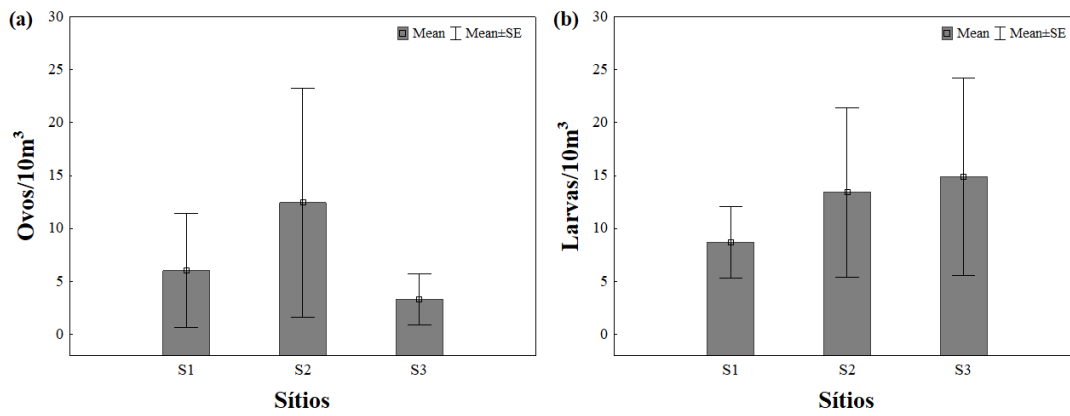


FIGURA 4. Densidade e desvio padrão dos ovos (a) e larvas (b) coletados em cada um dos três sítios de amostragem no Rio Guareí durante o primeiro ciclo.

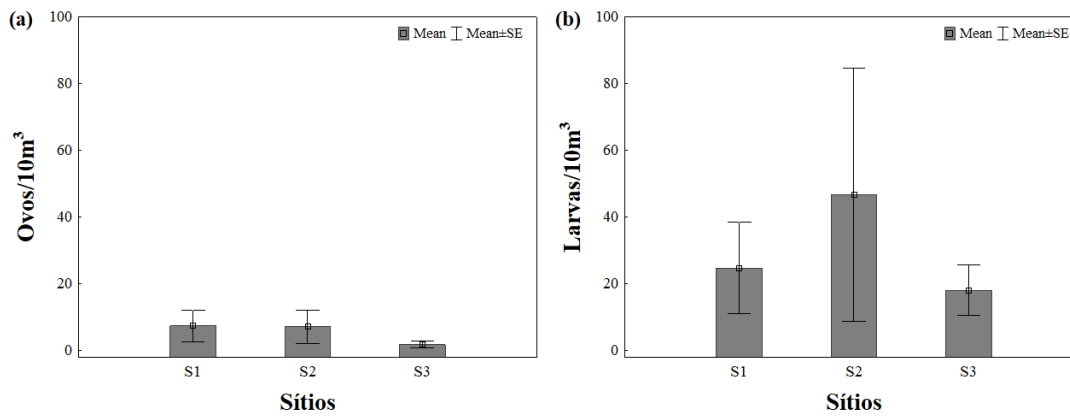


FIGURA 5. Densidade e desvio padrão dos ovos (a) e larvas (b) coletados em cada um dos três sítios de amostragem no Rio Guareí durante o segundo ciclo.

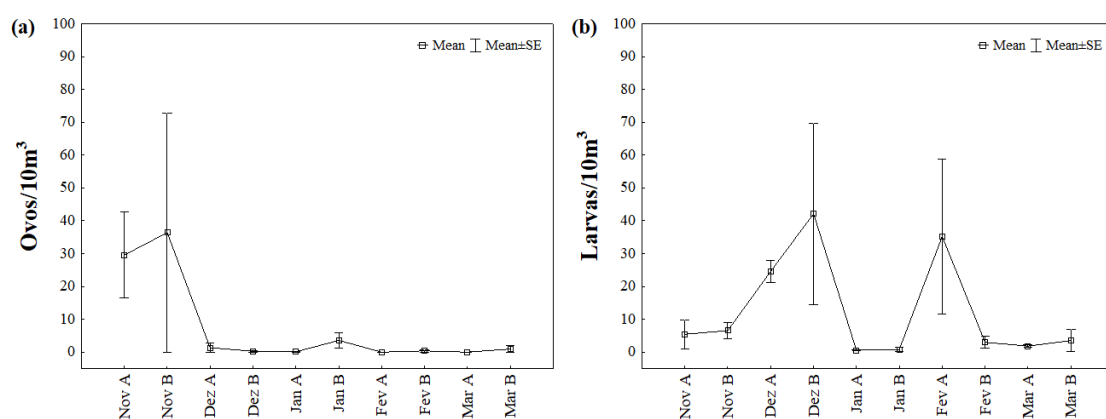


FIGURA 6. Densidade média dos ovos (a) e larvas (b) em cada dia de coleta (primeiro ciclo) em todos os sítios do Rio Guareí.

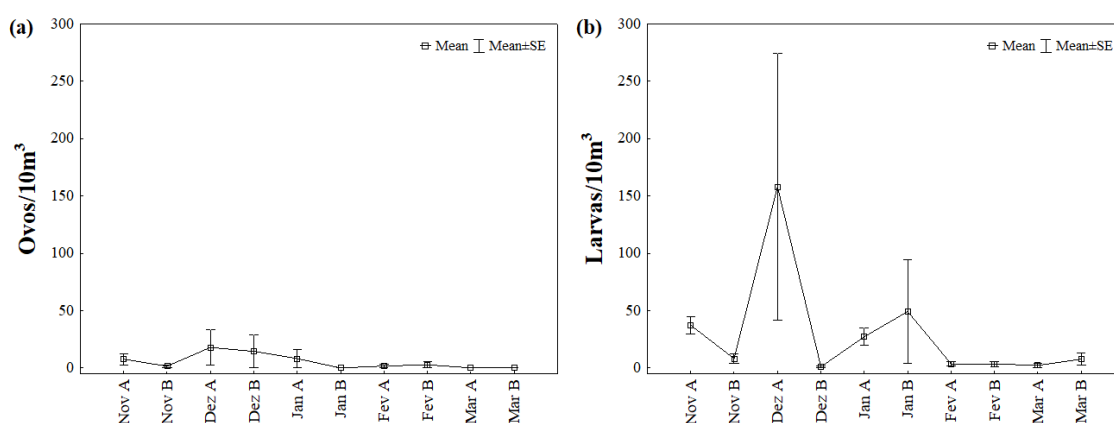


FIGURA 7. Densidade média dos ovos (a) e larvas (b) em cada dia de coleta (segundo ciclo) em todos os sítios do Rio Guareí.

Foram coletadas larvas em quatro estágios de desenvolvimento distintos. No primeiro ciclo (2017-2018), os valores de densidades médias (10m³), ficaram entre 7,10 e 11,03 para larval vitelínico, 1,58 e 4,79 para pré flexão, 0,01 e 0,75 flexão e 0 e 0,31 para pós flexão (Figura 8a). No segundo ciclo (2018-2019), os valores obtidos foram entre 0,98 e 7,32 para larval vitelínico, 11,91 e 45,61 pré-flexão, 0 a 0,07 flexão, e 0 a 0,07 pós-flexão (Figura 8b). Quando comparados as densidades entre os sítios de cada ciclo, foram encontradas diferenças significativas para a maioria dos estágios larvais (Tabela S3).

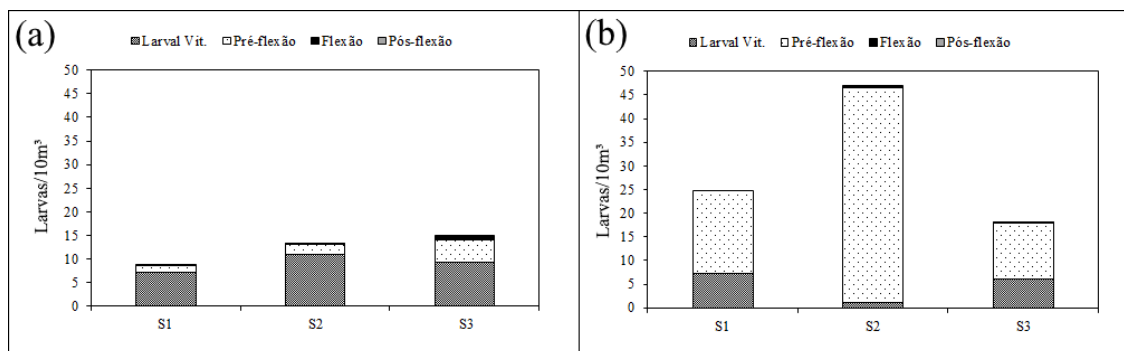


FIGURA 8. Densidade média dos estágios larvais coletados no primeiro (a) e no segundo (b) ciclo em cada um dos sítios do Rio Guareí.

Os valores de oxigênio dissolvido no primeiro ciclo, considerando os três sítios, ficaram entre 3,15 e 8,75, do pH entre 6,28 e 10,48, a condutividade elétrica entre 94 e 465, e temperatura entre 20 e 27 graus (Figura S1). No segundo ciclo, o oxigênio dissolvido variou entre 3,13 e 7,83, o pH entre 7,10 e 8,23, a condutividade entre 49 e 272, e temperatura entre 18 e 29 (Figura S2). O nível variou entre 0,87 e 2,93 metros no primeiro ciclo (Figura S3 - a) e 0,81 e 2,12 no segundo ciclo (Figura S3 - b).

No primeiro ciclo, análises da correlação de Pearson mostraram que ovos do S3 tiveram correlação positiva significativa ($P < 0,05$) com o nível do Rio Guareí. No S1, correlações positivas significativas foram encontradas entre larvas e condutividade elétrica. No S3, as correlações positivas significativas foram obtidas entre larvas e condutividade; e larvas e temperatura. No mesmo sítio, constatou-se correlações negativas significativas entre larvas e OD. No segundo ciclo, correlações significativas foram encontradas apenas no S1. Neste sítio, foram constatadas correlações negativas entre ovos e condutividade e positivas entre larvas e temperatura da água (Tabela S4).

DISCUSSÃO

Este estudo avaliou a composição, estrutura, e os padrões de distribuição espaço-temporais de ovos e larvas de peixes do Rio Guareí. Por ser um rio livre de barragens com foz direta na região de cabeceira de um reservatório de hidrelétrica (UHE de Jurumirim), os dados aqui apresentados são importantes e podem subsidiar estratégias de conservação, especialmente visando manter as populações ou comunidades de peixes.

Foram capturadas larvas de *Prochilodus lineatus* em dois sítios do Rio Guareí. Essa espécie, em geral, pode migrar distâncias consideráveis, maiores que 90 km, para concluir a sua reprodução (Agostinho et al. 1993; Agostinho et al. 2003). Com os barramentos, há um drástico bloqueio da “rota” de indivíduos da espécie e, como consequência, declínio populacional; que, em muitos casos, pode ser atenuado graças aos afluentes dos lagos de hidrelétricas (Agostinho et al. 2003), como é o caso do Rio Guareí. Outra espécie identificada foi *Schizodon nasutus*, peixe de médio porte (máximo ~ 30 cm) (Nobile et al. 2015). É considerada migradora; contudo, desloca-se pequenas distâncias para efetuar sua desova (Carvalho et al. 1998). Larvas de *S. nasutus* estiveram presentes na porção baixa (S1) e média (S2) em ambos os ciclos de amostragem. Deve ser considerado, no entanto, que ovos não foram identificados. Assim, uma possibilidade é que, na porção alta, a espécie tenha sido capturada apenas na fase de ovos e a eclosão ocorria após o S3; e larvas eram capturadas apenas na região média e baixa.

Apesar de larvas de *P. lineatus* terem sido encontradas, é importante lembrar que elas estiveram presentes nas amostras apenas no segundo ciclo. Acredita-se que a espécie tenha reproduzido no primeiro período deste estudo (2017-2018), mas simplesmente não foi capturada. Possivelmente este seja um indicativo de que monitoramentos do ictioplâncton, se possível, devem ser realizados com maior frequência (e.g., uma semana).

As espécies *Pimelodus maculatus* Lacepède 1803 e *Megaleporinus obtusidens* (Valenciennes 1837), dois migradores (Vazzoler et al. 1996) e de longa distância (Agostinho et al. 2003), têm ocorrência conhecida para o Rio Guareí (Capítulo 1). Henry & Suiberto (2014) mostraram a presença de larvas de *P. maculatus* na região de conexão do Rio Guareí - reservatório de Jurumirim. Isto sugere que larvas dessa espécie estejam presentes nas amostras identificadas apenas como Pimelodidae. De maneira análoga, não se descarta a existência de algum espécime de *M. obtusidens* no que foi determinado apenas como Anostomidae.

Atualmente, seis espécies de Heptapteridae são conhecidas para a bacia do Rio Guareí (*sensu* Capítulo 1), elas são: *Imparfinis borodini* Mees & Cala, 1989, *Imparfinis mirini* Haseman, 1911, *Phenacorhamdia tenebrosa* (Schubart, 1964), *Pimelodella avandavae* Eigenmann, 1917, *Pimelodella gracilis* (Valenciennes 1835), e *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). Dentre os indivíduos determinados apenas como Heptapteridae pode haver representantes de qualquer uma das seis espécies.

Hoplias malabaricus, *Hoplosternum littorale*, e *Serrasalmus maculatus*, são espécies que possuem cuidado parental (Prado et al. 2006; Suzuki et al. 2005). O método de coleta empregado neste trabalho foi passivo, ou seja, ovos e larvas estavam à deriva e atingiam a rede ictioplanctônica, que, por sua vez, estava fixa. Assim, presume-se que as larvas dessas espécies separaram-se acidentalmente, possivelmente devido ao pulso de inundação, e atingiram a rede nos respectivos sítios em que foram capturadas.

A estrutura da comunidade é similar entre os sítios (S1, S2, S3) de amostragem. Deve-se considerar, contudo, que as análises foram realizadas a nível de família, uma vez que a identificação, na maioria das vezes, não atingiu níveis específicos (cf. Bialezki et al. 2016 sobre o problema da identificação de ictioplancton). Acredita-se que esse seja o principal motivo que dificultou ou mesmo impediu a existência de dissimilaridades na

estrutura. Por exemplo, representantes de Characidae podem ocorrer ao longo de todo um rio, da nascente até a foz; mas é possível que diferentes espécies da família ocorram ao longo de um corpo d'água. Deste modo, os dados das análises de estrutura são tentativos.

Diferentemente do que se previa, não foram encontradas diferenças espaciais de ovos ou larvas ao longo do Rio Guareí. Dois fatores podem ser elencados para tentar explicar esses resultados; e eles podem ser considerados combinados ou não. O primeiro é que peixes não migradores podem liberar seus ovos em qualquer região de um sistema (Baumgartner et al. 2004); não precisam se deslocar até a porção alta como os migradores (Baumgartner et al. 2004). Os peixes de curta migração, também não necessariamente precisam migrar trechos distantes para efetuar a sua desova. Como a maioria das espécies que ocorrem no Rio Guareí — e na bacia como um todo — não são migradoras (Capítulo 1), é esperado a não existência de padrão diferente de ovos e larvas nas áreas de desova. A segunda explicação é a de que os riachos tributários do Rio Guareí estão exercendo muita influência sobre a densidade de ovos e larvas coletadas nos três sítios, dificultando possíveis variações espaciais. Isto é, os ovos e larvas de peixes, especialmente não migradores, que se reproduzem próximo a foz de riachos tributários, podem atingir o rio na região dos sítios de coleta, dificultando diferenças espaciais.

Apesar de não ter sido encontradas diferenças significativas para o primeiro ciclo em aspectos temporais, constatou-se que eventos de reprodução de espécies ocorreram todos os dias de coleta. Contudo, no segundo ciclo diferenças foram encontradas para larvas, onde Novembro A e Dezembro A (Tabela S2) apresentaram maiores densidades que outros dias. Como se trata de larvas, possivelmente interferências ambientais, as quais não foi possível determinar com os dados disponíveis, ocorreram em um ou mais dias que antecedem a coleta; o que refletiu na maior desova e, por sequência, na captura de maiores densidades de larvas em Novembro A e Dezembro A. De maneira geral, deve-se

considerar que o período estudado, em que ocorreram as amostragens no Rio Guareí, é o de reprodução de muitas espécies na região (Henry & Suiberto 2014), o que dificulta ainda mais encontrar um padrão de diferenças temporais de ovos e larvas. Provavelmente os resultados seriam diferentes se fossem comparados períodos seco e chuvoso (e.g., Reynalte-Tataje et al. 2011), o que não ocorreu no presente estudo.

Em cada sítio estudado, o estágio de desenvolvimento foi variável. Em geral, após a eclosão dos ovos, as larvas vão se desenvolvendo ao longo do processo de deriva no rio (Baumgartner et al. 2004). Então, os resultados encontrados mostram que o canal do rio é uma área de dispersão e crescimento. Considerando os dois ciclos, larvas em estágios de pré-flexão e pós-flexão tiveram menores densidades quando comparadas aos outros estágios anteriores a esses. Ou seja, quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento (i.e., flexão e pós-flexão) quando comparado a outros (e.g., larval vitelínico) menores as capturas. Como todas as larvas do nosso estudo foram coletadas à deriva, é provável que os estágios em flexão e pós-flexão apresentem algum tipo de mobilidade, o que dificulta em algum nível seu deslocamento com o fluxo do rio (i.e., podem deter uma resistência um pouco maior ao processo de deriva). Uma possibilidade é que larvas nesse estágio conseguem permanecer em áreas menos afetadas pela correnteza (i.e., remansos, incluindo aqueles próximos às vegetações) no Rio Guareí.

No primeiro ciclo, a correlação de Pearson mostra que o maior nível do corpo d'água influenciou em maiores densidades de ovos no S3. Além disso, as correlações indicam que maiores densidades de larvas no S1 e S3 foram encontradas quando a condutividade elétrica era maior. Outros autores (e.g., Baumgartner et al. 1997) encontraram resultados que convergem com os deste estudo, o que sugere que essa variável exerce forte influência sobre a eclosão dos ovos. Além disso, no S3 houve maiores densidades de larvas em presença de maiores temperaturas. No mesmo sítio, por

outro lado, o aumento dos níveis de oxigênio (OD) afetou a densidade de larvas. No segundo ciclo, maiores condutividades no S1 resultaram em menores densidades de ovos. Isso pode estar relacionado à localização do sítio próximo à foz de um riacho (Córrego do Aterrado), o qual provavelmente contribuiu para a redução da qualidade ambiental no local. No mesmo sítio, a temperatura foi importante para o aumento de densidades de larvas, sugerindo que temperatura também é um fator importante para eclosão dos ovos.

Não foi possível acessar o ictioplâncton das lagoas laterais ao Rio Guareí. Esses ambientes, em geral, são considerados áreas importantes para o crescimento de migradores e até mesmo para reprodução de espécies que apresentam cuidado parental (e.g., Daga et al. 2009). Assim, futuros esforços de amostragem, utilizando redes ou mesmo peneiras para plâncton, devem abranger lagoas (que são relativamente pequenas) da bacia do Rio Guareí. Novos estudos podem elucidar o papel desses ambientes lenticos para reprodução e/ou desenvolvimento de espécies de peixes do sistema.

Os dados aqui apresentados mostram que o Rio Guareí é um importante colaborador para a manutenção das populações de peixes no reservatório de Jurumirim, e sob diferentes formas, dada a conectividade entre os dois ambientes (i.e., rio e represa). Em primeiro lugar, é provável que espécies migradoras (de curta ou longa distância) aqui encontradas, e que ocorrem também no reservatório de Jurumirim (e.g., *S. nasutus*, *P. lineatus*; Kurchevski & Carvalho 2014), estejam utilizando esse tributário como caminho para concluir a sua reprodução; uma vez que o afluente detém importantes características das quais as espécies necessitam (e.g., corredeiras, etc). Em segundo lugar, larvas de espécies migradoras ou sedentárias que se reproduzem no Rio Guareí podem atingir os ambientes do reservatório de Jurumirim por meio de deriva; e em estágios viáveis para alimentação e deslocamento. Por exemplo, Rosa et al. (2019), no que chamou de “modelo conceitual”, estimou que larvas poderiam derivar longas distâncias até atingirem áreas de

crescimento. No caso deste estudo, uma vez nos ambientes do reservatório de Jurumirim, larvas ou juvenis poderão encontrar áreas de crescimento e com ampla oferta de alimento (i.e., zooplâncton), os quais estão disponíveis em elevadas quantidades nos reservatórios (Nogueira 2001; Casanova & Henry 2004). Em terceiro, espécies podem se reproduzir no próprio Rio Guareí, crescer nesse tributário, e simplesmente se deslocar para o reservatório de Jurumirim por diferentes razões, especialmente em busca de mais alimento, espaço ou refúgio (e.g., macrófitas) (Figura 9).

Muitas das espécies com registro de reprodução no Rio Guareí estão presentes no desembarque de pescadores do reservatório de Jurumirim, tais como *Schizodon nasutus*, *Prochilodus lineatus*, *Serrasalmus maculatus* (Novaes & Carvalho 2009) — sugerindo que elas têm algum tipo de valor comercial ou são utilizadas para consumo humano. Outras, que apesar de não terem sido identificadas neste estudo podem ter sido capturadas, e.g. *M. obtusidens* (como discutido acima), também estão presentes na pesca da região (Novaes & Carvalho 2009), o que reforça a necessidade de iniciativas para conservação.

Uma alternativa eficiente para atenuar os impactos das hidrelétricas sobre a ictiofauna, e que tem sido amplamente discutida por diversos cientistas (e.g., Marques et al. 2018; Silva et al. 2015), é a preservação ou o não barramento de afluentes de reservatórios. Frente aos elevados riscos de outras medidas (e.g., escadas; Pelicice & Agostinho 2008), provavelmente essa é uma das melhores alternativas, inclusive para região do reservatório de Jurumirim. Devido a provável importância do Rio Guareí na manutenção da ictiofauna do reservatório de Jurumirim, inclusive para espécies presentes na pesca regional, é razoável afirmar que é necessário evitar barramentos (motivados por qualquer atividade) ou outras perturbações antrópicas nesse importante tributário.

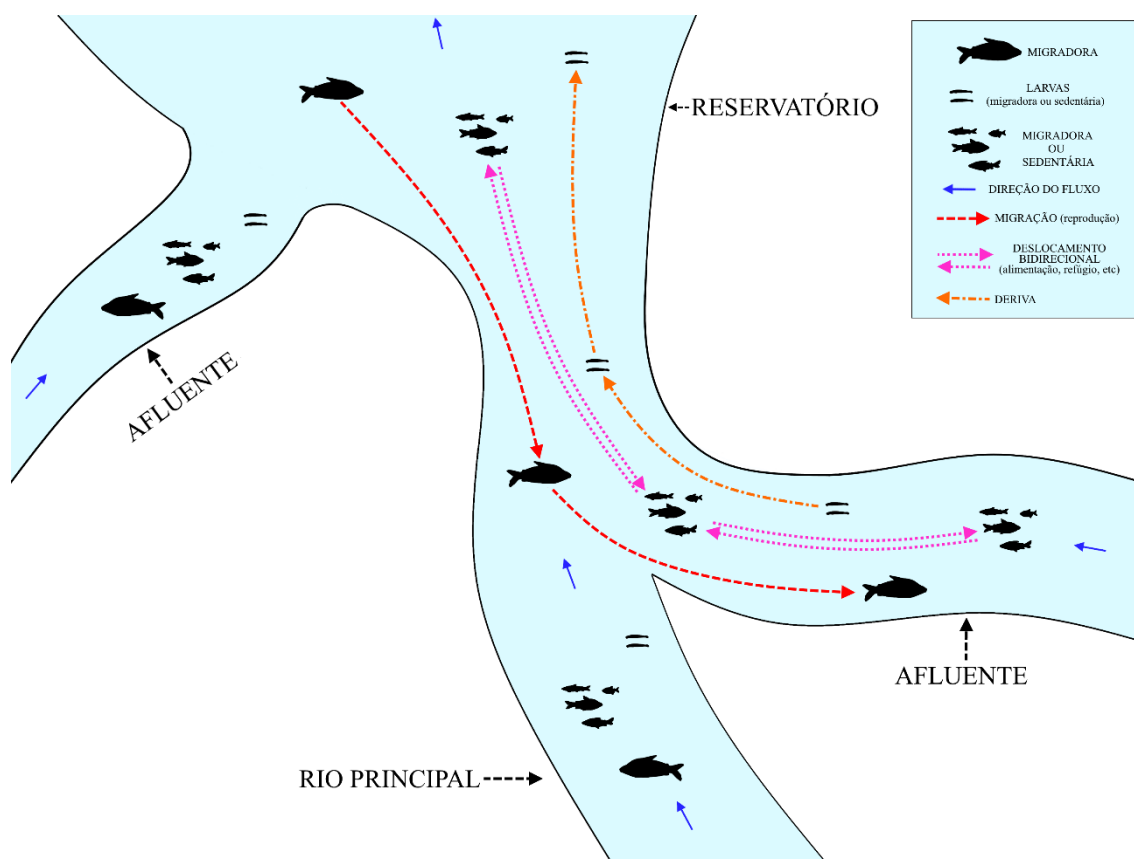


FIGURA 9. Modelo conceitual sobre como o Rio Guareí auxilia na manutenção das populações de peixes do reservatório de Jurumirim, São Paulo, Brasil.

CONCLUSÃO

Durante o período de estudo, ovos e larvas foram capturadas no Rio Guareí. As larvas foram identificadas à nível de classe até espécies, totalizando 19 táxons. A estrutura da comunidade se manteve similar ao longo do corpo d'água. Contudo, os dados são tentativos, uma vez que se houver identificação de ovos e larvas ao nível específico, é possível que os resultados de estrutura sejam diferentes. Negando o que foi previsto, os resultados obtidos mostraram que não existe variação espacial nas densidades de ovos e larvas do Rio Guareí. Isso sugere que, em rios de pequeno porte (e com muitas espécies não migradoras), o sistema inteiro pode ser área de desova e/ou crescimento de larvas. Quando consideramos a variação temporal, contudo, diferenças foram encontradas

apenas para larvas do segundo ciclo; confirmando, em partes, a hipótese a esse respeito. Além disso, com a captura de larvas de *Prochilodus lineatus*, a hipótese sobre atividade reprodutiva de migrador no rio foi confirmada. Uma vez que esta espécie migra longos percursos para viabilizar sua reprodução, é possível que indivíduos adultos tenham migrado do reservatório de Jurumirim até o Rio Guareí para realizar a desova. Dado o valor econômico e ecológico das espécies aqui encontradas, ações de conservação, de iniciativas públicas (e.g., prefeitura de Angatuba) e/ou privadas (e.g., China Three Gorges Corporation) devem incidir sobre o sistema do Rio Guareí. Fundamental para o momento é a não construção de barragens e implementação de ações para recuperar a qualidade da água onde eventualmente há poluição no corpo d'água.

AGRADECIMENTOS

Andréa Bialezki (UEM), pela confirmação da determinação de larvas de *Prochilodus lineatus* e de outros táxons coletados no Rio Guareí. Eduardo M. Brambilla (UNESP), pelas ajudas com as primeiras identificações de larvas do primeiro ciclo. A Paula N. Coelho (UNESP) e Vanessa S. Daga (UFPR), pelas ajudas com as estatísticas e discussão sobre as relações entre variáveis e densidades de ovos e larvas. Ao Marcelo F. G. Brito, pela sugestão com relação ao título. Ao Hamilton A. Rodrigues (UNESP), que deu apoio nos trabalhos de campo. Este estudo foi totalmente financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - 001).

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A.A., VAZZOLER, A.E.A.M., GOMES, L.C., OKADA, E.K. 1993.

Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas

fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brazil. Rev. Hydrobiol. Trop. 26: 79-90.

AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C., SUZUKI, H.I., JÚLIO, H.F. JR. 2003. Migratory fish from the upper Parana river basin, Brazil. In: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C., Baer, A., editors. Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Victoria: World Fisheries Trust, the World Bank and the International Development Research Centre; 2003. p.19-99.

AGOSTINHO, A.,A., PELICICE, F.M., GOMES, L.C.I. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Braz. J. Biol. 68: 1119-1132.

AHLSTROM, E.H., BALL, O.P. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. Fish Bull. 56:209-245

ANA (Agência Nacional das Águas)

<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=5094e51beb90418aab741d9dc56ddeb9>. Acessado em:10/12/2019

BARZOTTO, E., SANCHES, P. V., BIALETZKI, A., ORVATI, L., & GOMES, L. C. 2015. Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remnant of the Paraná River in Brazil. Zoologia, 32(4), 270–280.

BAUMGARTNER, G., NAKATANI, K., CAVICCHIOLI, M. & BAUMGARTNER, M.S.T. 1997. Some aspects of the ecology of fish larvae in the floodplain of high Parana river, Brazil. Rev. Bras. Zool. 14(3):551-563.

BAUMGARTNER, G., K. NAKATANI, L. C. GOMES, A. BIALETZKI, P. V. SANCHES & MAKRAKIS, M. C. 2004. Identification of spawning sites and

- natural nurseries in the upper Paraná River, Brazil. *Environ. Biol. Fish.* 71:115-125.
- BIALETZKI, A., GARCIA, D. A. Z., ORSI, M. L. 2016. O estudo de ovos e larvas de peixes. In: ORSI, M. L.; ALMEIDA, F. S.; SWARÇA, A. C.; CLARO-GARCIA, A.; VIANNA, N. C. ZOCCAL, D. A. G; BIALETZKI, A.. (ORG.). Ovos, larvas e juvenis dos peixes da Bacia do Rio Paranapanema, uma avaliação para a conservação. 1ed.Assis: Triunfal Gráfica e Editora, v. 1, p. 17-24
- BONECKER, A. C. T., DIAS, C. D. O., DE CASTRO, M. S., DE CARVALHO, P. F., ARAUJO, A. V., PARANHOS, R., ... BONECKER, S. L. C. 2018. Vertical distribution of mesozooplankton and ichthyoplankton communities in the South-western Atlantic Ocean (23°14'1"S 40°42'19"W). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 99(1), 51–65.
- CARVALHO, E.D., FUJIHARA, C.Y. & HENRY, R. 1998. A study of the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 26:2199-2202.
- CASANOVA, S. M. C. & HENRY, R. 2004. Longitudinal distribution of Copepoda populations in the transition zone of Paranapanema river and Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil) and interchange with two lateral lakes. *Braz. J. Biol.* [online]. 2004, 64: 11-26.
- CASTRO, R. J., NAKATANI, K., BIALETZKI, A., SANCHES, P. V., & BAUMGARTNER, G. 2002. Temporal distribution and composition of the ichthyoplankton from Leopoldo's Inlet on the Upper Paraná River floodplain (Brazil). *J. Zool.* 256(4), 437–443.

- COUTO, T.B.A. & OLDEN, J.D. 2018. Global proliferation of small hydropower plants – science and policy. *Front. Ecol. Environ.* 16: 91– 100.
<https://doi.org/10.1002/fee.1746>.
- CLARKE, K., WARWICK, R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. National Environment Research Council, Plymouth.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo). 2019. [Hidrologia, Banco de dados hidrológicos]. Disponível em: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>.
- DAGA, V.S., GOGOLA, T.M., SANCHES, P.V., BAUMGARTNER, G., BAUMGARTNER, D., PIANA, P.A., GUBIANI, E.A., DELARIVA, R.L. 2009. Fish larvae assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Paraná River, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 7(3):429-438
- DUNN, O. J. 1964. Multiple comparisons using rank sums *Technometrics* 6: 241–252.
- FERREIRA, J. H. I., CAMACHO, J. R., MALAGOLI, J. A., JÚNIOR, S. C. G. 2016. Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 56: 380-387.
- FERREIRA, F. S., DUARTE, G. S. V., SEVERO-NETO, F., FROEHLICH O., SÚAREZ, Y. R. 2017. Survey of fish species from plateau streams of the Miranda River Basin in the Upper Paraguay River Region, Brazil. *Biota Neotrop.* 17(3): e20170344. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0344>
- FULAN, J.A. HENRY, R. & DAVANSO, R. 2012. Os efeitos da ação antrópica sobre a distribuição de macroinvertebrados no Rio Guareí, São Paulo. *Estudos de Biologia*, 34: 51-56.

- GARCIA, D. A. Z., COSTA, A. D. A., ALMEIDA, F. S. D., BIALETZKI, A. & ORSI, M. L. 2018. Spatial distribution and habitat use by early fish stages in a dammed river basin, Southern Brazil. *Ver. Biol. Trop.* 66(2), 605-621.
- HENRY, R. & SUIBERTO, M. R. 2014. Distribuição do ictioplâncton na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim. In: Raoul Henry. (Org.). *Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem e aspectos sociais*. 1ed. Ribeirão Preto, SP: HOLOS EDITORA, 2014, v. 1, p. 307-323.
- HENRY, R., PAES, J. V. K., KURCHEVSKI, G. & SOUSA, J.Q. 2016. A represa de Jurumirim e seus tributários. In: SILVA, RJ., org. *Integridade ambiental da represa de Jurumirim: ictiofauna e relações ecológicas*. São Paulo: Editora UNESP, pp. 15-30.
- KURCHEVSKI, G. & CARVALHO, E.D. 2014. Os peixes da represa de Jurumirim: revisão temporal de estudos independentes. In: Henry, R. (Org.). *Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem e aspectos sociais*. 1ed. Ribeirão Preto: Holos, 2014, v., p. 325-342.
- LEITE, I., FOGAÇA, C.A., MATOS, D.R.M., FÉLIX, E.S., GOMES, K.F., OLIVEIRA, R.F. & HONÓRIO, R.K.A. 2012. A bacia de drenagem, a geomorfologia, os usos do solo, a cobertura vegetal, a precipitação e o canal fluvial do Rio Guareí. In: HENRY, R. *O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica*. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- MARCOLIN, C.R., CONCEIÇÃO, B.L., NOGUEIRA, M.M., JÚNIOR, P.M. & JOHNSSON, R. 2010. Mesozooplankton and Ichthyoplankton composition in two tropical estuaries of Bahia, Brazil. *Check List* 6: 210 – 216

- MARQUES, H., DIAS, J.H.P., PERBICHE-NEVES, G., KASHIWAQUI, E.A.L. & RAMOS, I.P. 2018. Importance of dam-free tributaries for conserving fish biodiversity in Neotropical reservoirs. *Biol. Conserv.* 224:347-354.
- MOTA, E. M. T., GARCIA, T. M., FREITAS, J. E. P. & SOARES, M. O. 2017. Composition and cross-shelf distribution of ichthyoplankton in the Tropical Southwestern Atlantic. *Regional Studies in Marine Science*, 14, 27-33.
- NAKATANI, K., AGOSTINHO, A. A., BAUMGARTNER, G., BIALETZKI, A., SANCHES, P. V., MAKRAKIS, M. C., & PAVANELLI, S. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: Desenvolvimento e manual de identificação. Maringá, Brazil: EDUEM.
- NOBILE, A. B., BRAMBILLA, E. M., LIMA, F. P., FREITAS-SOUZA, D., BAYONA-PEREZ, I. L. & CARVALHO, E. D. 2015. Length-weight relationship of 37 fish species from the Taquari River (Paranapanema Basin, Brazil). *J. Appl. Ichthyol.* 31(3), 580-582.
- NOGUEIRA, M.G. 2001. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 455: 1-18
- NOVAES, J.L.C. & CARVALHO, E.D. 2009. Recursos pesqueiros oriundos da pesca artesanal no reservatório de Jurumirim, Rio Paranapanema, Alto Paraná, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 35: 553-565.
- OGLE DH, WHEELER P, DINNO A. 2019. FSA: fisheries stock analysis. *R package* version 0.8, 24
<https://cran.r-project.org/web/packages/FSA/FSA.pdf>
- OLIVEIRA, M. A., SANTOS, A.M.V., SILVA, A.A.M., SANTOS, A.O., CIRIACO, C.A.T., MEDEIROS, E.R., POMPEU, F.C., RODRIGUES, J.M., DELGADO,

- P. F. O., PAULO, M.J.L., SUIBERTO, M.R., SILVA, C.V. (2012). As macrófitas aquáticas nas bordas do Rio Guareí e lagoas associadas: composição, biomassa e área de cobertura; decomposição e colonização por invertebrados aquáticos. In Henry, R., org. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. São Paulo: Editora FUNDIBIO, pp. 79-98
- PELICICE, FM. & AGOSTINHO, AA., 2008. Fish passage facilities as ecological traps in large Neotropical Rivers. *Conserv. Biol.* 22:180-188.
- PELICICE, F.M., AZEVEDO-SANTOS, V.M., VITULE, J.R.S., ORSI, M.L., LIMA-JUNIOR, D.P., MAGALHÃES, A.L.B., POMPEU, P.S., PETRERE JR, M. & AGOSTINHO, A.A. 2017. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. *Fish Fish.* 18 (6):1119-1133.
<https://doi.org/10.1111/faf.12228>
- PRADO, C. P. A., GOMIERO, L. M., & FROEHLICH, O. 2006. Spawning and parental care in *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Characiformes, Erythrinidae) in the Southern Pantanal, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66(2b), 697-702.
- REYNALTE-TATAJE, D.A., NAKATANI, K., FERNANDES, R., AGOSTINHO, A.A., BIALETZKI, A. 2011. Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/ Brazil): Influence of environmental variables. *Neotrop. Ichthyol.* 9(2):427-436
- R CORE TEAM. 2018. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <http://www.R-project.org> (acesso 01.07.19).

- ROSA, R. R. ; SILVA, J. C. ; BIALETZKI, A. 2019. Long-term monitoring of potamodromous migratory fish larvae in an undammed river. Mar. Environ. Res. <https://doi.org/10.1071/MF18412>.
- SARPEDONTI, V., ANUNCIAÇÃO, E.M.S., NAHUM, V.J.I. 2008. Ichthyoplankton variations in two mangrove creeks of the Curuçá estuary, Pará, Brazil. *Ecotrópicos* 21(1):1-12
- SILVA, P. S., M. C. MAKRAKIS, L. E. MIRANDA, S. MAKRAKIS, L. ASSUMPÇÃO, S. PAULA, J. H. P. DIAS & H. MARQUES. 2015. Importance of reservoir tributaries to spawning of migratory fish in the upper Paraná River. *River Res. Appl.* 31: 313-322.
- SUZUKI, H. I.; BULLA, C. K. ; AGOSTINHO, A. A. ; GOMES, Luiz Carlos. 2005. Estratégias reprodutivas de peixes de reservatórios do estado do Paraná e bacias limítrofes. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C.. (Org.). *Biocenoses em Reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos - SP: RiMa, 2005, v. 1, p. 223-242.
- TANAKA, S. 1973. Stock assessment by means of ichthyoplankton surveys. *FAO Fish.* 122:33-51.
- TONDATO, K.K., MATEUS, L.A.F., ZIOBER, S.R. 2010. SPATIAL and temporal distribution of fish larvae in marginal lagoons of Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 8: 123-134
- VAZZOLER, A.E. A. M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos : teoria e prática* / Anna Emília Amato de Moraes Vazzoler; Apresentação de Paulo de Tarso da Cunha Chaves -- Maringá : EDUEM ; São Paulo : SBI, 1996. 169 p. : il.

- VICENTIN, W., FERREIRA, F. S., SÚAREZ, Y. R. 2019. Ichthyofauna of lotic environments in the Ivinhema river basin, upper Paraná river, Mato Grosso do Sul state, Brazil. *Biota Neotrop.* 19(4): e20190735.
<http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0735>.
- VIANNA, N. C. & NOGUEIRA, M. G. 2008. Ichthyoplankton and limnological factors in the Cinzas River – an alternative spawning site for fishes in the middle Paranapanema River basin, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 20: 139–151.
- ZACARDI, D.M., PONTE, S.C.S., FERREIRA, L.C., LIMA, M.A.S., SILVA, A.J.S., CHAVES, C.S. 2017. Diversity and spatio-temporal distribution of the ichthyoplankton in the lower Amazon River, Brazil. *Biota Amazônia*, 7: 12-20
- WINEMILLER, K. O., MCINTYRE, P.B., CASTELLO, L., FLUET-CHOUINARD, E., GIARRIZZO, T., NAM, S., BAIRD, I. G., DARWALL, W., LUJAN, N. K., HARRISON, I., STIASSNY, M. L. J., SILVANO, R. A. M., FITZGERALD, D. B., PELICICE, F. M., AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., ALBERT, J.S., BARAN, E., PETRERE JR., M., ZARFL, C., MULLIGAN, M., SULLIVAN, J. P., ARANTES, C. C., SOUSA, L. M. KONING, A. A., HOEINGHAUS, D. J., SABAJ, M., LUNDBERG, J. G., ARMBRUSTER, J., THIEME, M. L., PETRY, P., ZUANON, J., TORRENTE VILARA, G., SNOEKS, J., OU, C., RAINBOTH, W., PAVANELLI, C. S., AKAMA, A., VAN SOESBERGEN, A. & SÁENZ, L. 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* 351: 128-129.
<https://science.sciencemag.org/content/351/6269/128>

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELA S1. Classificação (*sensu* Fricke *et al.* 2018a, Fricke *et al.* 2018b) de cada táxon (em vermelho) capturado no Rio Guareí.

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE
Actinopterygii	Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)
		Parodontidae	<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner 1879)
		Serrasalmidae	<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner 1858
		Anostomidae	<i>Schizodon nasutus</i> Kner 1858
		Curimatidae	—
		Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes 1837)
		Characidae	<i>Astyanax</i> sp.
			<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger 1887)
			<i>Bryconamericus</i> sp.
	Siluriformes	Heptapteridae	—
		Pimelodidae	—

Callichthyidae

Hoplosternum littorale (Hancock 1828)

TABELA S2. Resultados significativos do test de Dunn para larvas coletadas no segundo ciclo no Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

COMPARAÇÕES ENTRE OS DIAS DE COLETA	
Dezembro A - Dezembro B	0,01
Dezembro A - Fevereiro A	0,03
Dezembro A - Fevereiro B	0,03
Dezembro A - Março A	0,02
Dezembro B - Novembro A	0,01
Dezembro B - Janeiro A	0,03
Fevereiro A - Novembro A	0,03
Fevereiro B - Novembro A	0,04
Março A - Novembro A	0,02
Janeiro A - Março A	0,05

TABELA S3. Resultados das análises estatísticas espaciais dos estágios larvais (valores significativos em negrito).

Comparações	Ciclo 1			Ciclo 2		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Flexão - Larval.Vit.	p<0,001	p<0,001	p=0,003	p<0,001	p<0,001	p=0,108
Flexão - Pós.Flex.	p<0,001	p<0,001	p=0,508	p=1,000	p<0,001	p=0,986
Larval.Vit. - Pós.Flex.	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,085
Flexão - Pré.Flex.	p<0,001	p<0,001	p=0,202	p<0,001	p<0,001	p=0,018
Larval.Vit. - Pré.Flex.	p<0,001	p<0,001	p=0,216	p=1,000	p<0,001	p=0,896
Pós.Flex. - Pré.Flex.	p<0,001	p<0,001	p=0,086	p<0,001	p<0,001	p=0,016

TABELA S4. Correlações de Pearson (em negrito $P < 0,05$) entre as variáveis ambientais (Oxigênio dissolvido, pH, Condutividade, e Temperatura da água) e a densidade de ovos e larvas em cada sítio (S1, S2, e S3) e ciclo (primeiro 2017-2018 e segundo 2018-2019).

Sítio	Variáveis ambientais	Primeiro Ciclo		Segundo Ciclo	
		Ovos	Larvas	Ovos	Larvas
S1	pH	-0,47	0,11	-0,40	-0,10
	OD	0,32	-0,20	-0,49	0,12
	Condutividade	-0,03	0,64	-0,67	0,42
	Temperatura	-0,02	0,51	0,22	0,69
	Nível (m)	0,59	-0,58	0,00	-0,06
S2	pH	-0,38	-0,02	-0,31	-0,44
	OD	0,45	-0,06	0,11	-0,04
	Condutividade	0,26	0,54	0,07	-0,04
	Temperatura	0,00	0,12	-0,06	0,04
	Nível (m)	-0,17	-0,36	0,13	0,27
S3	pH	-0,62	-0,27	0,00	0,47
	OD	0,34	-0,69	0,34	0,02
	Condutividade	-0,23	0,80	0,01	-0,07
	Temperatura	-0,20	0,73	-0,52	-0,20
	Nível (m)	0,77	-0,25	-0,28	0,26



FIGURA S1. Valores das variáveis limnológicas em cada sítio e em cada dia de coleta do primeiro ciclo.

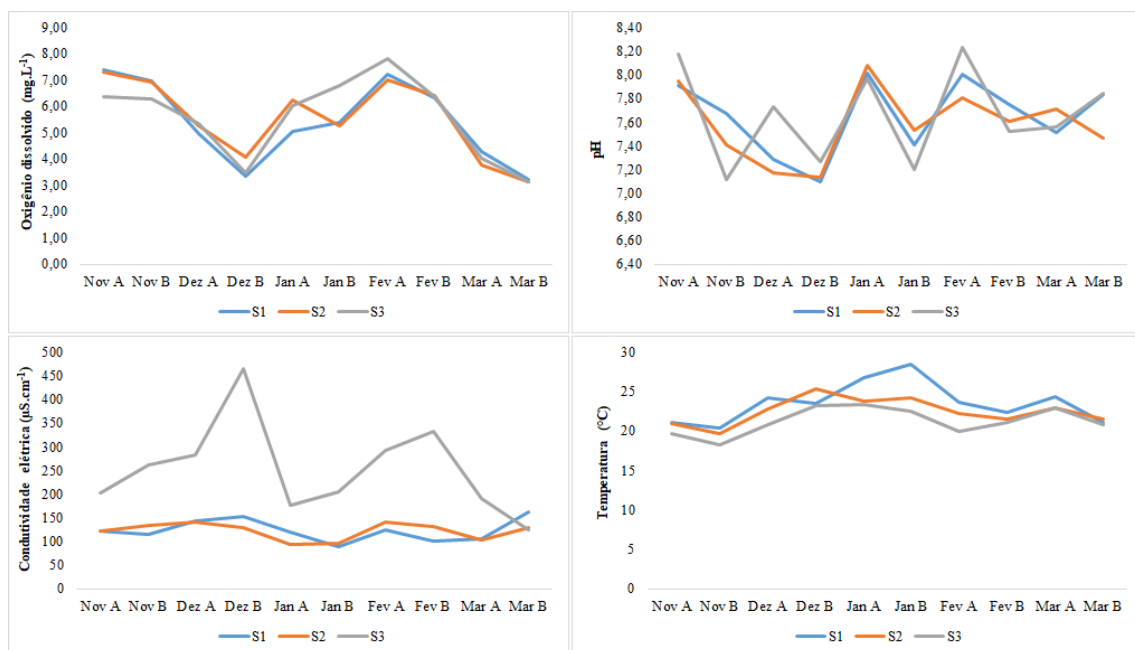


FIGURA S2. Valores das variáveis limnológicas em cada sítio e em cada dia de coleta do segundo ciclo.

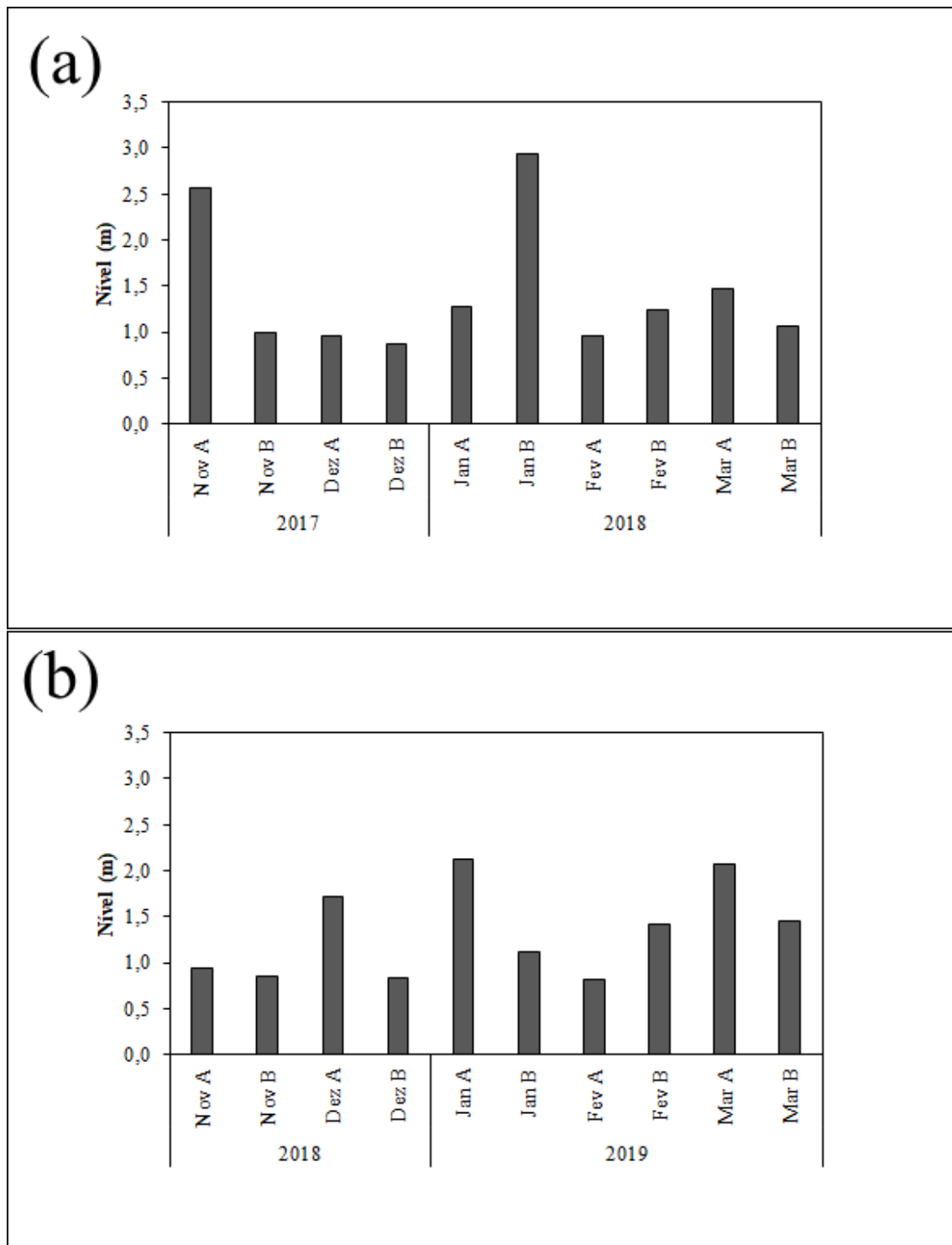


FIGURA S3. Nível do rio e densidades larvais em cada um dos dias de coleta: (a) primeiro ciclo; (b) segundo ciclo

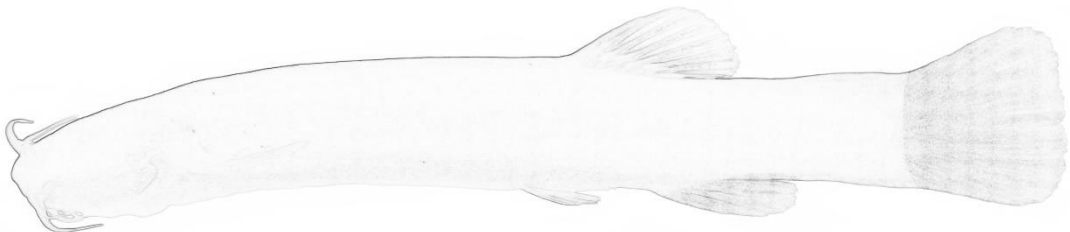
REFERÊNCIAS (MATERIAL SUPLEMENTAR)

- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & R. van der Laan (eds) (2018a). CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 22,12, 2018.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & Fong, J. D. (2018b). SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019 [Recalculated with each new version; based on current literature, this provides all available species names, valid species, and species described in the last 10 years by family/subfamily.]

CAPÍTULO 4



**CASO DE ALBINISMO EM UM INDIVÍDUO DO GÊNERO
CAMBEVA COLETADO EM UM RIACHO
NEOTROPICAL**



**CASO DE ALBINISMO EM UM INDIVÍDUO DO GÊNERO *CAMBEVA*
COLETADO EM UM RIACHO NEOTROPICAL**

RESUMO

Casos de albinismo em peixes, incluindo em populações selvagens de águas superficiais, foram relatados por diversas vezes na América do Sul. Neste trabalho, registra-se um albino de *Cambeva guareiensis* coletado na bacia do Rio Guareí, alto Rio Paraná. Na mesma coleta, o peixe com albinismo foi capturado em sintopia com outros sete indivíduos da espécie (todos apresentando padrão de coloração normal). Apresenta-se aqui uma descrição do colorido do albino em vida e posteriormente sua fixação. A causa do albinismo no bagre permanece desconhecida, mas acredita-se que seja natural.

PALAVRAS-CHAVE

Albino; anomalia; peixes; Rio Paranapanema; Siluriformes; Trichomycteridae

INTRODUÇÃO

Os peixes, assim como muitos outros grupos na natureza, podem nascer ou desenvolver anomalias (e.g., Barahona-Fernandes 1982; Catelani et al. 2017), dentre elas as relacionadas à coloração, como o albinismo (e.g., Brito & Caramaschi 2005; Manoel et al. 2017). De acordo com Sazima & Pombal Jr (1986; p. 380), um indivíduo com essa condição, além da ausência de qualquer tonalidade escura (e.g., preto), detém “olhos róseos ou avermelhados”. Atualmente, são conhecidos muitos casos de albinismo em peixes Neotropicais (cf. Nobile et al., 2016); mas, com exceção de indivíduos que vivem em cavernas, a incidência em uma população selvagem é muito baixa.

O primeiro trabalho sobre albinismo em peixes de águas brasileiras foi publicado por Sazima & Pombal Jr (1986), os quais relatam a condição em um pequeno heptapterídeo. Posteriormente, emergiram muitos outros relatos de albino para o país (e.g., Silva et al. 2013), e muitos— talvez a maioria — em espécies da ordem Siluriformes (e.g., Brito & Caramaschi 2005). O trabalho mais recente sobre albinismo (*sensu* Sazima & Pombal Jr 1986) em peixes dessa ordem é o de Manoel et al. (2017), com o relato de um caso em um espécime de *Imparfinis mirini* Haseman 1911 do alto Rio Paraná.

Casos de albinos na família Trichomycteridae são conhecidos, mas em corpos d’água de regiões cavernícolas. Trajano (1997), estudando *Trichomycterus itacarambiensis* Trajano & de Pinna 1996, encontrou indivíduos albinos em uma população de um riacho da caverna de “Olhos d’Água”. No gênero *Cambeva* — o qual é composto por bagres trichomicterídeos (Katz et al. 2018) — é desconhecido os relatos de espécies com albinismo. Durante um trabalho (Capítulo 1) realizado na bacia do Rio Guareí, um albino de *C. guareiensis*, espécie recém descrita (Katz & Costa 2020) foi capturado juntamente com outros indivíduos normais (i.e., sem a condição). Registra-se e ilustra-se aqui o caso de albinismo em um indivíduo da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes deste estudo foram coletados em 20 de setembro de 2017 em um riacho denominado Corrente, na bacia do Rio Guareí (Capítulo 1). O trecho amostrado está situado nas coordenadas 23°26'05.7"S, 48°23'19.3"W (Capítulo 1; Figura 1). O riacho Corrente, ao longo do seu curso, apresenta águas cristalinas. No trecho coletado, o substrato é composto majoritariamente por rochas e a vegetação é relativamente bem preservada, especialmente quando comparado com outros riachos da bacia do Rio Guareí.

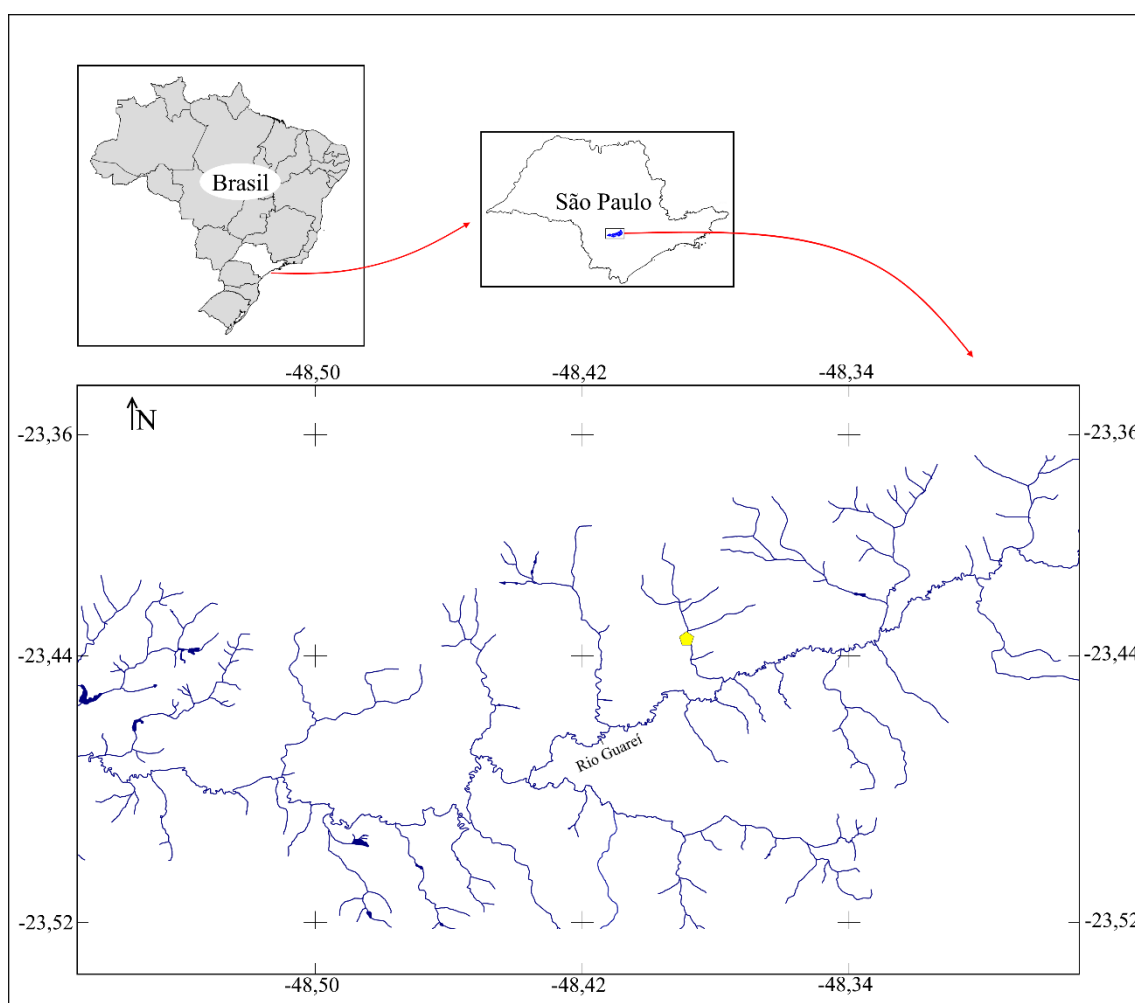


Figura 1. Mapa com a localização do trecho de coleta (em amarelo) no tributário Corrente, inserido na bacia do Rio Guareí, SP, Brasil (modificado do Capítulo 1).

A coleta dos espécimes, sua fixação, e preservação ocorreram como detalhado no Capítulo 1. O material testemunho (8 indivíduos; 7 peixes pigmentados e 1 albino) utilizado neste estudo foi depositado na coleção do Departamento de Zoologia e Botânica, UNESP, São José do Rio Preto, SP, Brasil (DZSJRP 23090). Sob estereomicroscópio, e utilizando um paquímetro digital, a morfometria (comprimento padrão - CP) foi obtida.

RESULTADOS

O albino encontrado apresentava um comprimento padrão de 28,3 mm CP, enquanto os indivíduos pigmentados tinham de 30,1 a 56,0 mm CP (Tabela 1). O espécime com albinismo, em vida, apresentava coloração dorsal amarelada. Os olhos eram rosados e a região opercular e médio ventral avermelhadas (Figura S1). Após fixado em formol, o espécime apresentava coloração amarelada na porção dorsal do corpo (vs. indivíduos pigmentados cheios de máculas escuras; Figura 2). A região ventral era ligeiramente amarela à branca. A porção do opérculo era esbranquiçada, os raios de todas as nadadeiras (i.e., dorsal, anal, pélvica e peitoral) em sua totalidade amarelo claro, os barbilhões e a lateral do corpo amarelados. Os olhos eram esbranquiçados.



Figura 2. Espécimes de *Cambeva guareiensis*: (a) albino (28,3 mm CP); e (b) indivíduo com padrão de coloração normal (30,1 mm CP).

DISCUSSÃO

Aqui relata-se um caso de albinismo em um indivíduo de *Cambeva guareiensis* (Siluriformes). Deste modo, amplia-se o conhecimento sobre as espécies de peixes não subterrâneos (i.e., epígeas) com a condição.

Muitos albinos são de entidades “criptobióticas” (Sazima & Pombal 1986; p. 380), caso, em geral, de trichomycterideos (Abilhoa et al. 2008), e possivelmente de *C. guareiensis*. Isso, como já discutido por Sazima & Pombal (1986), pode explicar a razão do espécime albino ter se desenvolvido no riacho Corrente.

Peixes xantocrômicos ou xânticos, assim como os albinos, já foram relatados na literatura científica (e.g., Quigley et al. 2016; Irigoyen-Arredondo et al. 2017; Golani et al. 2019). Porém, indivíduos relatados como xantocrômicos frequentemente têm a

presença de pigmentação escura, inclusive no olho, e colorações corpóreas mais marcantes de tonalidades; em geral dentro de um espectro de amarelo a avermelhado (veja, por exemplo, Figura 1 em Golani et al. 2019). O padrão geral amarelado no espécime deste estudo, contudo, é mais perceptivo em detrimento da ausência dos cromatóforos escuros sobre o corpo, e os olhos são róseos em vida. Assim, a condição inequívoca do indivíduo é o albinismo (*sensu* Sazima & Pombal 1986).

Apenas um dos oito indivíduos deste trabalho apresentou albinismo. Em outras coletas realizadas no mesmo trecho do riacho Corrente, outros indivíduos de *C. guareiensis*, e em outras amostragens, foram capturados (Capítulo 1), mas nenhum apresentava albinismo. Além disso, de todos os espécimes de *C. guareiensis* coletados na bacia do Rio Guareí (mais de 50; Capítulo 1), apenas esse albino foi encontrado. Sazima & Pombal (1986), provavelmente em um riacho não subterrâneo, afirmaram ter capturado muitos indivíduos de uma espécie de Heptapteridae, dos quais somente um era albino. Por outro lado, Trajano et al. (2009) mostraram que em uma população de *Trichomycterus itacarambiensis* de um riacho subterrâneo em Minas Gerais, Brasil, quase a metade apresentava albinismo. Assim, mesmo havendo casos de albinismo em peixes de superfície, espera-se que eles ocorram raramente nas populações.

AGRADECIMENTOS

Ao Hamilton A. Rodrigues (UNESP), devido a constante auxílio em campo; Ricardo R. Benine (UNESP), pelas ajudas com a Figure 2. Esta nota foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - CF 001, a qual concedeu bolsa de doutorado para o autor.

REFERÊNCIAS

- ABILHOA, V., DUBOC, L. F. & AZEVEDO FILHO, D. P. 2008. A comunidade de peixes de um riacho de Floresta com Araucária, alto rio Iguaçu, sul do Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 25: 238-246. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000200012>.
- BARAHONA-FERNANDES, M. H. 1982. Body deformation in hatchery reared European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L). Types, prevalence and effect on fish survival. *J. Fish Biol.* 21: 239-249. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb02830.x>.
- BRITO, M. F. G. & CARAMASCHI, E. P. 2005. An albino armored catfish *Schizolecis guntheri* (Siluriformes: Loricariidae) from an Atlantic Forest coastal basin. *Neotrop. Ichthyol.* 3: 123-125. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252005000100009>.
- CATELANI, P. A., BAUER, A. B., DI DARIO, F., PELICICE, F. M. & PETRY, A. C. 2017. First record of pughead deformity in *Cichla kelberi* (Teleostei: Cichlidae), an invasive species in an estuarine system in south-eastern Brazil. *J. Fish Biol.* 90: 2496-2503. <https://doi.org/10.1111/jfb.13323>.
- GOLANI, D., CORSINI-FOKA, M. & TI KOCHINSKI, Y. 2019. The occurrence of two xanthochromic fish, *Epiniphelus marginatus* (Serranidae) and *Diplodus vulgaris* (Sparidae) (Osteichthyes) in the eastern Mediterranean. *Zool. Middle East.* 65: 215-220. <http://dx.doi.org/10.1080/09397140.2019.1627700>.
- IRIGOYEN-ARREDONDO, M. S., ESCOBAR-SÁNCHEZ, O., ABITIA-CÁRDENAS, L. A., MORENO-SÁNCHEZ, X. G. & PALACIOS-SALGADO, D. S. 2017. Incidence of xanthism in the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Perciformes: Serranidae) in the Gulf of California. *Mar. Biodivers.* 48: 2255-2258. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0753-9>.

- KATZ, A.M., BARBOSA, M.A., MATTOS, J.L.O. & COSTA, W.J.E.M. 2018. Multigene analysis of the catfish genus *Trichomycterus* and description of a new South American trichomycterine genus (Siluriformes, Trichomycteridae). *Zoosyst. Evol.* 94 (2): 557-566. <https://doi.org/10.3897/zse.94.29872>.
- KATZ, A.M. & COSTA, W.J.E.M. 2020. A new species of the catfish genus *Cambeva* from the Paranapanema river drainage, southeastern Brazil (Siluriformes: Trichomycteridae). *Trop. Zool.* 33: 2-13. <https://doi.org/10.4081/tz.2020.63>.
- MANOEL, P. S., ONO, E. R. & ALVES, M. I. B., 2017. First report of albinism in the South American catfish *Imparfinis mirini* (Siluriformes: Heptapteridae). *Rev. Mex. Biodivers.* 88: 471-473. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.030>.
- NOBILE, A.B., FREITAS-SOUZA, D., LIMA, F.P., ACOSTA, A. A. & SILVA, R.J., 2016. Partial albinism in *Rhinelepis aspera* from the Upper Paraná Basin, Brazil, with a review of albinism in South American freshwater fishes. *Rev. Mex. Biodivers.* 87: 531-534. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.04.005>.
- QUIGLEY, D. T. G., LORD, R., MACGABHANN, D. & FLANNERY, K. 2017. First records of xanthochromism in three-bearded rockling *Gaidropsarus vulgaris* (Cloquet, 1824) and pollack *Pollachius pollachius* (Linnaeus, 1758). *J. Appl. Ichthyol.* 33: 1208– 1210. <https://doi.org/10.1111/jai.13456>.
- SAZIMA, I. & POMBAL JR. J. P. 1986. Um albino de *Rhamdella minuta*, com notas sobre comportamento (Osteichthyes, Pimelodidae). *Rev. Bras. Biol.* 46(2): 377-381.
- SILVA, T. R. M., ARAÚJO, T. A. T. & BICUDO, A. J. A., 2013. First report of albinism in trahira *Hoplias malabaricus* from Brazil. *Bol. Inst. Pesca* 39: 457-460.

- TRAJANO, E. 1997. Population ecology of *Trichomycterus itacarambiensis*, a cave catfish from eastern Brazil (Siluriformes, Trichomycteridae). Environ. Biol. Fish. 50: 357–369. <https://doi.org/10.1023/A:1007366119261>.
- TRAJANO, E., SECUTTI, S. & BICHUETTE, M.E. 2009. Population decline in a Brazilian cave catfish, *Trichomycterus itacarambiensis* Trajano & Pinna, 1996 (Siluriformes): reduced flashflood as a probable cause. Speleobiol. Notes 1: 24-27.

MATERIAL SUPLEMENTAR

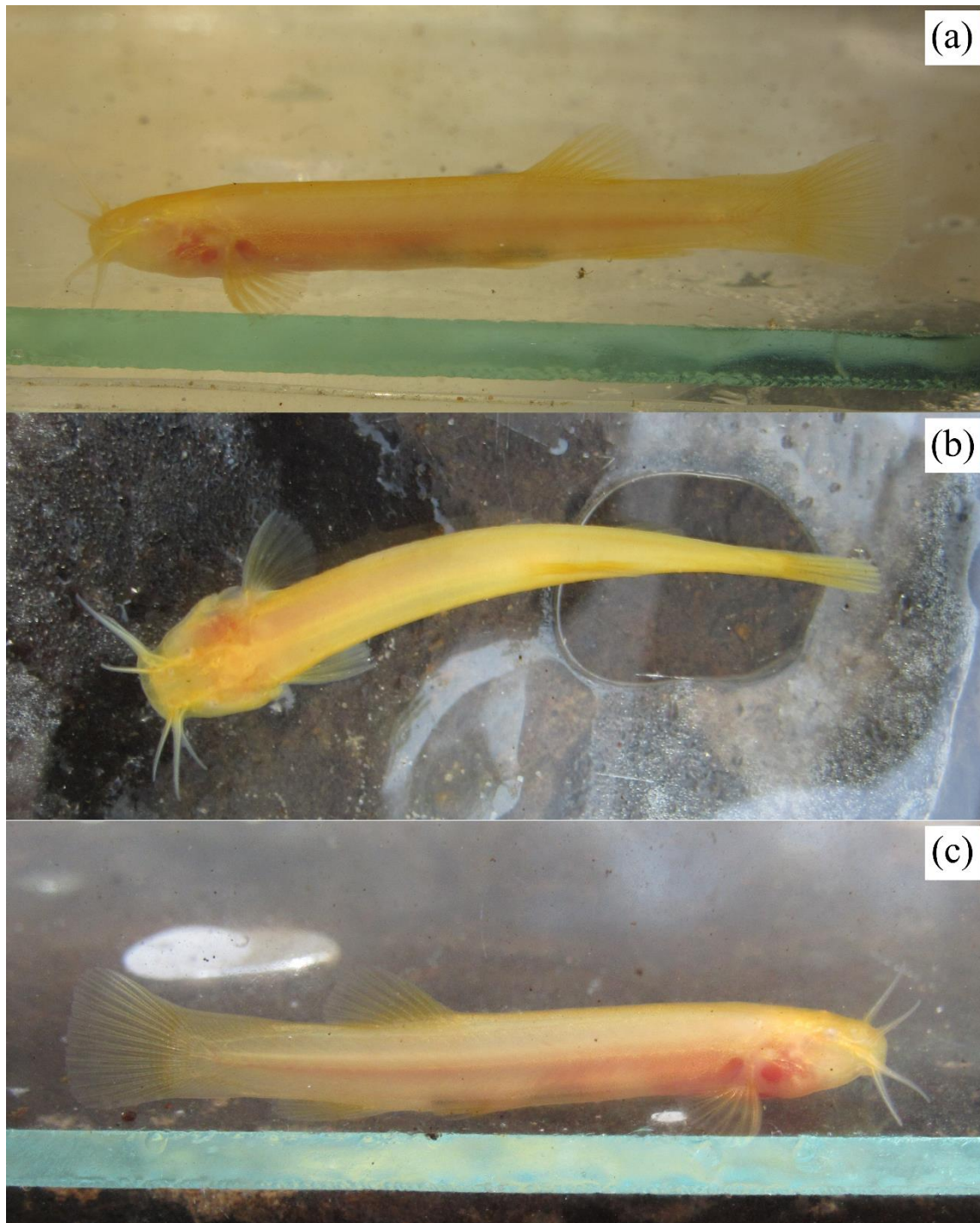
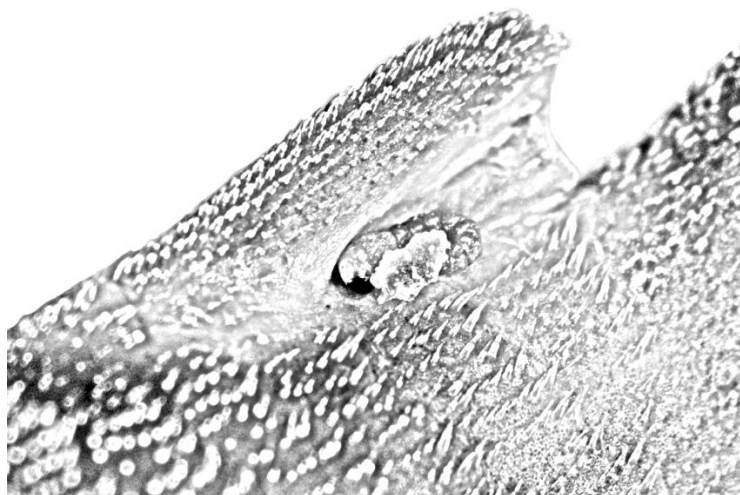


FIGURA S1. Indivíduo albino da espécie *Cambeva guareiensis*: (a) visão da sua lateral esquerda; (b) dorsal; (c) lateral direita.

CAPÍTULO 5



ORGANISMOS ASSOCIADOS A PEIXES DO SISTEMA DO RIO GUAREÍ, SÃO PAULO, BRASIL



ORGANISMOS ASSOCIADOS A PEIXES DO SISTEMA DO RIO GUAREÍ, SÃO PAULO, BRASIL

RESUMO

Neste trabalho, registra-se a interação (i.e., associação) de espécies de diferentes grupos animais com peixes do sistema do Rio Guareí, São Paulo, Brasil. Hospedeiros foram capturados em seis trechos, dois localizados no canal principal do Rio Guareí e outros quatro em seus riachos afluentes. A maioria dos indivíduos associados a peixes são nativos do sistema, com a provável exceção do macrocrustáceo *Lernaea cyprinacea*. Dentre os organismos nativos estão os insetos *Ichthyocladus* sp. 1 e *Ichthyocladus* sp. 2 — ambas espécies não descritas — e outras que precisam ser reavaliadas sob o aspecto taxonômico. Este trabalho amplia o registro geográfico de animais bem como o conhecimento de associação de espécies com determinados peixes hospedeiros. Recomenda-se novos trabalhos, mais focais que este, sobre associação de insetos, crustáceos, e outros grupos de organismos com peixes do sistema do Rio Guareí.

PALAVRAS-CHAVE

Braga; Ergasilidae; *Ichthyocladus* sp.; *Lernaea cyprinacea*; Piscicolidae; Riachos

INTRODUÇÃO

Peixes são hospedeiros de muitos outros organismos, inclusive invertebrados e vertebrados, nos ambientes que ocorrem. Associam-se com peixes, por exemplo, protozoários, larvas de insetos, anelídeos, e outros (e.g., Ranzani-Paiva & Silva-Souza, 2004; Roque et al. 2004; Volonterio et al. 2004; Eiras et al. 2012; Martins et al. 2012; Franceschini et al. 2013); incluindo os próprios peixes (e.g., Zuanon & Sazima 2004; Zuanon & Sazima 2005). Espécies dos grupos mencionados podem escolher peixes como hospedeiros por muitos motivos (e.g., alimentação; Zuanon & Sazima 2005). Além disso, são variados os tipos de associação, e não somente na condição de parasita - hospedeiro.

O reservatório de Jurumirim é um dos mais de dez barramentos sucessivos estabelecidas no canal do Rio Paranapanema (Pelicice et al. 2018). Muitos trabalhos sobre associação de outros organismos com peixes, principalmente em condições parasitárias, foram publicados para região desse ecossistema artificial, inclusive para tributários (e.g., Brandão et al. 2013a; Brandão et al. 2014; Acosta & Silva 2015; Narciso et al. 2019). Por exemplo, com base em material proveniente do reservatório de Jurumirim, Ramos et al. (2016) estudaram *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) em peixes da espécie *Schizodon intermedius* Garavello & Britski, 1990. Yamada et al. (2017) avaliaram parasitas em *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) oriundos de três afluentes da barragem. Dado o elevado número de espécies de peixes hospedeiros selvagens que ainda não foram estudados no país, em termos de parasitismo (Eiras et al. 2011) e outros tipos de associação, novos trabalhos são necessários em muitos ecossistemas aquáticos brasileiros, incluindo os da região do reservatório de Jurumirim e seus afluentes.

O Rio Guareí, localizado em sua totalidade (i.e., da nascente à foz) nos municípios de Guareí e Angatuba (São Paulo - Brasil) (cf. Capítulo 2), é um dos vários corpos hídricos que deságuam à margem direita do reservatório de Jurumirim (Henry 2012). A

ictiofauna conhecida para sua bacia de drenagem é atualmente composta por pouco mais de cinquenta espécies (Capítulo 1). Até o momento, contudo, não existe estudos sobre organismos associados — seja como parasitas ou outras formas de interação com o hospedeiro — para peixes do Rio Guareí ou qualquer um dos seus afluentes. Neste trabalho, registra-se a associação entre organismos de grupos distintos, nativos e não nativos, alguns dos quais desconhecidos da ciência, com peixes da bacia do Rio Guareí.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes aqui examinados foram coletados em trabalhos prévios realizados no sistema do Rio Guareí (Capítulo 1; Capítulo 2), o qual está inserido na porção alto do Rio Paranapanema, São Paulo (cf. Capítulo 1). Peixes foram capturados em riachos tributários (de ambas as margens) e no canal do Rio Guareí (Figura 1). Organismos associados aos peixes foram removidos e identificados por especialistas (cf. Agradecimentos). Posteriormente, exemplares, pelo menos um para cada táxon, foram depositados na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências (CHIBB - a ser tombado), Botucatu, São Paulo, e Museu de Zoologia (MZ), Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

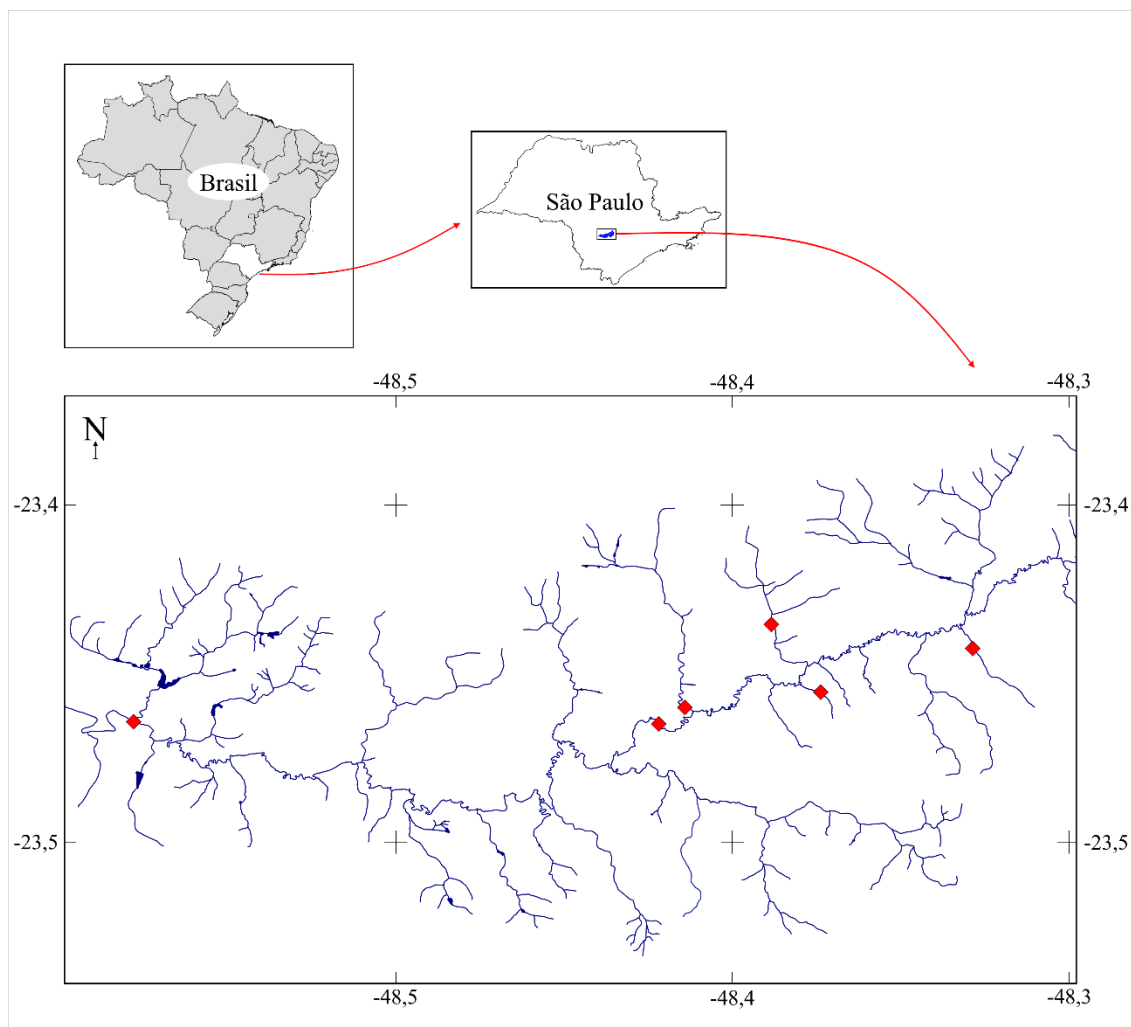


FIGURA 1. Localização dos trechos de captura dos peixes (*sensu* Capítulo 1 e Capítulo 2) e organismos associados no sistema do Rio Guareí (mapa modificado de Capítulo 1).

RESULTADOS

Foram registrados organismos associados a seis espécies de peixes (Tabela 1; Tabela 2). Alguns exemplares, por exemplo, o da espécie *Hypostomus iheringi*, apresentaram mais de um indivíduo sobre o corpo. Uma espécie associada, *Lernaea cyprinacea* (Copepoda), provavelmente foi introduzida na bacia do Rio Guareí. Os outros organismos encontrados nos peixes são naturais da área de estudo — incluindo *Ichthyocladus* sp. 1 e *Ichthyocladus* sp. 2, que provavelmente são Chironomidae não descritos. Classificação dos organismos associados e número de testemunho para cada

espécie pode ser encontrados na Tabela S1 e Tabela 1, respectivamente. Detalhes sobre as associações com peixes hospedeiros são apresentados na Tabela 2.

TABELA 1. Material testemunho dos táxons (de família até espécie) associados a peixes do sistema do Rio Guareí, São Paulo, Brasil.

Táxon	Material testemunho
<i>Ichthyocladus lilianae</i> Mendes, Andersen & Sæther, 2004	MZ053211
<i>Ichthyocladus</i> sp.1	MZ053213
<i>Ichthyocladus</i> sp.2	CHIBB
<i>Braga</i> cf. <i>cichlae</i> Schioedte & Meinert, 1881	CHIBB
<i>Braga</i> sp.	CHIBB
<i>Lernaea cyprinacea</i> (Linnaeus, 1758)	CHIBB
Piscicolidae gen. sp.	CHIBB
<i>Gamidactylus</i> sp.	CHIBB
<i>Ergasilus</i> sp.	CHIBB
<i>Pseudovaigamus</i> sp.	CHIBB

TABELA 2. Organismos associados a peixes do sistema do Rio Guareí, São Paulo, Brasil. Classificações podem ser encontradas na Tabela S1 e Tabela S2. Localidade de coleta e coordenadas como apresentado no Capítulo 1 e Capítulo 2.

Riacho	Coordenadas	Hospedeiro	Organismo associado (local no peixe)
Corrente	23°26'05.7"S, 48°23'19.3"W	Um <i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	Três indivíduos de <i>Ichthyocladus lilianae</i> Mendes, Andersen & Sæther, 2004 (olho direito; olho esquerdo; e lateral da nadadeira adiposa)
Corrente	23°26'05.7"S, 48°23'19.3"W	Um <i>Hypostomus tietensis</i> (Ihering 1905)	Um indivíduo de <i>Ichthyocladus</i> sp.1 (olho direito); e um de <i>Ichthyocladus lilianae</i> Mendes, Andersen & Sæther, 2004 (lateral da nadadeira adiposa)
Nome desconhecido	23°26'33.29"S, 48°19'42.93"W	Uma <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Dois indivíduos de Piscicolidae gen. sp. (ambos na porção externa do dentário)
Nome desconhecido	23°26'33.29"S, 48°19'42.93"W	Uma <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Um Piscicolidae gen. sp. sobre o opérculo
Nome desconhecido	23°27'20.00"S, 48°22'25.51"W	Uma <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Dois indivíduos de Piscicolidae gen. sp. (base dos raios da porção central da nadadeira caudal; e o outro sobre os raios da nadadeira pélvica, lado esquerdo)

Nome desconhecido	23°27'20.00"S, 48°22'25.51"W	Uma <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Um indivíduo de Piscicolidae gen. sp. (base da nadadeira anal)
Rio Guareí	23°27'54.41"S, 48°25'18.93"W	Um <i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez 1948)	Um indivíduo de <i>Braga</i> cf. <i>cichlae</i> Schioedte & Meinert, 1881 (pedúnculo caudal)
Rio Guareí	23°27'54.41"S, 48°25'18.93"W	Um <i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)	Um indivíduo de <i>Braga</i> sp. (boca); e um de <i>Lernaea cyprinacea</i> (Linnaeus, 1758) (base da nadadeira anal)
Rio Guareí	23°27'53.90"S, 48°25'18.84"W	Um <i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)	Duas <i>Braga</i> cf. <i>cichlae</i> Schioedte & Meinert, 1881 (boca)
Rio Guareí	23°27'53.90"S, 48°25'18.84"W	Um <i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)	Uma <i>Braga</i> cf. <i>cichlae</i> Schioedte & Meinert, 1881 (boca)
Rio Guareí	23°27'51.57"S, 48°34'40.57"W	Um <i>Pimelodus maculatus</i> (Lacépède, 1803)	Um <i>Gamidactylus</i> sp. (brânquias); cinco <i>Ergasilus</i> sp. (brânquias); e sete <i>Pseudovaigamus</i> sp. (brânquias)
Ribeirão da cachoeira	23°27'36.63"S, 48°24'48.79"W	Um <i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	Um <i>Ichthyocladus</i> sp. 2 (lateral da nadadeira adiposa)

Ribeirão da cachoeira	23°27'36.63"S, 48°24'48.79"W	Um <i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	Um <i>Ichthyocladus</i> sp. 2 (nadadeira peitoral); um <i>Ichthyocladus lilianae</i> Mendes, Andersen & Sæther, 2004 (lateral da nadadeira adiposa)
Ribeirão da cachoeira	23°27'36.63"S, 48°24'48.79"W	Um <i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	Um <i>Ichthyocladus</i> sp. 2 (lateral da nadadeira adiposa)
Ribeirão da cachoeira	23°27'36.63"S, 48°24'48.79"W	Um <i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)	Dois <i>Ichthyocladus</i> sp. 2 (ambos na lateral da nadadeira adiposa); dois <i>Ichthyocladus lilianae</i> Mendes, Andersen & Sæther, 2004 (próximo da nadadeira adiposa e o outro entre a adiposa e a nadadeira caudal)

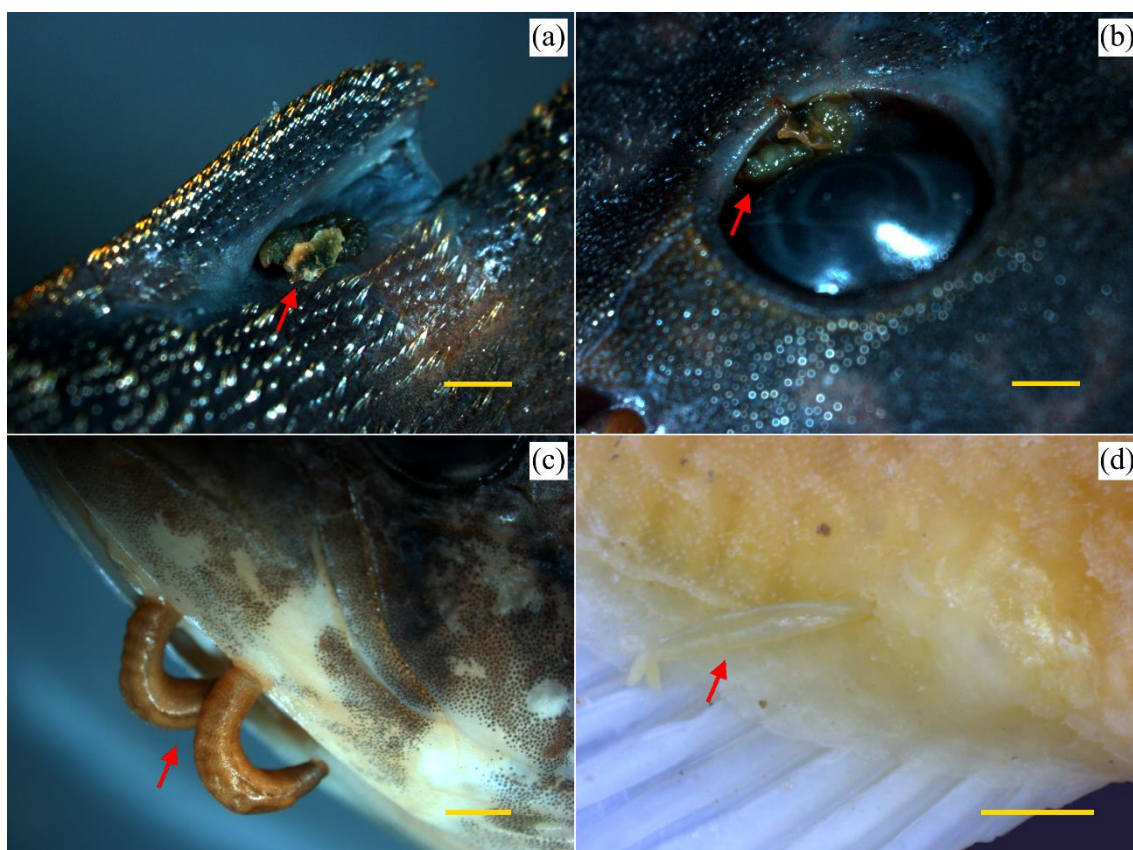


FIGURA 2. Exemplos de organismos associados encontrados em peixes hospedeiros do sistema do Rio Guareí: (a) *Ichthyocladus lilianae* em *Hypostomus tietensis*; (b) *Ichthyocladus* sp.1 em *Hypostomus tietensis*; (c) *Piscicolidae* gen. sp. em *Hoplias malabaricus*; (d) *Lernaea cyprinacea* em *Galeocharax gulo*. Barra = 2 mm.

DISCUSSÃO

Este estudo apresenta a interação de parasitas e outros organismos com peixes do sistema do Rio Guareí. Também é fornecido relatos de interação com novos hospedeiros bem como ampliada a distribuição conhecida de algumas espécies associadas a peixes. Enfatiza-se que não se trata de um estudo exaustivo a respeito de parasitismo ou outro tipo de associação para ictiofauna da região deste estudo, mas apenas alguns registros.

Ichthyocladus lilianae, um membro de Chironomidae, foi descrita por Mendes et al. (2004) com base em exemplares da bacia do São Francisco, no Estado de Minas

Gerais. Os autores relatam a sua ocorrência apenas para duas espécies de Loricariidae, *Hartia* sp. e *Hypostomus* cf. *garmani* (veja Mendes et al. 2004 para mais detalhes). Atualmente, sua distribuição conhecida abrange quatro estados brasileiros (Tabela S3), agora considerando São Paulo. Até o momento, a interação dessa espécie com peixes havia sido registrada para sete espécies da ordem Siluriformes (famílias Loricariidae e Trichomycteridae; Tabela S3), mas nenhuma delas com *H. iheringii* e *H. tietensis*.

Outros membros do mesmo gênero de Chironomidae encontrados em peixes deste trabalho foram *Ichthyocladus* sp.1 e *Ichthyocladus* sp.2, os quais não parecem com qualquer espécie conhecida do gênero, o que indica que são entidades naturais não descritas (E. M. Shimabukuro, com. pess.). Roque et al. (2004) compilaram e também trouxeram novos registros de peixes com indivíduos do gênero *Ichthyocladus* Fittkau, 1974 associados. Apesar dos autores terem relatado a interação entre *Ichthyocladus* e *Hypostomus* Lacépède, 1803 (cf. Roque et al. 2004; p. 4-5), o presente estudo traz o primeiro registro da associação desse gênero com as espécies *H. iheringii* e *H. tietensis*.

Lernaea cyprinacea é um copépodo não nativo (Piasecki et al. 2004) que já foi relatado parasitando o corpo de indivíduos de muitas espécies de peixes Neotropicais (e.g., Gabrielli & Orsi 2000; Magalhães 2006; Luque & Tavares 2007). Narciso et al. (2019) registraram elevadas quantidades do crustáceo em espécimes de *Piabarchus stramineus* (Eigenmann, 1908) coletados no Rio Taquari, um afluente do reservatório de Jurumirim. Além do novo registro, os autores compilaram uma lista de espécies de peixes que o parasita ocorre. Neste estudo, um indivíduo de *L. cyprinacea* foi encontrado parasitando *Galeocharax gulo*, peixe hospedeiro que esse parasita ainda não havia sido relatado (cf. Narciso et al. 2019; p. 2-5). Como na bacia do Rio Guareí não ocorre carpas (Capítulo 1), seu principal vetor nos ambientes onde foi introduzido ao redor do globo (Piasecki et al. 2004), é possível que os indivíduos de *G. gulo* — espécie que pode realizar

migrações mais curtas (Carvalho et al. 1998) — tenha sido parasitada pelo learnídeo no reservatório de Jurumirim e atingido porções da região deste estudo. Outra possibilidade é a de que outro migrador tenha se deslocado com o parasita do reservatório para o Rio Guareí. De qualquer forma, a presença de *L. cyprinacea* em um peixe do sistema do Rio Guareí indica que essa espécie tem um elevado potencial de dispersão.

O parasitismo de representantes de Cymothoidae em peixes brasileiros já é conhecido; por exemplo, *Braga cigarra* (Szidat & Schubart, 1960) aderidos a indivíduos de *G. gulo* (Brandão et al. 2013b), *Riggia paranensis* Szidat, 1948, em *Cyphocharax gilbert* (Quoy & Gaimard, 1824) (Azevedo et al. 2006), e *Cymothoa spinipalpa* Thatcher, Araújo, Lima, Chellappa, 2007, em *Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider, 1801) (Thatcher et al. 2007). Neste estudo, foi encontrado um representante dessa família aderido ao corpo de um espécime de *C. modestus*, interação até então desconhecida na literatura científica sobre parasitismo.

A ocorrência de espécies não descritas, como é o caso de *Ichthyocladius* sp.1 e *Ichthyocladius* sp.2, e de outras que precisam de uma determinação mais específica (e.g., Piscicolidae gen. sp., *Gamidactylus* sp., *Ergasilus* sp.) indica a necessidade de novas amostragens na região. A presença de *L. cyprinacea*, copépodo não nativo, precisa ser mais bem investigada para as populações ou comunidades de peixes da região.

AGRADECIMENTOS

Ao Hamilton A. Rodrigues (UNESP), que auxiliou nos trabalhos de campo. A Erika M. Shimabukuro (USP), Rodrigo B. Narciso (UNESP), e Lidiane Franceschini (UNESP), pelo auxílio com identificações de organismos associados. Lidiane Franceschini (UNESP) pelo envio de trabalhos sobre Piscicolidae. Ao Rodrigo B. Narciso

(UNESP), pela foto da *Lernaea cyprinacea* [Figura (d)]. Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; 001).

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A.A. & SILVA, R.J. 2015. First record of *Hysterothylacium* sp. Moravec, Kohn & Fernandes, 1993 larvae (Nematoda: Anisakidae) infecting the ornamental fish *Hyphessobrycon eques* Steindachner, 1882 (Characiformes, Characidae). Braz. J. Biol. 75: 638-642. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.19913>.
- AZEVEDO, J.S., SILVA, L.G., BIZERRI, C.R.S.F., DANSA-PETRETSKI, M.A. & LIMA, N.R.W. 2006. Infestation pattern and parasitic castration of the crustacean *Riggia paranensis* (Crustacea: Cymothoidea) on the freshwater fish *Cyphocharax gilbert* (Teleostei: Curimatidae). Neotrop. Ichthyol. 4: 363-369. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000300008>.
- BRANDÃO, H., YAMADA, F.H., TOLEDO, G.M., CARVALHO, E.D. & SILVA, R.J. 2013a. Monogeneans (Dactylogyridae) parasitizing gills of *Salminus hilarii* from a Neotropical reservoir, Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 22: 579-587. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612013000400020>.
- BRANDÃO, H., TOLEDO, G.M., WUNDERLICH, A.C., RAMOS, I.P., CARVALHO, E.D. & SILVA, R.J. 2013b. Occurrence of *Braga cigarra* (Cymothoidae) parasitizing *Galeocharax knerii* (Characidae) from affluents of Jurumirim reservoir, Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 22: 292-296. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612013005000002>.
- BRANDÃO, H., YAMADA, F.H., TOLEDO, G.M., ACOSTA, A.A., CARVALHO, E.D. & SILVA, R.J. 2014. Parasitism by *Sphincterodiplostomum musculosum* (Digenea, Diplostomidae) metacercariae in the eyes of *Steindachnerina insculpta*

- (Characiformes, Curimatidae). Rev. Bras. Parasitol. Vet. 23:144-149.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014038>.
- CARVALHO, E.D., FUJIHARA, C.Y. & HENRY, R. 1998. A study of the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. Verh. Int. Verein. Limnol., 26:2199-2202.
- EIRAS, J. C., TAKEMOTO, R. M., PAVANELLI, G. C. & ADRIANO, E. A. 2011. About the biodiversity of parasites of freshwater fish from Brazil. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 31(4): 161-168.
- EIRAS, J.C., TAKEMOTO, R.M., PAVANELLI, G.C. & LUQUE, J.L. 2012. Checklist of Protozoan parasites of fishes from Brazil. Zootaxa 3221: 1-25.
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3221.1.1>.
- FRANCESCHINI, L., ZAGO, A. C., SCHALCH, S. H. C., GARCIA, F., ROMERA, D. M. & SILVA, R. J. 2013. Parasitic infections of *Piaractus mesopotamicus* and hybrid (*P. mesopotamicus* x *Piaractus brachypomus*) cultured in Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 22: 407-414. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612013000300015>.
- GABRIELLI, M.A. & ORSI, M.L. 2000. Dispersion of *Lernaea cyprinacea* (Linnaeus) (Crustácea, Copepoda) in the north area of the Paraná state, Brasil. Rev. Bras. Zool. 17:395–399. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752000000200010>
- HENRY, R. 2012. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. - Botucatu: FUNDIBIO, 155 pp.
- LUQUE, J.L. & TAVARES, L.E.R. 2007. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. Zootaxa 1579:1–39. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1579.1.1>

- MAGALHÃES, A.L.B. 2006. First record of lernaeciosis in a native fish species from a natural environment in Minas Gerais state, Brazil. *Panam. J. Aquat. Sci.* 1:8-10.
- MARTINS, M.L., MARCHIORI, N., ROUMBEDAKIS, K. & LAMI, F. 2012. *Trichodina nobilis* Chen, 1963 and *Trichodina reticulata* Hirschmann et Partsch, 1955 from ornamental freshwater fishes in Brazil. *Braz. J. Biol.* 72:281-286. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842012000200008>.
- MENDES, H.F., ANDERSEN, T. & SÆTHER, O.A. 2004. New species of *Ichthyocladus* Fittkau, a member of the *Corynoneura*-Group (Diptera: Chironomidae: Orthoclaadiinae), with a review of the genus. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 39: 15–35. <https://doi.org/10.1080/01650520412331270936>.
- NARCISO, R.B., ACOSTA, A.A., NOBILE, A.B., LIMA, F.P., FREITAS-SOUZA, D. & SILVA, R. J. 2019. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) in *Piabarchus stramineus* (Characiformes: Characidae) from the Taquari River, São Paulo State, Brazil. *Biologia* 74: 1171–1179. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00240-z>.
- PELICICE, F.M., AZEVEDO-SANTOS, V.M., ESGUÍCERO, A.L.H., AGOSTINHO, A.A. & ARCIFA, M.S. 2018. Fish diversity in the cascade of reservoirs along the Paranapanema River, southeast Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 16(2): e170150. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170150>.
- PIASECKI, W., GOODWIN, A.E., EIRAS, J.C. & NOWAK, B.F. 2004. Importance of Copepoda in freshwater aquaculture. *Zool. Stud.* 43:193-205.
- RAMOS, I.P., FRANCESCHINI, L., ZAGO, A.C., ZICA, E.O.P., WUNDERLICH, A.C., LIMA, F.P. & SILVA, R.J. 2016. *Austrodiplostomum compactum* metacercariae (Digenea: Diplostomidae) in *Schizodon intermedius* (Characiformes: Anostomidae) from Jurumirim reservoir, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 25(2): 240-243. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612016035>.

- RANZANI-PAIVA, M. J. T. & SILVA-SOUZA, A. T. 2004. Co-infestation of gills by different parasite groups in the mullet, *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae): effects on relative condition factor. Braz. J. Biol. 64: 677-682. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000400016>.
- ROQUE, F. O., TRIVINHO-STRIXINO, S.; JANCOSO, M. & FRAGOSO, E. N. 2004. Records of Chironomidae larvae living on other aquatic animals in Brazil. Biota Neotrop. 2: 1-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032004000200018>.
- THATCHER, V. E., ARAUJO, G. S., LIMA, J. T. A. X. & CHELLAPPA, S. 2007. *Cymothoa spinipalpa* sp. nov. (Isopoda, Cymothoidae) a buccal cavity parasite of the marine fish, *Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider) (Osteichthyes, Carangidae) of Rio Grande do Norte State, Brazil. Rev. Bras. Zool. 24: 238-245. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000100032>.
- YAMADA, F. H., BONGIOVANI, M.F., YAMADA, P. O.F. & SILVA, R. J. 2017. Parasite infracommunities of *Leporinus friderici*: A comparison of three tributaries of the Jurumirim Reservoir in southeastern Brazil. An. Acad. Bras. Ciênc. 89: 953-963. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160554>.
- ZUANON, J. & SAZIMA, I. 2004. Vampire catfishes seek the aorta not the jugular: candirus of the genus *Vandellia* (Trichomycteridae) feed on major gill arteries of host fishes. Aqua 8: 31-36.
- ZUANON, J. & SAZIMA, I. 2005. Free meals on long-distance cruisers: the vampire fish rides giant catfishes in the Amazon. Biota Neotrop. 5: 109-114.

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELA S1. Classificação das espécies associadas a peixes da bacia do Rio Guareí, São Paulo, Brasil

Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Ichthyocladius</i>	<i>Ichthyocladius lilianae</i> Mendes, Andersen, Sæther, 2004
Clitellata	Rhynchobdellida	Piscicolidae	-	-
Malacostraca	Isopoda	Cymothoidae	<i>Braga</i>	<i>Braga</i> cf. <i>cichlae</i> Schioedte & Meinert, 1881
Maxillopoda	Cyclopoida	<i>Lernaeidae</i>	Lernaea	<i>Lernaea cyprinacea</i> (Linnaeus, 1758)
Maxillopoda	Cyclopoida	Ergasilidae	<i>Gamidactylus</i>	-
Maxillopoda	Cyclopoida	Ergasilidae	<i>Ergasilus</i>	-
Maxillopoda	Cyclopoida	Ergasilidae	<i>Pseudovaigamus</i>	-

TABELA S2. Classificação (de acordo com Fricke et al. 2018a e Fricke et al. 2018b) de peixes hospedeiros do sistema do Rio Guareí, São Paulo, Brasil

Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
Actinopterygii	Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias</i>	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)
Actinopterygii	Characiformes	Curimatidae	<i>Cyphocharax</i>	<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez 1948)
Actinopterygii	Characiformes	Characidae	<i>Galeocharax</i>	<i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)
Actinopterygii	Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus</i>	<i>Hypostomus iheringi</i> (Regan, 1908)
Actinopterygii	Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus</i>	<i>Hypostomus tietensis</i> (Ihering 1905)
Actinopterygii	Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus</i>	<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède 1803

TABELA S3. Espécies de peixes com registro de *Ichthyocladus liliannae* sobre o corpo.

Hospedeiro (peixe)	Bacia	Estado Brasileiro	Referência
SILURIFORMES			
Loricariidae			
<i>Ancistrus</i> cf. <i>multispinis</i> (Regan 1912)	Rio Maquiné	Rio Grande do Sul	Sydow et al. (2008)
<i>Harttia</i> sp.	Rio São Francisco	Minas Gerais	Mendes et al. (2004)
<i>Hypostomus</i> cf. <i>garmani</i> (Regan 1904)	Rio São Francisco	Minas Gerais	Mendes et al. (2004)
<i>Hypostomus iheringii</i>	Rio Guareí	São Paulo	Este trabalho
<i>Hypostomus tietensis</i>	Rio Guareí	São Paulo	Este trabalho

<i>Pareiorhaphis hypselurus</i> (Pereira & Reis 2002)	Rio Maquiné	Rio Grande do Sul	Sydow et al. (2008); Dala-Corte & Melo (2018)
<i>Pareiorhaphis nudula</i> (Reis & Pereira 1999)	Rio Maquiné	Rio Grande do Sul	Sydow et al. (2008)
<i>Pareiorhina rudolphi</i> (Miranda Ribeiro 1911)	Rio Preto	Rio de Janeiro	Henriques-Oliveira & Nessimian (2009)
Trichomycteridae			
<i>Trichomycterus mirissumba</i> Costa 1992	Rio Preto	Rio de Janeiro	Henriques-Oliveira & Nessimian (2009)

REFERÊNCIAS (MATERIAL SUPLEMENTAR)

- DALA-CORTE, R.B. & MELO, A.S. 2018. Living on a catfish: nested occupation of ectosymbiont chironomids on host body. *Can. J. Zool.* 96(7): 692-699. <https://doi.org/10.1139/cjz-2017-0141>.
- FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & VAN DER LAAN, R. (eds) 2019a. CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019.
- FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & FONG, J. D. 2019b. SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed 08/01/2019 [Recalculated with each new version; based on current literature, this provides all available species names, valid species, and species described in the last 10 years by family/subfamily.].
- HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 2009. Phoresy and commensalism of Chironomidae larvae (Insecta: Diptera) in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Lundiana* 10(1):11-18.
- MENDES, H.F., ANDERSEN, T. & SÆTHER, O.A. 2004. New species of *Ichthyocladius* Fittkau, a member of the *Corynoneura*-Group (Diptera: Chironomidae: Orthoclaadiinae), with a review of the genus. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 39: 15–35. <https://doi.org/10.1080/01650520412331270936>.
- SYDOW, V.G., VILELLA, F.S., HARTZ, S.M. & RODRIGUES, G.G. 2008. *Ichthyocladius* (Diptera, Chironomidae) on loricariid fishes in Atlantic Forest streams: influence of host size and corporal region on larval attachment. *Acta Limnol. Bras.* 20: 333-337

COMENTÁRIOS FINAIS

A bacia do Rio Guareí detém 52 espécies de peixes, das mais variadas ordens e famílias — algumas de elevado potencial pesqueiro regional e todas com importância ecológica. Aparentemente, também abriga espécies restritas a ambientes singulares, como pequenos cursos d'água. Além disso, um dos destaques deste trabalho é a presença de espécies não descritas em riachos da região. Assim, acredita-se que muitas bacias de tamanho similares a essa, situadas em especial no Sudeste, são interessantes de serem inventariadas (sobre aspectos ictiológicos) no século XXI. Esses levantamentos serão importantes para avaliar medidas que visem à proteção da biodiversidade em um contexto regional (em termos de biodiversidade brasileira) e global (Costello et 2013).

As interações ecológicas de piranhas e peixes do Rio Guareí também foram estudadas, contribuindo com o entendimento sobre a ecologia da ictiofauna regional. No trabalho envolvendo observação de mutilações em peixes, verificou-se que menos da metade dos indivíduos capturados foram alvo de lesões. Contudo, peixes mutilados não foram capturados na cabeceira, provavelmente devido à ausência do predador (*S. maculatus*). Além disso, os resultados indicam, mas com base no método de coleta empregado (i.e., tarrafas), que os peixes iliófagos são mais vulneráveis a ataques de piranhas quando comparado com espécies de outras guildas tróficas (e.g., carnívoros).

Existem muitas evidências que os rios tributários exercem importante influência sobre ambientes artificiais (reservatórios), sendo que, uma das principais, é manter a sua ictiofauna (Marques et al. 2018). A condição do Rio Guareí como importante tributário da represa de Jurumirim (Armando Avellanal Laydner) o torna estratégico para políticas visando a sua conservação. É provável que ele fornece condições minimamente razoáveis para manutenção da ictiofauna do reservatório existente. Se existe o barramento de um rio receptor, como neste caso o Rio Paranapanema, é extremamente imprudente o

barramento dos seus afluentes, pois estes são contribuintes na manutenção dos estoques pesqueiros e importantes para reprodução de espécies migradoras, como visto neste trabalho. Alguns rios brasileiros são legalmente protegidos por normas específicas, que não se encontra dentro do escopo de unidades de conservação (Azevedo-Santos et al. 2018). A ação coletiva entre os municípios de Guareí e Angatuba, pode ser eficiente para criação de uma lei estadual que, pelo menos, impedisse o barramento do Rio Guareí.

Os capítulos que foram apresentados nesta tese — os quais, como já mencionado, se conectam pela temática ecologia e conservação de peixes da bacia do Rio Guareí — mostraram ainda mais o quão incipiente é o conhecimento dos peixes da região. Paradoxalmente, e não foi inesperado, os trabalhos desenvolvidos gerou a necessidade de inúmeros outros. Por exemplo, trabalhos futuros poderão abordar aspectos de biogeográfica ecológica, de fauna associada a peixes, abrangendo mais grupos (e.g., helmintos) e sobre a biologia e a ecologia trófica de muitas outras espécies (e.g., *Gymnotus pantanal*, *Cambeva guareiensis*, *Hypostomus* sp. n., *Phalloceros reisi*).

REFERÊNCIAS

AZEVEDO-SANTOS, V.M., FREDERICO, R.G., FAGUNDES, C.K., POMPEU, P.S., PELICICE, F.M., PADIAL, A.A., NOGUEIRA, M.G., FEARNside, P.M., LIMA, L.B., DAGA, V.S., OLIVEIRA, F.J.M., VITULE, J.R.S., CALLISTO, M., AGOSTINHO, A.A., ESTEVES, F.A., LIMA-JUNIOR, D.P., MAGALHÃES, A.L.B., SABINO, J., MORMUL, R.P., GRASEL, D., ZUANON, J., VILELLA, F.S. & HENRY, R. 2018. Protected areas: A focus on Brazilian freshwater biodiversity. *Divers. Distrib.* 25: 442-448. <https://doi.org/10.1111/ddi.12871>.

COSTELLO, M. J., MAY, R. M., & STORK, N. E. 2013. Can We Name Earth's Species Before They Go Extinct? *Science* 339(6118), 413-416.
<https://doi.org/10.1126/science.1230318>.

MARQUES, H., DIAS, J. H. P., PERBICHE-NEVES, G., KASHIWAQUI, E. A. L., & RAMOS, I. P. 2018. Importance of dam-free tributaries for conserving fish biodiversity in Neotropical reservoirs. *Biol. Conserv.* 224, 347-354.