

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**Fauna parasitária de caracídeos nas bacias dos rios Paraná e Iguaçu:
diversidade de parasitos de *Astyanax lacustris* e efeitos da introdução de
Psalidodon bifasciatus na bacia do Paraná**

Discente: Bianca da Silva Miguel

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos

Coorientadora: Dra. Aline Cristina Zago

Botucatu

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**Fauna parasitária de caracídeos nas bacias dos rios Paraná e Iguaçu:
diversidade de parasitos de *Astyanax lacustris* e efeitos da introdução de
Psalidodon bifasciatus na bacia do Paraná**

Discente: Bianca da Silva Miguel

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos

Coorientadora: Dra. Aline Cristina Zago

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia).

Botucatu

2022

M636f Miguel, Bianca da Silva

Fauna parasitária de caracídeos nas bacias dos rios Paraná e Iguaçu : diversidade de parasitos de *Astyanax lacustris* e efeitos da introdução de *Psalidodon bifasciatus* na bacia do Paraná / Bianca da Silva Miguel. -- Botucatu, 2022

45 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientadora: Aline Cristina Zago

1. lambari. 2. espécies nativas. 3. espécies não-nativas. 4. ictioparasitologia. 5. invasão biológica. I. Título.

...Pense nas flores que você planta
a cada ano no jardim
elas nos ensinam
que as pessoas
também murcham
caem
criam raízes
crescem
para florescer no final...

Rupi Kaur

Dedico esse trabalho a todos meus amigos e família
que fizeram parte do meu processo de florescimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus por em meio a toda aleatoriedade do universo, permitir que eu viva neste tempo e espaço com essas determinadas pessoas que eu amo tanto.

À minha família que tanto me amam e me apoiam nas minhas decisões, à minha mãe Simone, ao meu pai Eldon, à minha irmã Beatriz, aos meus tios Sandro e Sidnei, às minhas tias Érita, Lidiane, Célia e Lourdes, aos meus primos Camila, Larissa, Mariana, Yago, Lucas, João Lucas e Arthur, e por fim meus avós: Maria das Graças, Nicanor, Aparecida e Orlando, que não estão mais nesse plano.

Aos amigos e irmãos que tanto me apoiaram e sempre cuidaram de mim: Sonia, Vinicius, Yara, Louise, Nayara, Bianca, Alessandra, Yasmin, Karina, Bruno, e outras pessoas que sempre carregaram comigo.

Aos meus amigos, família e equipe do Pirá, por tornarem meus dias mais lindos e coloridos. Um agradecimento em especial ao meu amigo Aymar por me ajudar com a estatística do trabalho, meu amigo José por me ajudar com as fotos e nas disciplinas e a minha amiga Cibeles pelo apoio, por sempre tirar minhas dúvidas, e por me ensinar a fazer mapas.

Às minhas terapeutas pelo amparo, carinho e cuidado com a minha saúde mental.

Ao meu orientador Prof. Igor e às minhas coorientadoras Aline, Lidiane, por me confiarem o projeto, e por toda orientação, apoio, broncas, auxílio e carinho. À professora Rosilene por todo auxílio e contribuição na minha pesquisa.

Aos laboratórios: Laboratório de Ecologia de Peixes-Pirá, Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres-LAPAS pelas suas instalações que possibilitaram as análises, e ao Laboratório de Ictiologia, Ecologia e Biomonitoramento-LIEB pelo auxílio nas coletas.

Às agências de fomento que permitiram a realização da pesquisa, tal como minha permanência na Universidade desde a graduação. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo ((FAPESP)-Número do processo - 2018/25839-7).

À UNESP, seus funcionários e técnicos. A todos os meus professores e o pessoal dos núcleos sociais que participo. À banca examinadora.

A todos que convivem com a minha personalidade peculiar.

Sumário

Capítulo I.

Parasitas de <i>Psalidodon bifasciatus</i> (Characiformes, Characidae) nas bacias dos rios Iguaçu e Paraná: características e efeitos da introdução	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1. Área de estudo.....	12
2.2. Coleta do material biológico	15
2.3. Coleta e identificação dos parasitas	16
2.4. Análise dos dados.....	17
3. RESULTADOS	19
4. DISCUSSÃO	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
6. MATERIAL SUPLEMENTAR.....	35
Parasitas de <i>Astyanax lacustris</i> (Characiformes, Characidae) em dois riachos do estado do Paraná, Brasil.....	36

RESUMO.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

O presente trabalho está formatado em dois capítulos, que estão elaborados na forma de artigos científicos

CAPÍTULO I- Parasitas de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) nas bacias dos rios Iguaçu e Paraná: características e efeitos da introdução

Neste capítulo, foi caracterizada a fauna parasitária da espécie de peixe *P. bifasciatus* em dois riachos, sendo um de ocorrência natural (bacia do rio Iguaçu) e outro de ocorrência não-natural (bacia do rio Paraná). Além disso, foram testadas as seguintes hipóteses: (1) considerando a Hipótese do Escape do Inimigo, espera-se que as faunas parasitárias de *P. bifasciatus* apresentarão maior riqueza de espécies em suas áreas de distribuição natural em relação às áreas de distribuição não-natural; (2) os atributos ecológicos do parasitismo (prevalência, intensidade média de infecção/infestação e abundância média) de *P. bifasciatus* apresentarão maiores valores para a área de distribuição natural em relação a área de distribuição não-natural e (3) a estrutura da comunidade componente de parasitas de *P. bifasciatus* apresentarão diferenças entre as áreas de distribuição natural e não-natural.

CAPÍTULO II- Parasitas de *Astyanax lacustris* (Characiformes, Characidae) em dois riachos do estado do Paraná, Brasil

Neste segundo capítulo foi caracterizada a fauna parasitária da espécie de peixe *A. lacustris* em dois riachos do Paraná, sendo um da bacia do baixo rio Iguaçu e da bacia do alto rio Paraná.

CAPÍTULO I

Parasitas de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) nas bacias dos rios Iguaçu e Paraná: características e efeitos da introdução

RESUMO

A introdução de espécies não-nativas é uma das maiores causas da redução de biodiversidade global, devido a mudanças nas interações ecológicas locais, incluindo as relações parasita-hospedeiro. Por sua vez, parasitas influenciam a biota local, podendo alterar aspectos biológicos de seus hospedeiros e impactando estruturalmente de populações a ecossistemas. Dessa forma, organismos parasitas apresentam um papel singular na dinâmica de invasão, o qual ainda é pouco explorado especialmente em riachos. O presente estudo objetivou testar as hipóteses (1) a fauna parasitária de *Psalidodon bifasciatus* apresentará maior riqueza de espécies em sua área de distribuição natural em relação à área de distribuição não-natural; (2) os atributos ecológicos do parasitismo (prevalência, intensidade média de infecção/infestação e abundância média) de *P. bifasciatus* apresentarão maiores valores para a área de distribuição natural em relação a área de distribuição não-natural e (3) a estrutura da comunidade componente de parasitas de *P. bifasciatus* apresentará diferenças entre as áreas de distribuição natural e não-natural. Para tanto, foram caracterizadas e comparadas a fauna parasitária da espécie de peixe *P. bifasciatus* em dois riachos, sendo um de ocorrência natural e outro de ocorrência não-natural. Foram coletadas 51 fêmeas de *P. bifasciatus* (riacho de ocorrência natural=26 espécimes e riacho de ocorrência não-natural=25 espécimes) em coletas realizadas em setembro de 2018, nos riachos Carolina (baixo rio Iguaçu) e Carreira (bacia do rio Piquiri, bacia do alto rio Paraná). As três hipóteses foram corroboradas, sendo observada na área nativa maior riqueza de táxons de parasitas, maiores valores para os atributos parasitológicos, além de diferenças significativas na estrutura da comunidade componente parasitária entre as áreas.

Palavras-chaves: lambari, espécies nativas, espécies não-nativas, ictioparasitologia, invasão biológica

ABSTRACT

The introduction of non-native species is one of the major causes of biodiversity loss in streams, due to changes in ecological interactions, including the parasite-host relationships. Parasites influence the local biota, being able to change biological aspects of their hosts and impact the structure of the population to ecosystem levels. Thus, parasitic organisms have an important role in the dynamics of invasion, which is still little explored, especially in streams. The present study aimed to test the hypotheses (1) the parasitic fauna of *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes) will present greater species richness in its areas of natural distribution compared to areas of non-natural distribution; (2) the ecological attributes of parasitism (prevalence, mean intensity of infection/infestation and mean abundance) of *P. bifasciatus* will present higher values in the area of natural distribution compared to areas of non-natural distribution and (3) the structure of the parasitic communities of *P. bifasciatus* will show differences between natural and non-natural distribution areas. For that, the parasitic fauna of the fish species *P. bifasciatus* was characterized and compared in two streams, one of natural occurrence and the other of non-natural occurrence of these fish species. We collected 51 females of *P. bifasciatus* (naturally occurring stream=26 specimens and non-naturally occurring stream=25 specimens), during sampling carried out in September 2018, in the Carolina streams (lower Iguaçu River) and Carreira (Piquiri River basin, upper Paraná River basin). The results demonstrate that the parasite-host relationship in non-native hosts can manifest itself in different ways, depending on the host species and the environment where the introduction occurred. For *P. bifasciatus*, the three hypotheses were corroborated, being observed in the native area higher richness of parasite taxa, higher values for parasitological attributes, in addition to significant differences in the structure of the parasitic component community between the areas.

Keywords: tetra, native species, non-native species, ichtioparasitology, biological invasion, fresh water fish

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas dulcícolas são os ambientes mais ameaçados do planeta, contudo mecanismos que priorizem a conservação dessas áreas permanecem escassos (NOGUEIRA et al., 2010). Considerando-se ambientes de riachos, a situação torna-se ainda mais preocupante, visto que essas áreas concentram cerca de 50% das espécies de peixes de pequeno porte do Brasil (CASTRO, 1999; MIRANDA, 2012), e há pouco conhecimento sobre esses ambientes, uma vez que são insatisfatoriamente explorados do ponto de vista científico (CASTRO, 1999; VIDOTTO-MAGNONI et al., 2015).

Riachos de cabeceira são pequenos e restritos cursos lóticos d'água, que nascem em terrenos íngremes de serras e montanhas, possuem pouca profundidade, e o fundo arenoso ou pedregoso devido à correnteza da água (ZANINI et al., 2017). Também são caracterizados por concentrar um grande número de espécies endêmicas e ameaçadas pela crescente ação antrópica (CASATTI et al., 2001), como a fragmentação, destruição ou remoção e substituição da vegetação ripária por pastagem e monocultura (MIRANDA, 2012; LEITÃO et al., 2018; CASATTI et al., 2020), assoreamento (CASATTI et al., 2001), poluição (MIRANDA, 2012) e introdução de espécies não-nativas (CASATTI et al., 2001; MIRANDA, 2012).

Tais ambientes, apresentam baixo quociente entre a área do canal e sua área de drenagem, o que possibilita que o meio terrestre exerça forte influência sobre o meio aquático (ZANINI et al., 2017). Desse modo, tais fatores podem atuar conjuntamente na redução das dimensões dos riachos e causar efeito deletério sobre a biodiversidade local, incluindo as espécies de peixes (OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005; MIRANDA, 2012) e seus respectivos parasitas (VIDAL-MARTINEZ et al., 2010).

Parasitas desempenham importante função nos ecossistemas, regulando a abundância das populações de hospedeiros, estabilizando teias alimentares e contribuindo para a estrutura das comunidades biológicas (POULIN & MORAND, 2004). Assim, mudanças na composição e abundância desses organismos em resposta a alterações ambientais são muito informativas (LIZAMA et al., 2013). Tais mudanças podem indicar desequilíbrios em nível do(s) hospedeiro(s) que compõe(m) o ciclo biológico (definitivos, intermediários e paratênicos), bem como dos próprios parasitas (LIZAMA et al., 2013). Nesse aspecto, a introdução de espécies não-nativas

pode resultar na mudança das interações ecológicas locais, incluindo as relações parasito-hospedeiro bem como no funcionamento de todo ecossistema (LLOPIS-BELENGUER et al., 2020). Desse modo, o estabelecimento de espécies não-nativas, pode representar uma grande ameaça à diversidade, integridade e funcionamento dos ecossistemas (MOLNAR et al., 2008; POULIN, 2017). Tal fato, relaciona-se a introdução de espécies não-nativas em um ambiente ocorrer em uma escala temporal relativamente curta, uma vez que é mediada por ações antrópicas, não permitindo que espécies nativas se ajustem gradualmente as novas condições proporcionadas pela presença do invasor (POULIN, 2017).

Como resultado do processo de invasão biológica/introdução de espécie sobre a comunidade parasitária, a espécie não-nativa pode: (1) perder parte de seus parasitas de ocorrência natural (Hipótese do Escape do Inimigo - “Enemy Release Hypothesis”) (KEANE; CRAWLEY, 2002; TORCHIN et al., 2002; MITCHELL; POWER, 2003; TORCHIN et al., 2003; COLAUTTI et al., 2004), resultando em um efeito positivo sobre seu processo de colonização no novo ambiente; (2) ser colonizado por novas espécies durante a invasão (processo de aquisição de parasitas nativos), incrementando a abundância de táxons de parasitas nativos, aumentando assim, a probabilidade de os hospedeiros nativos se infectarem (“spillback”) (LLOPIS-BELENGUER et al., 2020); (3) o hospedeiro introduzido pode trazer alguns de seus parasitas naturais, introduzindo-os no novo ambiente (processo de co-introdução) (LLOPIS-BELENGUER et al., 2020). Esse último aumenta as chances de hospedeiros nativos serem infectados pelos novos parasitas (“spillover”) com os quais não possuem relação co-evolutiva, e, portanto, não apresentam mecanismos de defesa, podendo ter efeito deletério sobre a população nativa de hospedeiros (POULIN, 2017; LLOPIS-BELENGUER et al., 2020).

Neste contexto, têm-se a espécie de peixe caracídeo (Characiformes) *Psalidodon bifasciatus* (Garavello & Sampaio, 2010) (= *Astyanax bifasciatus*), considerada nativa, abundante e amplamente distribuída na bacia do rio Iguaçu (BAUMGARTNER et al., 2012), e assim, introduzida (não-nativa) na bacia do rio Piquiri, alto rio Paraná. Essa espécie é de pequeno porte, sendo popularmente conhecidas como “tambíú” e “lambari do rabo vermelho”, e considerada onívora (NIMET et al., 2018), o que possibilita ocupar uma posição intermediária na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, servindo como alimento para vários predadores carnívoros (BARASSA et al., 2003; NIMET et al., 2018).

A bem-sucedida colonização ambiental de pequenos peixes caracídeos, como observada em *Psalidodon*, pode ser associada a seu hábito oportunista, dieta onívora generalista, além das estratégias reprodutivas, uma vez que são capazes de crescer rápido, amadurecer precocemente e desovar mais de uma vez por ano (SABBAG et al., 2011; MISE et al., 2013; CASATTI et al., 2020). Entretanto, não há trabalhos comparativos sobre a fauna parasitária de caracídeos de pequeno porte em áreas de ocorrência natural e não-natural.

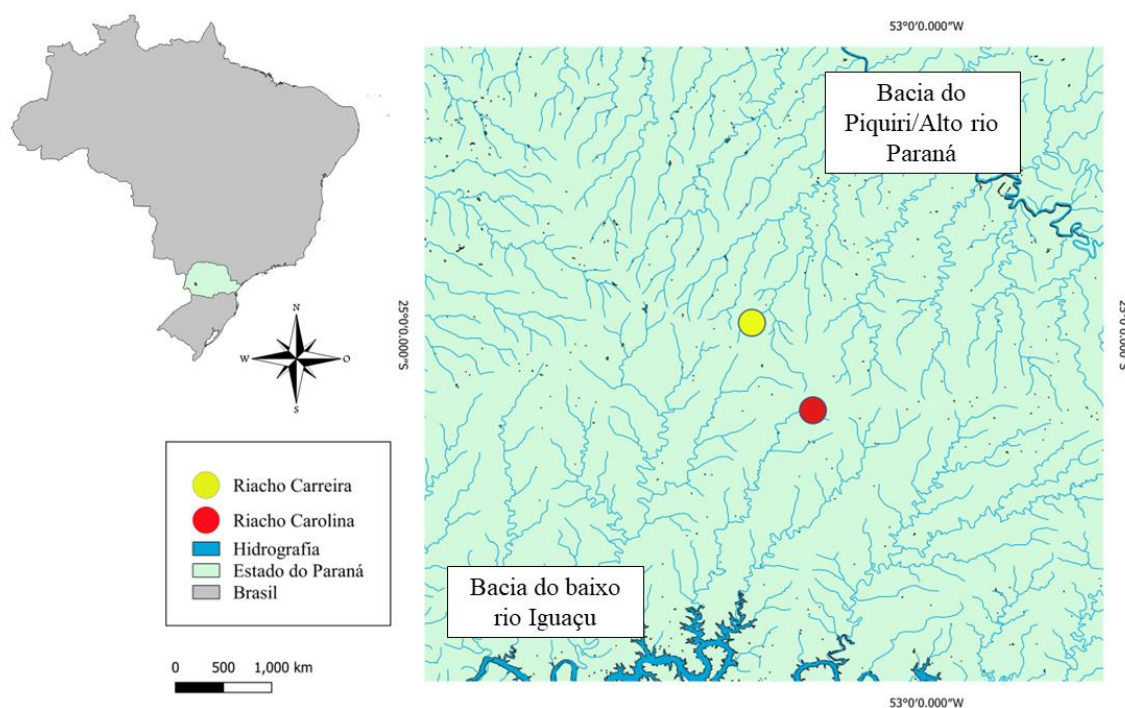
Assim, o presente estudo visa caracterizar a fauna parasitária da espécie de peixe *P. bifasciatus* em dois riachos, sendo um de ocorrência natural e outro de ocorrência não-natural. Além disso, o estudo ainda pretende testar as seguintes hipóteses: (1) considerando a Hipótese do Escape do Inimigo, espera-se que as faunas parasitárias de *P. bifasciatus* apresentarão maior riqueza de espécies em suas áreas de distribuição natural em relação às áreas de distribuição não-natural; (2) os atributos ecológicos do parasitismo (prevalência, intensidade média de infecção/infestação e abundância média) de *P. bifasciatus* apresentarão maiores valores para a área de distribuição natural em relação a área de distribuição não-natural e (3) a estrutura da comunidade componente de parasitas de *P. bifasciatus* apresentarão diferenças entre as áreas de distribuição natural e não-natural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

As amostragens dos exemplares de *P. bifasciatus* foram realizadas no riacho Carolina (área de distribuição nativa) (Figura 1; Figura 2), e riacho Carreira (área de distribuição não-nativa) (Figura 1; Figura 3). Dados referentes as áreas amostrais estão contidos na Tabela 1.

Figura 1. Localização geográfica dos pontos de amostragem na bacia do baixo rio Iguaçu e bacia do Piquiri/Alto rio Paraná, Paraná, Brasil.



(Fonte: Próprio autor, 2022).

Figura 2. Área de estudo no riacho Carolina, localizado no município de Catanduvas, Paraná, pertencente a bacia do baixo rio Iguaçu.



(Crédito: Rosilene Luciana Delariva, 2018).

Figura 3. Área de estudo no riacho Carreira, localizado no município de Cascavel, PR, pertencente a bacia do alto rio Paraná.



(Crédito: Rosilene Luciana Delariva, 2018).

Tabela 1- Coordenadas geográficas, localização e tipo de ocupação do solo na área de entorno* das áreas amostrais de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae).

Riachos	Coordenadas geográficas		Localização	Ocupação do entorno		
				Florestal	Rural	Urbana
Carreira	24°58'52,07"S	53°16'15,76"O	Parque ambiental, município de Cascavel, PR, bacia do alto rio Paraná	42,40%	57,44%	0,21%
Carolina	25°7'1,29"S	53°10'34,81"O	Área rural, município de Catanduvas, PR, bacia do baixo rio Iguaçu	15,49%	84,51%	0%

* A metodologia utilizada para determinar o tipo de ocupação do solo na área de entorno das áreas amostrais está presente no artigo Larentis et al. (2021). (Fonte: Próprio autor, 2022).

A bacia do rio Iguaçu localiza-se na região Sul do estado do Paraná e compreende uma área aproximada de 55.108,04 km², englobando cerca de 101 municípios (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2010; LARENTIS et al., 2016), com direcionamento no sentido Leste-Oeste (PAIVA, 1982). É subdividida em três regiões, respeitando a disposição dos planaltos paranaenses: o alto Iguaçu (1º planalto), médio Iguaçu (2º planalto) e baixo Iguaçu (3º planalto) (BAUMGARTNER et al., 2012). Apresenta clima subtropical úmido, mesotérmico, com verão caracterizado como uma estação de clima quente e inverno desprovido de uma estação seca (BAUMGARTNER et al., 2012). Embora essa bacia seja caracterizada pela baixa diversidade de espécies de peixes, apresenta elevado endemismo (BAUMGARTNER et al., 2012; DELARIVA et al., 2018).

A bacia do alto rio Paraná é composta pela área de drenagem do rio Paraná à montante do antigo Salto de Sete Quedas (CASTRO et al., 2003; LANGEANI et al., 2007). Possui aproximadamente 900 mil km², sendo seus principais formadores os rios Grande, Paranaíba, Paranapanema e Tietê, além de cabeceiras de bacias adjacentes, como dos rios Tocantins-Araguaia, Doce, Paraíba do Sul, entre outros (LANGEANI et al., 2007). Seu relevo é acidentado na porção leste e sudeste, com suave inclinação em direção ao rio Paraná, com altitudes variando de 500 a 1.000 m (STEVANUX et al., 1997). Quanto a ictiofauna, a bacia do alto rio Paraná apresenta uma alta diversidade e endemismo (CASTRO et al., 2003; LANGEANI et al., 2007).

2.2. Coleta do material biológico

Foram selecionados um total de 51 espécimes de *P. bifasciatus*, todos pertencentes ao mesmo sexo (fêmeas), (Figura 4) (26 espécimes do riacho Carolina e 25 do riacho Carreira). As fêmeas foram testadas em relação ao comprimento padrão entre as áreas, não apresentando diferenças estatísticas ($U=263$, $p= 0,2437$). As coletas foram realizadas em setembro de 2018 por meio de pesca elétrica (Licença permanente para coleta de material zoológico - SISBio nº 25039-1). Após a captura, os peixes coletados foram eutanasiados em água com gelo, individualizados em sacos plásticos e mantidos congelados até o momento das análises laboratoriais (Autorização Comitê de Ética no Uso de Animais– Unioeste, Câmpus de Cascavel nº 3730/2016).

Figura 4. Exemplar de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) coletado no riacho Carolina, no município de Catanduvas, PR, bacia do baixo rio Iguaçu.



(Fonte: próprio autor, 2019)

2.3. Coleta e identificação dos parasitas

Todos os exemplares de *P. bifasciatus* tiveram mensurados o comprimento padrão (cm) (com auxílio de ictiômetro) e a massa total (g) (com auxílio de balança 0,01 g), e o sexo determinado visualmente. Cada exemplar teve sua pele e nadadeiras inspecionadas para a presença de parasitas.

Para a coleta de ectoparasitas em *P. bifasciatus*, foi feita a raspagem do muco e lavagem das narinas para inspeção de monogenéticos. Em seguida, foram removidas as brânquias, as quais foram acondicionadas em um frasco, adicionado água destilada, e agitado vigorosamente para desprendimento dos parasitas. Esse conteúdo foi analisado com auxílio de microscópio estereoscópico. Os monogenéticos encontrados foram coletados empregando-se micropipeta e ponteira plástica, montados em lâminas semi-permanentes com os meios Grey & Wess e Hoyer, e cobertos com lamínula (EIRAS et al., 2006).

Para a busca de endoparasitas, foi realizada uma incisão longitudinal na superfície ventral dos indivíduos, permitindo a exposição, retirada e análise individual dos órgãos (coração, fígado, estômago, intestinos, bexiga natatória, baço, vesícula biliar, mesentério, bexiga urinária e gônadas), além da remoção e análise dos olhos. A cavidade visceral e cada órgão foi examinado com auxílio de microscópio estereoscópico para a coleta de parasitas. Os nematoides foram fixados e preservados em álcool etílico 70%, e para análise das estruturas de valor taxonômico, foram diafanizados com ácido láctico (EIRAS et al., 2006).

As identificações foram realizadas até o menor nível taxonômico sempre que possível, baseadas em chaves de identificação e bibliografia pertinente (MORAVEC, 1998; THATCHER, 2006; COHEN et al., 2013; ZAGO et al., 2018). Os nomes dos táxons dos parasitas foram considerados de acordo com o conteúdo da base de dados digital *World Register of Marine Species* (WoRMS, 2022). Análises morfológicas e morfométricas dos parasitas foram realizadas utilizando-se sistema computadorizado de análise de imagem com Contraste de Interferência Diferencial (*Differential Interference Contrast* - DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite).

2.4. Análise dos dados

A caracterização da estrutura da fauna parasitária (comunidade componente) de *P. bifasciatus* em suas respectivas áreas amostrais foi realizada através de uma tabela contendo todos os táxons de parasitas encontrados, seus atributos parasitológicos, e sítio (órgão) de infecção/infestação, considerando-se a origem (bacias do baixo rio Iguaçu e alto rio Paraná). Para avaliar se foi obtida suficiência amostral, foram aplicadas curvas do coletor em cada área amostral (Figura S1), por meio da matriz com todas as espécies de helmintos coletadas por área nativa e não- nativa.

Para testar a hipótese 1, de que a fauna parasitária de *P. bifasciatus* apresenta maior riqueza de espécies em sua área de distribuição natural (origem nativa), foi realizada a comparação da riqueza taxonômica (*S*) (KREBS, 1989). A riqueza taxonômica foi calculada a nível de infracomunidade (25 e 26 repetições para a área não-nativa e área nativa, respectivamente), testadas quanto a normalidade e homocedasticidade (teste de Shapiro-Wilk) e comparadas entre as bacias (bacia do Iguaçu (nativa) x bacia do Paraná (não-nativa) com teste estatístico *U* de Mann-Whitney). A fim de testar a hipótese 2, de que os atributos ecológicos do parasitismo de *P. bifasciatus* apresentarão diferenças entre as áreas de distribuição natural e não-natural, sendo os maiores valores para a área de distribuição natural, foram calculados os seguintes atributos: prevalência (*P*), intensidade média de infecção/infestação (*IMI*) e abundância média (*AM*), de acordo com Bush et al. (1997). Para a comparação dos referidos atributos, foram consideradas apenas as espécies de parasitas com prevalência igual ou superior a 5%, ocorrendo nas duas bacias. Posteriormente, os atributos (*AM* e *IMI*), isoladamente por espécie de parasita, e área de distribuição, foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade (teste de Shapiro-Wilk) e comparados (bacia do Iguaçu (nativa) x bacia do Paraná (não-nativa)) com teste estatístico *U* de Mann-Whitney. Para (*P*), igualmente isolado por área de distribuição, as comparações foram realizadas por meio de teste *G* (bacia do Iguaçu (nativa) x bacia do Paraná (não-nativa)).

Para testar a hipótese 3, de que a estrutura da comunidade componente de parasitas de *P. bifasciatus* apresenta diferenças entre as áreas de distribuição natural e não-natural, primeiramente foi elaborada uma matriz com dados de abundância absoluta de todas as espécies de parasitas para cada área de distribuição. Posteriormente, foram avaliadas possíveis diferenças na estrutura da comunidade componente de parasitas por área de distribuição (bacia do Iguaçu (nativa) x bacia do

Paraná (não-nativa)), sendo as comparações realizadas por meio de análise multivariada permutacional de variância unidirecional PERMANOVA *one-way* (ANDERSON, 2001), utilizando-se a distância de Bray-Curtis, com 9999 permutações aleatórias (ANDERSON, 2001). Para essa análise, a variável independente consistiu nas áreas de distribuição, enquanto as variáveis dependentes foram as abundâncias das espécies de parasitas, e as infracomunidades foram utilizadas como repetições (25 e 26 repetições na área não-nativa e área nativa, respectivamente). Posteriormente, quando observadas diferenças significativas por meio da análise PERMANOVA, foi aplicada Análise Permutacional de Dispersões Multivariadas PERMDISP, utilizando-se a distância de Bray-Curtis, com 9999 permutações aleatórias (ANDERSON, 2001), a fim de avaliar se as diferenças observadas se relacionam a dispersão dos dados ou a diferenças na composição das comunidades componentes. Em caso de diferenças significativas por meio da análise PERMANOVA, também foi aplicada a análise de porcentagem de similaridade SIMPER *overall pool* (CLARKE, 1993), utilizando-se a mesma matriz de dados e distância de Bray-Curtis, a fim de verificar quais as espécies de parasitas foram responsáveis e sua contribuição para a diferença observada.

Valores médios são apresentados como média $\pm$ erro padrão (valor mínimo – valor máximo). Todos os cálculos de atributos da comunidade parasitária, atributos ecológicos do parasitismo e análises estatísticas foram realizados utilizando-se o pacote Vegan do programa R (RSTUDIO TEAM, 2015). As curvas do coletor foram elaboradas por meio da função *specaccum* (método rarefação). Cálculos de atributos da comunidade parasitária e de atributos ecológicos do parasitismo exceto a prevalência, foram realizados com auxílio da função *specnumber*. Testes de normalidade foram realizados através da função *shapiro.test*, enquanto teste U foi realizado por meio da função *wilcox.test*. Prevalência e teste G foram calculados pela função *prop.test*. PERMANOVA, foi realizada por meio da função *adonis*, SIMPER pela função *simper* e PERMDISP pela função *betadisper*. Para todas as análises estatísticas foi utilizado o valor de $p < 0,05$.

Espécimes testemunhos das espécies de hospedeiros serão tombados na Coleção de Peixes DZSJRP, UNESP, São José do Rio Preto, SP, Brasil, enquanto espécimes testemunhos das espécies de parasitas serão tombados na Coleção Helminológica do Instituto de Biociências, CHIBB, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

3. RESULTADOS

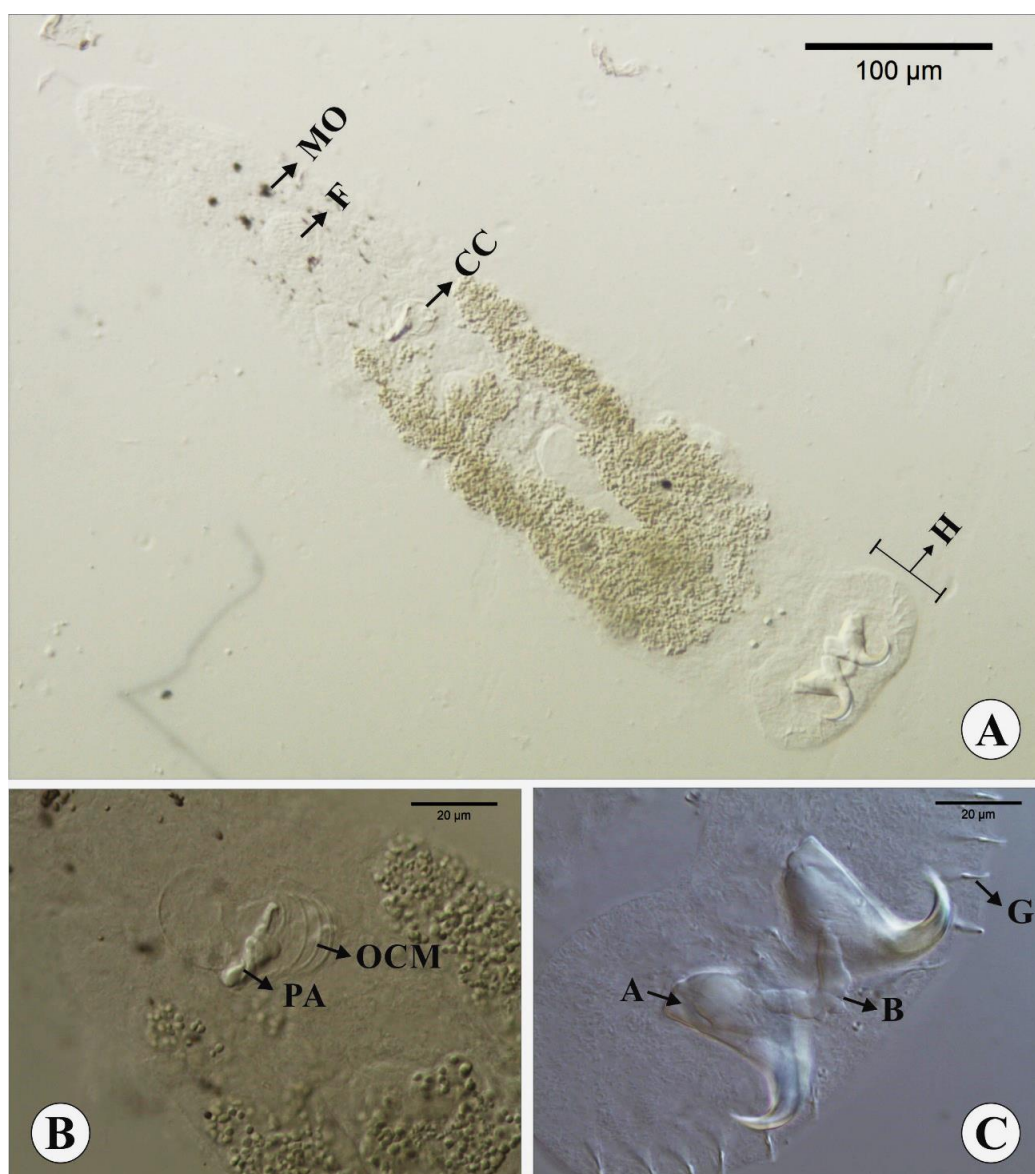
Para o riacho Carolina (área de ocorrência natural), os exemplares apresentaram comprimento padrão médio de $7,97 \pm 0,16$ (6,80 – 10,00 cm) e massa total média de $12,38 \pm 0,93$ (4,77 – 25,29 g). Foram registrados 23 exemplares parasitados com pelo menos um táxon de helminto (P=88,88%), totalizando 93 espécimes de parasitas coletados pertencentes a seis táxons, sendo uma espécie de nematoide em fase larval e cinco táxons de monogenéticos (quatro pertencentes à família Dactylogyridae (Figuras 5 a 7) e um à Gyrodactylidae (Figura 8)) (Tabela 2). Monogenéticos da família Gyrodactylidae (Figura 8) foram os parasitas mais prevalentes (76,92%) e abundantes ($2,66 \pm 0,61$ [0 – 18]) na comunidade componente analisada (Tabela 2). Enquanto, para o riacho Carreira (área de ocorrência não-natural), exemplares de *P. bifasciatus* tiveram comprimento padrão médio de $8,32 \pm 0,23$ (6,50 – 10,00 cm) e massa total média de $17,44 \pm 1,42$ (6,70 – 34,28 g). Registrou-se 13 exemplares parasitados com pelo menos um táxon de helminto (P=48,00%), totalizando 17 espécimes de parasitas pertencentes a dois táxons: uma espécie de nematoide (Figura 9) em fase larval e um monogenético girodactilídeo (Tabela 2). Nematoda gen. sp. 1 (larva) foi o táxon mais prevalente (28,00%) e abundante ($0,37 \pm 0,12$ [0 – 2]) (Tabela 2) na comunidade componente analisada.

Tabela 2 - Local de coleta dos hospedeiros, atributos parasitológicos (P: prevalência; IMI: intensidade média de infecção/infestação; AM: abundância média), sítio de infecção/infestação (SI) de cada espécie de parasita registrado em *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) procedentes do riacho Carolina (CA), região do baixo rio Iguaçu e riacho Carreira (CR), região do alto rio Paraná, Paraná, Brasil

	CA	CR	CA	CR	CA	CR	
Parasita	P	P	IMI	IMI	AM	AM	SI
	(%)	(%)					
Monogenea							
<i>Cacatuocotyle papilionis</i>	26,92	-	1,14 ± 0,14 (1–2)	-	0,30 ± 0,10 (0–2)	-	Pele (Muco)
<i>Characithecium</i> sp.1	11,53	-	2,00 ± 1,00 (1–3)	-	0,23 ± 0,15 (0–3)	-	Brânquias
Dactylogyridae gen. sp.	3,84	-	2,00	-	0,07 ± 0,05 (0–2)	-	Brânquias
<i>Diaphorocleidu</i> s sp.	3,84	-	1,00	-	0,03 ± 0,07 (0–1)	-	Brânquias
Gyrodactylidae gen. sp.	76,92*	20,00	3,55 ± 0,80 (1–18)*	1,20 ± 0,20 (1–2)	2,66 ± 0,61(0–18)*	0,20 ± 0,08 (0–2)	Pele (Muco)
Nematoda							
Nematoda gen. sp.1 (larva)	11,53	28,00	1,66 ± 0,66 (1–3)	1,25 ± 0,18(1–2)	0,16 ± 0,11 (0–3)	0,37 ± 0,12 (0–2)	Estômago
Geral	88,88*	48,00	4,04 ± 0,77 (1–18)*	1,25 ± 0,13 (1–2)	3,57 ± 0,72 (0–18)*	0,60 ± 0,14 (0–2)	3,17 ± 0,91 (0–20)

*Valores estatisticamente diferentes (p<0,05). (Fonte: Próprio autor, 2022).

Figura 5. *Cacatuocotyle papilionis* (Monogenea, Dactylogyridae) parasita de pele de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná. (A) Vista geral: (MO) mancha ocelar, (F) faringe, (CC) complexo copulatório e (H) Haptor; (B) Detalhe do complexo copulatório: (PA) peça acessória e (OCM) órgão copulatório masculino; (C) Detalhe do haptor, com (A) âncora, (B) barra e (G) ganchos.



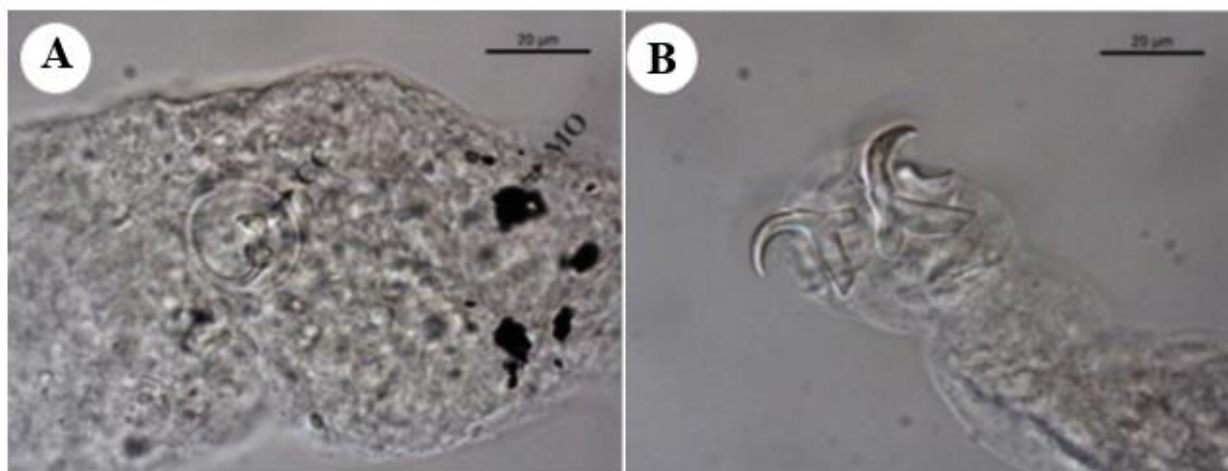
(Fonte: próprio autor, 2019).

Figura 6. *Characithecium* sp. (Monogenea, Dactylogyridae) parasita branquial de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu) PR. **(A)** Região anterior: (MO) mancha ocelar, (CC) complexo copulatório e (V) Vagina; **(B)** Detalhe do haptor (região posterior)



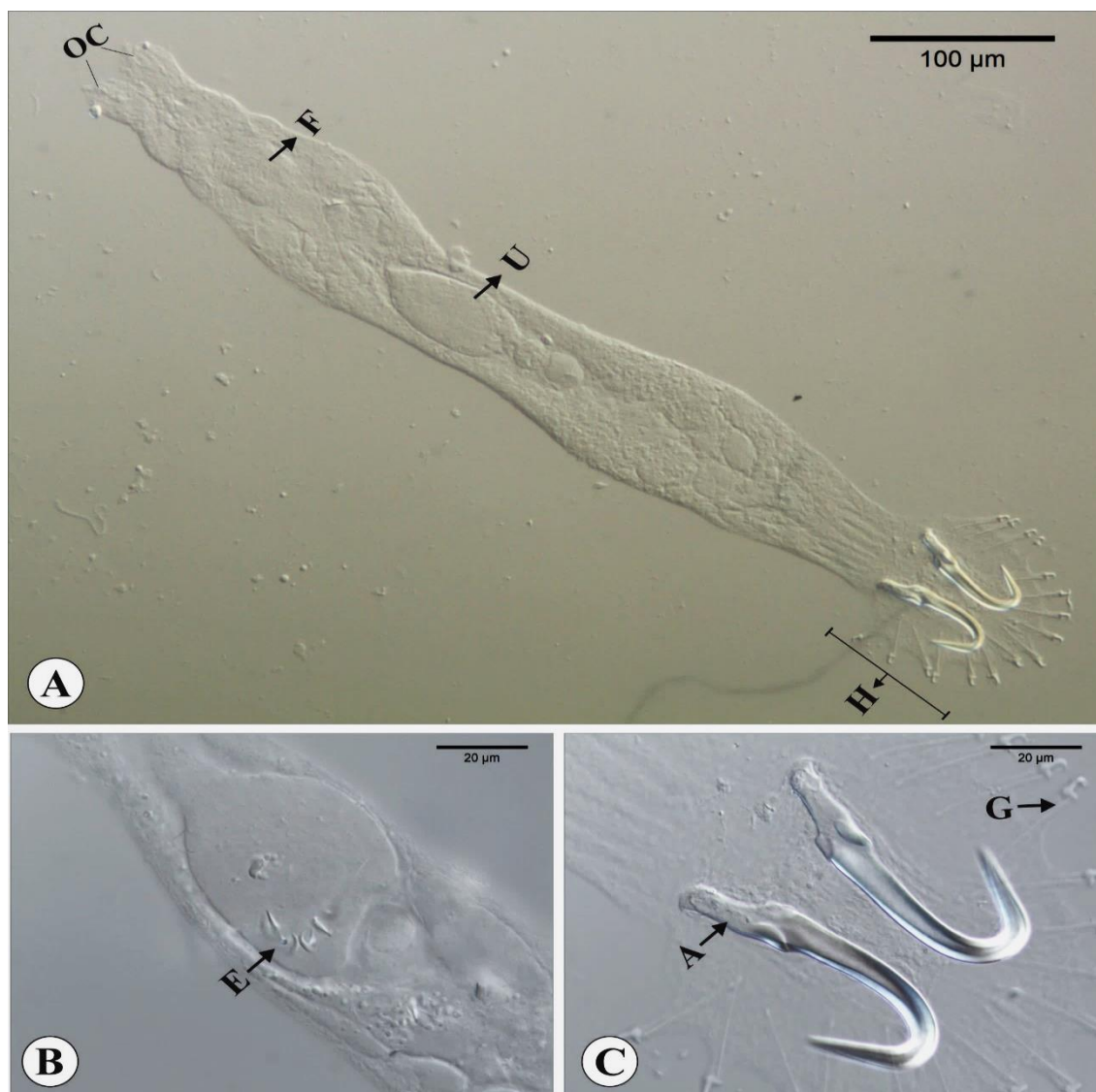
(Fonte: próprio autor, 2019)

Figura 7. *Diaphorocleidus* sp. (Monogenea, Dactylogyridae) parasita branquial de *Psalidodon bifasciatus* do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná. **(A)** Região anterior: (MO) mancha ocelar, (CC) complexo copulatório; **(B)** Haptor.



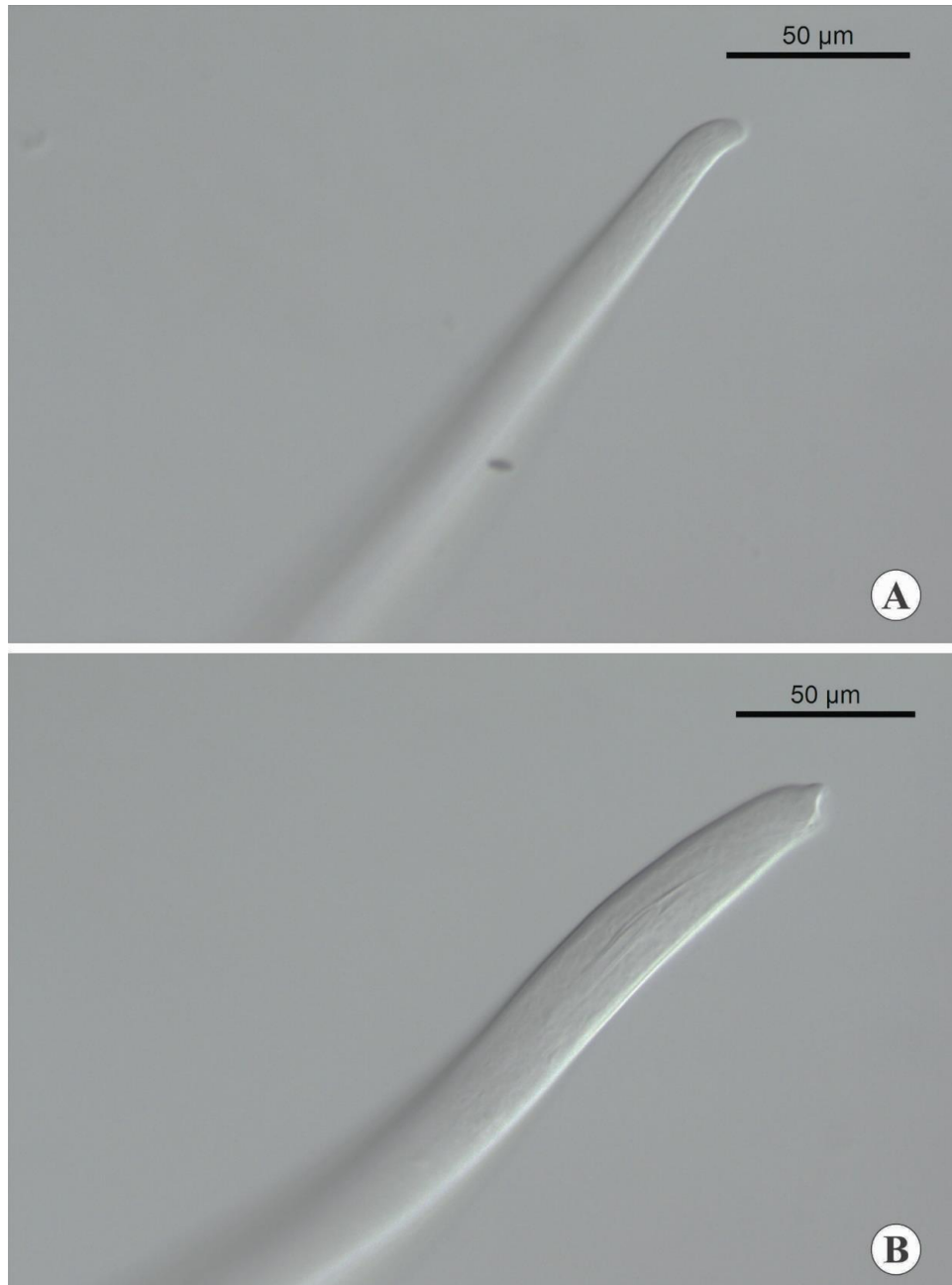
(Fonte: próprio autor, 2019)

Figura 8. Gyrodactylidae gen. sp. (Monogenea) parasita vivíparo de pele de *Psalidodon bifasciatus* do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná. **(A)** Vista geral: (OC) órgãos cefálicos, (F) faringe, (U) útero e (H) Haptor; **(B)** Útero mostrando detalhe dos ganchos do haptor do embrião (E); **(C)** Detalhe do haptor, com (A) âncora e (G) ganchos articulados.



(Fonte: próprio autor, 2019).

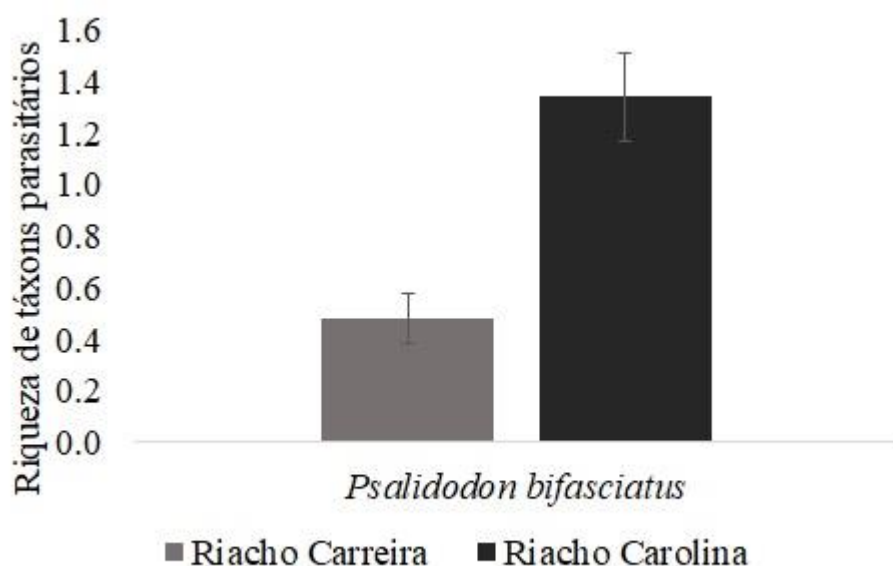
Figura 9. Nematoda gen. sp. 1 (Nematoda): larva encontrada no estômago de *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná. (A) Detalhe da porção anterior; (B) Detalhe da porção posterior.



(Fonte: Próprio autor, 2019)

Em relação à riqueza de helmintos, houve diferenças significativas entre as áreas para *P. bifasciatus*, ($U=504,5$, $Z(U)=3,38$, $p<0,001$), com maior riqueza observada para as comunidades de parasitas no riacho Carolina, o ambiente de sua ocorrência natural (Figura 10).

Figura 10. Valores médios $\pm$ erro padrão para riqueza taxonômica (S) de táxons parasitários registrados em *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) procedentes do riacho Carreira (bacia do alto rio Paraná) e riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná.



(Fonte: Próprio autor, 2022).

Em relação aos atributos parasitológicos, houve diferença significativa entre os valores de prevalência, intensidade média de infecção/infestação e abundância média gerais entre as áreas amostrais (P: $G=1$, $p=0,0049$; IMI: $U=229,5$, $Z(U)=4,17$, $p<0,001$; AM: $U=548$, $Z(U)=4,2$, $p<0,001^*$), com maiores valores observados na área de ocorrência natural. Considerando os táxons parasitários, houve diferença significativa entre os valores dos atributos parasitológicos apenas para Gyrodactylidae gen. sp. (P: $G=19,35$, $p<0,001^*$; IMI: $U=86,5$, $Z(U)=2,47$, $p=0,0114$; AM: $U=546,5$, $Z(U)=4,17$, $p<0,001^*$), com maiores valores observados na área de ocorrência natural.

Foram observadas diferenças na estrutura da comunidade componente de parasitas de *P. bifasciatus* entre as áreas amostrais (PERMANOVA *one-way* [GL=1, F=9,67 e p=0,001]), sendo que as espécies que mais contribuíram para as diferenças observadas foram os monogenéticos pertencentes ao táxon Gyrodactylidae gen. sp (57,51%) e as larvas de Nematoda gen. sp. 1 (25,53%) com dissimilaridade total de 77, 63%, de acordo com análise SIMPER *overall* (Tabela 3). Não foi observada diferença significativa para dispersão de espécies de helmintos nas comunidades parasitárias entre a área nativa e a área não-nativa (PERMDISP [GL=1, F=0,15 e p=0,69]).

Tabela 3. Valores percentuais da contribuição das espécies de parasitas para dissimilaridade na estrutura da comunidade componente de parasitas amostrados em *Psalidodon bifasciatus* procedentes do riacho Carolina, região do baixo rio Iguaçu (área de ocorrência natural) e riacho Carreira, região do alto rio Paraná (área de ocorrência não-natural), Paraná, Brasil.

Parasita	DI	CO (%)	CC (%)	AON	ANN
Gyrodactylidae gen. sp.	45, 63	57,51	57,51	3,08	0,45
Nematoda gen. sp. 1 (larva)	20,25	25,53	83,04	0,21	0,81
<i>Cacatuocotyle papilionis</i>	8,15	10,28	93,32	0,34	0,00
<i>Characithecium</i> sp. 1	3,42	4,31	97,63	0,26	0,00
Dactylogyridae gen. sp.	0,10	1,32	98,95	0,08	0,00
<i>Diaphorocleidus</i> sp.	0,08	1,05	100	0,04	0,00

Abreviações: DI – Dissimilaridade, CO – Contribuição, CC – Contribuição cumulativa, AON – área de ocorrência natural, ANN – área de ocorrência não-natural. (Fonte: Próprio autor, 2022).

4. DISCUSSÃO

Todas as espécies de helmintos registradas para *P. bifasciatus* no presente estudo (Tabela 2) representam novos registros para a espécie hospedeira avaliada, e para a localidade da bacia do baixo rio Iguaçu e bacia do alto rio Paraná.

Para a comunidade parasitária, as três hipóteses acerca da riqueza parasitária, dos atributos ecológicos do parasitismo e da estrutura da comunidade componente de parasitas divergirem entre as duas áreas amostrais foram corroboradas, sendo observados maiores valores para a área de ocorrência natural. Tal fato pode ser resultado da Hipótese de escape do inimigo, sugerindo uma possível perda de parte dos parasitas de ocorrência natural de *P. bifasciatus* durante sua introdução. Uma vez que os parasitas podem atuar sobre a estrutura da comunidade de seus hospedeiros de forma direta (reduzindo metabolicamente o crescimento, a reprodução e a sobrevivência do hospedeiro) ou indiretamente (participando de relações como: predação, competição ou ambos) (TORCHIN et al., 2002), a ausência de parasitas pode resultar em um efeito positivo sobre o processo de colonização do hospedeiro introduzido (TORCHIN et al., 2002).

A ausência de táxons de parasitas nas áreas de distribuição não originais pode estar atrelada a três fatores: 1) a invasão do hospedeiro ocorre como resultado da introdução de estágios de seu ciclo de vida que abrigam poucas ou nenhuma espécie de parasita, como o estágio larval; nesse caso, os parasitas podem ser perdidos ao longo do desenvolvimento do hospedeiro (TORCHIN et al., 2002); 2) nos casos em que essa invasão se dá por hospedeiros adultos, geralmente a colonização é feita por um número baixo de indivíduos (em relação a quantidade de indivíduos adultos dessa espécie em uma área onde ela é nativa), tornando-se reduzida a probabilidade de introdução de hospedeiros parasitados. Além disso, mesmo que os parasitas sejam introduzidos, os gargalos na população hospedeira após a introdução podem interromper a transmissão e disseminação do parasita (TORCHIN et al., 2002); e, por fim 3) alguns táxons de parasitas apresentam ciclos de vida complexos, que requerem duas ou mais espécies hospedeiras para completar o seu ciclo de vida (TORCHIN et al., 2002; MADI & UETA, 2009). Assim, devido a falta de hospedeiros adequados para todas as etapas do ciclo de vida do parasita de ciclo heteroxeno, o estabelecimento do parasita não ocorrerá (TORCHIN et al., 2002; MADI & UETA, 2009).

O único táxon parasitário registrado em ambas as áreas foi Gyrodactylidae gen. sp.. Tal fato pode estar associado às suas táticas reprodutivas, uma vez que são monogenéticos vivíparos que se

reproduzem por meio do processo de poliembrião sequencial (hiperviviparidade), sendo produzidas uma série de gerações de embriões, concomitantemente e sequencialmente (“um dentro do outro”), a partir de um único zigoto (BOEGER et al., 2003; MAULE & MARKS, 2006). Esse modo de reprodução confere aos girodactídeos vivíparos um modo de reprodução rápido, com alta taxa de diversificação, associado à otimização da capacidade de colonização de novos grupos hospedeiros e áreas geográficas, permitindo que a população desses parasitas cresça e se estabeleça mais rapidamente do que outros táxons de monogenéticos ovíparos (SCOTT & ANDERSON, 1984; BOEGER et al., 2003). Ademais, as diferenças significativas entre os atributos parasitológicos dos girodactídeos nas áreas de ocorrência natural e não-natural, além da sua contribuição para a diferença na estrutura da comunidade componente parasitária de *P. bifasciatus* entre as áreas amostrais, torna-se um dado relevante, pois podem se referir a duas situações distintas. Uma delas refere-se a perda gradual desse táxon parasitário em *P. bifasciatus* na nova área, ou seja, a área não-natural, e a outra, a um possível fenômeno de co-introdução. Os parasitas da área onde o hospedeiro é nativo podem acompanhá-lo no processo de introdução, no entanto, esse processo geralmente é gradativo, e pode ocorrer com o atraso de uma ou algumas décadas, dependendo da pressão do propágulo e disponibilidade de recurso no novo ambiente (TARASCHEWSKI, 2006).

Neste sentido, para associar-se a ausência de parasitas pode estar relacionada ao sucesso da espécie introduzida no novo ambiente é crucial entender se esse táxon de parasita perdido exerce um papel regulatório sobre seu hospedeiro, de modo que, a espécie hospedeira seja fortemente regulada por uma ou mais espécies inimigas (parasitas e predadores). É nesses casos, a perda desses inimigos durante o processo de invasão pode resultar em mudanças diretas na sobrevivência, fecundidade ou biomassa dos hospedeiros, sendo esse efeito chamado “*liberação regulatória*” (COLAUTTI et al., 2004). Com isso, sem a utilização de mecanismos que causem custos para a defesa, a perda de inimigos pode resultar também em uma liberação indireta, uma vez que os recursos limitados utilizados para defesa do hospedeiro foram realocados para outras variáveis biológicas, resultando em uma “*liberação compensatória*” (COLAUTTI et al., 2004).

Contudo, esses dois processos não ocorrem simultaneamente. A liberação regulatória é um efeito imediato, enquanto a liberação compensatória pode ocorrer ao longo do tempo ecológico e/ou evolutivo (COLAUTTI et al., 2004). Sendo no tempo ecológico à medida que os recursos limitantes são realocados, e no tempo evolutivo, à medida que genótipos como mecanismos de

defesa dispendiosos são selecionados de populações introduzidas (COLAUTTI et al., 2004). Considerando-se apenas a liberação regulatória, a perda de muitos inimigos com baixo efeito regulatório sobre seu hospedeiro tem pouca consequência para as populações introduzidas de hospedeiros (COLAUTTI et al., 2004). Assim, nem sempre a perda dos inimigos naturais seria o fator crucial para o estabelecimento e sucesso da espécie introduzida na nova área (AGRAWAL & KOTANEN, 2003; COLAUTTI et al., 2004). Ainda, deve-se considerar que o hospedeiro introduzido pode ser colonizado por parasitas nativos (LLOPIS-BELENQUER et al., 2020), principalmente de parasitas de espécies hospedeiras nativas próximas filogeneticamente à espécie hospedeira introduzida (COLAUTTI et al., 2004). Deste modo, hospedeiros e parasitas invasores podem não alterar a estrutura da comunidade em que são introduzidos devido ao estabelecimento de novas interações e à perda daquelas que existiam anteriormente (RUNGHEN et al., 2021).

O presente estudo demonstrou que a relação parasita-hospedeiro na ecologia da invasão ainda deve ser muito investigada, pois principalmente a influência da perda de parasitas irá se relacionar a espécie hospedeira, ao efeito parasitário e seu poder de regulação e o ambiente no qual ocorreu a introdução. Para *P. bifasciatus* no presente estudo, a hipótese de escape do inimigo foi corroborada, sendo a área nativa com maior riqueza de táxons, maiores atributos parasitológicos, além das diferenças significativas na composição da estrutura da infracomunidade parasitária entre as áreas. A insuficiência de dados acerca da dinâmica de riachos implica na falta de medidas para sua conservação, tornando-os sensíveis a ação antrópica. Contudo, estudos sobre comunidades bióticas desses ambientes, incluindo a fauna parasitológica, podem contribuir para o conhecimento da biologia da ictiofauna local, permitindo assim, entender e conservá-los adequadamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, A. A.; KOTANEN, P. M. Herbivores and the success of exotic plants: a phylogenetically controlled experiment. **Ecology Letters**, v.6, p.8, p.712-715, 2003.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p. 32-46. 2001.
- BARASSA, B.; CORDEIRO, N. S.; ARANA, S. A New Species of *Henneguya*, a Gill Parasite of *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) from Brazil, with Comments on Histopathology and Seasonality. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n.6, p.761-765, 2003.
- BAUMGARTNER, G.; PAVANELLI, C. S.; BAUMGARTNER, D.; BIFI, A. G.; DEBONA, T.; FRANA, V. A. **Peixes do baixo rio Iguaçu**. Eduem, 203 p., 2012.
- BOEGER, W. A.; KRITSKY, D. C.; TORTA, M. R. Contexto da diversificação dos Gyrodactylidae vivíparos (Platyhelminthes, Monogeneoidea). **Zoologica Scripta**, v. 32, n. 5, p. 437-448, 2003.
- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **The Journal of Parasitology**, [s. l.], v. 83, n. 4, p. 575–583, 1997.
- CASATTI, L.; BREJÃO, G. L.; CARVALHO, F. R.; SILVA, H. P. D.; PÉREZ-MAYORGA, M. A., MANZOTTI, A. R.; ZENI, J. O. de; RAMIRES, B. M. S.; LANGEANI, F. Stream fish from recently deforested basins in the Meridional Amazon, Mato Grosso, Brazil. **Biota Neotropica**, v.20, n.1, p. 1-12, 2020.
- CASATTI, L.; LANGEANI, F.; CASTRO, R. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do alto rio Paraná, SP. **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1-2, p. 1-15, 2001.
- CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: *Ecologia de peixes de riachos: estado atual e perspectivas* (CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; BIZERRIL, C. R. S. F.; PERES-NETO, P.R. Eds.). **Oecologia Brasiliensis**, v.6, p. 139-155, 1999
- 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.; ABREU, T. X.; BOCKMANN, F. A.; CARVALHO, M.; GIBRAN, F. Z.; LIMA, F. C. T. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, p. 1-39, 2003.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, v.18, p. 117-143, 1993.

COLAUTTI, R. I.; RICCIARDI, A.; GRIGOROVICH, I. A.; MACISAAC, H. J. Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecology letters*, v. 7, n. 8, p.721-733, 2004.

COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. **South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 659 p., 2013.

DELARIVA, R. L.; NEVES, M. P.; LARENTIS, C.; KLIEMANN, B. C. K.; BALDASSO, M. C.; WOLFF, L. L. Fish fauna in forested and rural streams from an ecoregion of high endemism, lower Iguaçu River basin, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 18n.3, p. 1–12, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0459>

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 2a ed. Eduem, 199 p., 2006.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade de peixes de água doce do Brasil**. Clichetec, 333 p., 2010.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Indicadores ambientais por bacias hidrográficas do Estado do Paraná**. Curitiba: 223 p., 2010.

KEANE, R. M.; CRAWLEY, M. J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 17, p. 164-170, 2002.

KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M.; COHEN, S. C. **South American Trematodes parasites of fishes**. Imprinta Express Ltda, 228 p., 2007.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. Harper Collins, 654 p., 1989.

LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C. e; OYAKAWA, O. T.; SHIBATTA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 181–197, 2007.

LARENTIS, C.; DELARIVA, R. L.; GOMES, L. C.; BAUMGARTNER, D.; RAMOS, I. P.; SEREIA, D. A. D. O. Ichthyofauna of streams from the lower Iguaçu River basin, Paraná State, Brazil. *Biota Neotropica*, v.16, n. 3, p. 1-11, 2016.

LEITÃO, R. P.; ZUANON, J.; MOUILLOT, D.; LEAL, C. G.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; VILLÉGER, S.; POMPEU, P.S.; KASPER, D.; de Paula, F. R.; Silvio F. B.

FERRAZ, S. F. B.; GARDNER, T. A. Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish assemblages in Amazon streams. **Ecography**, v. 41, n.1, p. 219-232, 2018.

LIZAMA, M. D. L. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Ecological aspects of metazoan parasites of *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (Characidae) of the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S. l.], v.34 n.4, p.527–533, 2008.

LIZAMA, M. A. P.; FERNANDES, E. S.; ODA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; RIBEIRO, T. S. **Parasitos como bioindicadores**. In: PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO R.M.; EIRAS, J. C. Parasitologia de Peixes de água doce do Brasil. Eduem, p.115-134, 2013.

LLOPIS-BELEGUER, C.; BLASCO-COSTA, I; BALBUENA, J. A.; SARABEEV, V.; STOUFFER, D. B. Native and invasive hosts play different roles in host-parasite networks. **Ecography**, p. 1-10, 2020.

LUQUE, J. L.; AGUIAR, J. C.; VIEIRA, F. M.; GIBSON, D. I.; SANTOS, C. P. Checklist de Nematoda associado aos peixes do Brasil. **Zootaxa**, v. 3082, p. 1-88, 2011.

MADI, R. R.; UETA, M. T. O papel de Ancyrocephalinae (Monogenea: Dactylogyridae), parasito de *Geophagus brasiliensis* (Peixes: Cichlidae), como indicador ambiental. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 38-41, 2009.

MAULE A. G.; MARKS, N. J.; **Parasitic flatworms: molecular biology, biochemistry, immunology and physiology**. CABI, 448 p., 2006.

MIRANDA, J. C. Ameaças aos peixes de riachos da Mata Atlântica. **Natureza online**, [s. l.], v. 10, p. 136–139, 2012.

MISE, F. T.; FUGI, R.; PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E. The coexistence of endemic of *Astyanax* (Teleostei: Characidae) is propitiated by ecomorphological and trophic variations. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p.21-28, 2013.

MITCHELL, C. E.; POWER, A. G. Release of invasive plants from fungal and viral pathogens, **Nature**, v. 421, n. 6923, p. 625-627, 2003.

MOLNAR, J. L.; GAMBOA, R. L.; REVENGA, C.; SPALDING, M. D. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, p. 485-492, 2008

MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. Academia, Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 464 p.,1998.

NEVES, M. P.; SILVA, P. C.; DELARIVA, R. L.; FIALHO, C. B.; NETTO-FERREIRA, A. L. First record of *Astyanax bifasciatus* Garavello & Sampaio, 2010 (Teleostei, Ostariophysi, Characidae) in the Piquiri river basin, upper Paraná River basin. **Check List**, [s. l.] v. 16, p. 93, 2020.

NEVES, M. P.; KRATINA, P.; DELARIVA, R. L.; JONES, J. I.; FIALHO, C. B. Seasonal feeding plasticity can facilitate coexistence of dominant omnivores in Neotropical streams. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 31, n. 2, p. 417-432, 2021.

NIMET, J.; AMORIM, J. P. A. de; DELARIVA, R. L. Histopathological alterations in *Astyanax bifasciatus* (Teleostei: Characidae) correlated with land uses of surroundings of streams. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, 2018.

NOGUEIRA, C.; BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; OYAKAWA, O. T.; SILVA, M. C.; KASECKER, T. P.; RAMOS, M. B. Restricted-range fishes and the conservation of Brazilian freshwaters. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 5, n. 6, p. 1–10, 2010.

OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.

PAIVA, M. P. **Grandes represas do Brasil**. Editerra Editorial, 292 p., 1982.

POULIN, R.; MORAND, S. **Parasite Biodiversity**. Smithsonian Books: Washington, DC, 216p., 2004.

POULIN, R. Invasion ecology meets parasitology: advances and challenges. **International Journal for Parasitology - Parasitic and Wildlife**. v.6, p. 361–363, 2017.

RUNGHEN, R.; POULIN, R.; MONLLEÓ-BORRULL, C.; LLOPIS-BELENGUER, C., C. Network analysis: ten years shining light on host–parasite interactions. **Trends in Parasitology**, v.37, n.5, p.445-455, 2021.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA, 2015.

SABBAG, O.; TAKAHASHI, L.; SILVEIRA, A.; ARANHA, A. Custos e viabilidade econômica da produção do lambari tetra em Monte Castelo, São Paulo: um estudo de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 307-315, 2011.

SCOTT M. E; ANDERSON R. M. Dinâmica populacional de *Gyrodactylus bullatarudis* (Monogenea) em populações de laboratório do hospedeiro *Poecilia reticulata*. **Parasitologia**, v.

89, n.1, p. 159-94, 1984.

STEVAUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E. De; JABUR, I. C. **A história quaternária do rio Paraná em seu alto curso. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** EDUEM, p. 47-72, 1997.

TARASCHEWSKI, H. Hosts and parasites as aliens. **Journal of Helminthology**, v. 80, p. 99-128, 2006.

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites.** 2^a ed. Pensoft, 508 p., 2006.

TORCHIN, M. E.; LAFFERTY, K. D.; KURIS, A. M. Parasites and marine invasions. **Parasitology**, v. 124, p. 137-151, 2002.

TORCHIN, M. E.; LAFFERTY, K. D.; DOBSON, A. P.; MCKENZIE, V. J.; KURIS, A. M. Introduced species and their missing parasites. **Nature**, v. 421, n. 6923, p. 628-630, 2003.

VIDAL-MARTINEZ, V. M.; PECH, D.; SURES, B.; PURUCKER, S. T.; POULIN, R. Can parasites really reveal environmental impact? **Trends in parasitology**, v. 26, n. 1, p. 44-51, 2010.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; GARCIA, D. A. Z.; COSTA, A. D. A.; SOUZA, J. G. de; YABU, M. H. S.; ALMEIDA, F. S. de; ORSI, M. L. Ichthyofauna of streams of the Lower Paranapanema River basin, state of Paraná, Brazil. **Check List**, v. 11, n.1, p. 1-8, 2015.

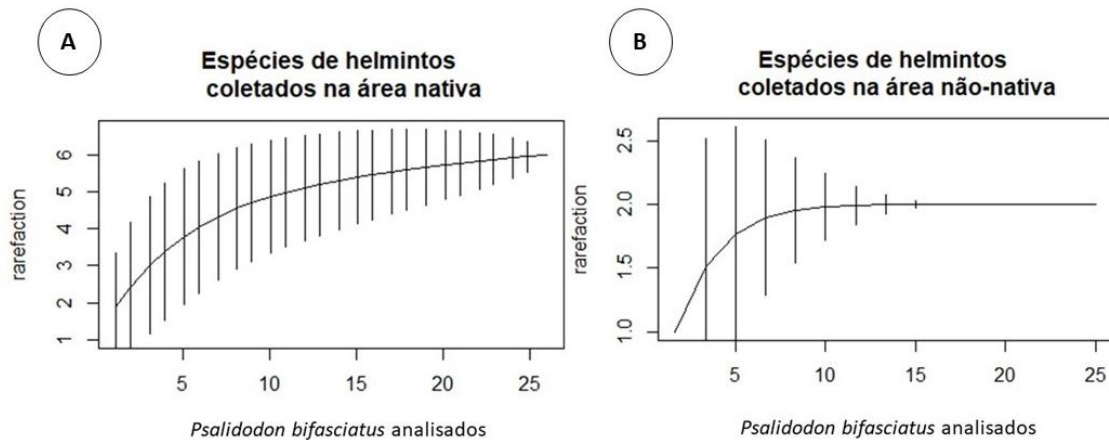
WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES - WoRMS <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Acesso em 25-03-2022.

ZAGO, A. C.; FRANCESCHINI, L.; MÜLLER, M. I.; da SILVA, R. J. A new species of *Cacatuocotyle* (Monogenea, Dactylogyridae) parasitizing *Astyanax* spp. (Characiformes, Characidae) from Brazil, including molecular data and a key to species identification. **Acta Parasitologica**, v. 63, n. 2, p. 261-269, 2018.

ZANINI, T. S.; QUEIROZ, T. M. D.; TROY, W. P.; NUNES, J. R.; LÁZARI, P. R. D. Diversidade da ictiofauna de riachos de cabeceira em paisagens antropizadas na bacia do Alto Paraguai. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, p. e2017006, 2017.

6. MATERIAL SUPLEMENTAR

Figura 1S. **A)** Curva de espécies de helmintos registrados em *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) procedentes do riacho Carolina (bacia do baixo rio Iguaçu), Paraná; **B)** Curva de espécies de helmintos coletados em *Psalidodon bifasciatus* (Characiformes, Characidae) procedentes do riacho Carreira (bacia do alto rio Paraná), Paraná.



(Fonte: Próprio autor, 2022).

CAPÍTULO II

Parasitas de *Astyanax lacustris* (Characiformes, Characidae) em dois riachos do estado do Paraná, Brasil

RESUMO

Astyanax lacustris é um caracídeo de pequeno porte, conhecido popularmente como “lambari-do-rabo-amarelo”, amplamente distribuído no Brasil, com hábito alimentar onívoro, de rápido crescimento. No entanto apesar de sua importância econômica, ainda pouco se sabe sobre sua fauna parasitológica em ambientes de riachos, ambientes esses considerados pouco explorados do ponto de vista científico. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a fauna parasitária de *A. lacustris* em dois riachos, do estado do Paraná. Foram coletados 52 espécimes de *A. lacustris*, sendo 22 exemplares no riacho Carolina (baixo rio Iguaçu) e 30 exemplares no riacho Carreira (bacia do rio Piquiri, bacia do alto rio Paraná) em coletas realizadas em julho e setembro de 2018. Em ambos os riachos houve uma baixa riqueza de táxons parasitários e a estrutura da comunidade parasitária de *A. lacustris* no presente estudo é caracterizada pelo predomínio de monogenéticos, condição que pode ter sido favorecida pelo ciclo direto desses parasitas, juntamente com sua facilidade de contágio, que também é facilitada pelo hábito gregário dos hospedeiros.

Palavras-chaves: lambari-do-rabo-amarelo, ictioparasitologia, peixe de riacho.

ABSTRACT

Astyanax lacustris is a small characid, popularly known as "yellow-tailed lambari", widely distributed in Brazil, with fast-growing omnivorous feeding habits. However, despite its certain economic importance, little is known about its parasitological fauna in stream environments, which are environments considered little explored from a scientific point of view. The present study aimed to characterize the parasitic fauna of *A. lacustris* in two streams in the state of Paraná. 52 specimens of *A. lacustris* were collected, being 22 specimens in the Carolina stream (lower Iguaçu River) and 30 specimens in the Carreira stream (Piquiri River basin, upper Paraná River basin) in collections carried out in July and September 2018, in the streams Caroline and Career. In both streams there was a low richness of parasitic taxa and the structure of the parasitic community of *A. lacustris* in the present study is characterized by the predominance of monogeneans, a condition that may have been favored by the direct cycle of these parasites, together with their ease of contagion, which is also facilitated by the gregarious habit of the hosts.

Keywords: yellow-tailed tetra, ichtioparasitology, fish of stream.

1. INTRODUÇÃO

Os parasitas são organismos onipresentes, que passaram por diversos processos evolutivos em várias linhagens, o que permitiu essa diversidade de táxons (DOBSON et al., 2008; TIMI & POULIN, 2020). Desse modo, os parasitas desempenham um papel chave nos ecossistemas, regulando e influenciando seus hospedeiros em diferentes níveis (LIZAMA et al., 2013; TIMI & POULIN, 2020). Sendo seus efeitos mais pronunciados a nível de indivíduo, através de alterações na morfologia, fecundidade, reprodução, comportamento e taxa de sobrevivência do seu hospedeiro (MARCOGLIESE, 2004). Seus efeitos também podem ocorrer em níveis de populações e comunidades (MARCOGLIESE, 2004), mediando assim interações ecológicas como predação e competição (NORRIS, 1999; THOMAS et al., 2000; GÓMEZ & NICHOLS, 2013).

Apesar das influências sobre as interações ecológicas, os parasitas ainda são organismos negligenciados em estudos ecológicos (TIMI & POULIN, 2020), o que os colocam em posição de vulnerabilidade, com poucos estudos visando medidas para sua conservação (MARCOGLIESE, 2004; GÓMEZ & NICHOLS, 2013). Pesquisas sobre taxonomia, sistemática, distribuição geográfica e ecologia de parasitas de peixes silvestres são escassos e, muitas vezes, superficiais (THATCHER et al., 2006; EIRAS et al., 2010), principalmente quando consideramos a diversidade de ictiofauna (EIRAS et al., 2010) e recursos hídricos no Brasil.

Neste sentido, temos *Astyanax lacustris* Lütken, 1875 (= *Astyanax altiparanae*), um caracídeo de pequeno porte, conhecido popularmente como “tambuí” e “lambari do rabo amarelo”, espécie nativa e distribuído exclusivamente na América do Sul (DIAS et al., 2018). Sua distribuição ocorre amplamente em diferentes ambientes hídricos da bacia do rio Paraná (OLIVEIRA; BENNEMANN et al., 2005), sendo introduzida (não-nativa) na bacia do baixo Iguaçu (DAGA et al., 2016). Essa espécie é considerada onívora generalista (LIZAMA et al., 2008; NEGRELLI et al., 2018; NEVES et al., 2021) e conhecida pela bem-sucedida colonização ambiental, associada a seu hábito oportunista, e estratégias reprodutivas, uma vez que são capazes de crescer rapidamente, amadurecer precocemente e desovar mais de uma vez por ano (SABBAG et al., 2011; MISE et al., 2013; CASATTI et al., 2020). Além disso, *A. lacustris* possui importância econômica, sendo utilizado para consumo humano e como isca viva para a pesca esportiva de peixes carnívoros (SABBAG et al., 2011).

Em relação aos estudos parasitológicos, *A. lacustris* possui fauna parasitária bem conhecida

em diversos sistemas hídricos como rios, a citar o rio Pardo, Sapucaí-Mirim, Batalha, e a planície de inundação do alto rio Paraná (AZEVEDO et al., 2007; LIZAMA et al., 2008; CAPPARROS & TAKEMOTO, 2017; NEGRELLI et al., 2018; ZAGO et al., 2018;2021). Contudo, quando consideramos ambientes no qual essa espécie foi introduzida, como a bacia do rio Iguaçu (DAGA et al., 2016), e ambientes de riacho, pouco se sabe sobre sua fauna parasitológica.

Nesse sentido, considerando os impactos que as espécies não-nativa exercem no ambiente e nas interações ecológicas, juntamente ao fato de riachos serem ambientes insatisfatoriamente estudados do ponto de vista científico (CASTRO, 1999; MIRANDA et al., 2012; VIDOTTO-MAGNONI et al., 2015), o presente estudo visa caracterizar a fauna parasitária da espécie de peixe *A. lacustris* em dois riachos do Paraná, sendo um da bacia do baixo rio Iguaçu e um da bacia do alto rio Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens dos exemplares de *A. lacustris* foram realizadas em dois riachos do estado do Paraná, Brasil. As coletas foram realizadas no riacho Carolina (25°7'1,29"S e 53°10'34,81"O) no município de Catanduvas, bacia do baixo rio Iguaçu e no riacho Carreira (24°58'52,07"S e 53°16'15,76"O) Parque ambiental, município de Cascavel, PR, bacia do rio Paraná. Ambas localidades apresentam a área do entorno majoritariamente rural, e pouca área florestal (Larentis et al., 2021).

Foram coletados um total de 52 espécimes de *A. lacustris* (Figura 3B) (30 do riacho Carreira e 22 espécimes do riacho Carolina). As coletas foram realizadas nos meses de julho e setembro de 2018 por meio de pesca elétrica (Licença permanente para coleta de material zoológico - SISBio nº 25039-1). Após a captura, os peixes coletados foram eutanasiados em água com gelo, individualizados em sacos plásticos e mantidos congelados até o momento das análises laboratoriais (Autorização Comitê de Ética no Uso de Animais– Unioeste, Câmpus de Cascavel nº 3730/2016).

A coleta de parasitos foi realizada pelo exame de todos os órgãos individualmente (coração, fígado, estômago, bexiga natatória, intestino e olhos), com auxílio de microscópio estereoscópico. Todos os nematoides foram conservados em álcool 70% e posteriormente preparados conforme proposto por Eiras *et al.* (2006). Para estudo das estruturas esclerotizadas de monogenéticos, espécimes foram montados em lâminas semipermanentes utilizando-se o meio diafanizador de

Gray & Wess (Kritsky *et al.*, 1986).

Análises morfológicas dos parasitos foram realizadas utilizando-se sistema computadorizado de análise de imagem com Contraste de Interferência Diferencial (*Differential Interference Contrast* - DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite), e as identificações realizadas até o menor nível taxonômico possível, baseadas em chaves de identificação e bibliografia pertinente (Moravec, 1998; Eiras *et al.*, 2010; Thatcher, 2006; Kohn *et al.*, 2007; Luque *et al.*, 2011).

Foram calculados os seguintes atributos parasitológicos: prevalência (P%), abundância média (AM) e intensidade média de infecção (IMI) considerando todos os parasitas registrados para cada área isoladamente, de acordo com Bush *et al.* (1997). Os resultados destas análises são apresentados como: média $\pm$ erro padrão (valores mínimos e máximos de infecção).

Espécimes-testemunho dos hospedeiros serão depositados na Coleção de Peixes (DZSJRP), da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de São José do Rio Preto, SP, e espécimes-testemunho dos parasitos serão depositados na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências (CHIBB) da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Câmpus de Botucatu.

3. RESULTADOS

No riacho Carolina, os 22 exemplares de *A. lacustris* apresentaram comprimento padrão médio de $7,87 \pm 0,34$ (2,50 – 9,50 cm) e massa total média de $17,25 \pm 1,62$ (0,28 – 29,89 g). Foram registrados 21 exemplares parasitados com pelo menos um táxon de helminto (P=95,45%), totalizando 114 espécimes de parasitas coletados pertencentes a quatro táxons de monogenéticos (três pertencentes à família Dactylogyridae e um à Gyrodactylidae) (Tabela 1). Monogenéticos da família Gyrodactylidae foram os parasitas mais abundantes ($2,31 \pm 0,58$ [0–9]) e mais prevalentes, juntamente aos *Diaphorocleidus* sp. (59,09%) na comunidade componente analisada (Tabela 1). Enquanto para o riacho Carreira, os 30 exemplares de *A. lacustris* tiveram comprimento padrão médio de $7,82 \pm 0,13$ (6,00 – 9,00 cm) e massa total média de $14,36 \pm 1,42$ (8,89 – 27,06 g). Registrou-se 21 exemplares parasitados com pelo menos um táxon de helminto (P=70,00%), totalizando 93 espécimes de parasitas pertencentes a seis táxons: uma espécie de nematoide (Figura 9) em fase larval e cinco táxons de monogenéticos (quatro pertencentes à família Dactylogyridae e um à Gyrodactylidae) (Tabela 2). *Diaphorocleidus* sp. foi o táxon mais prevalente (60,00%) e abundante ($2,63 \pm 0,82$ [0–20]) (Tabela 1) na comunidade componente analisada. A ocorrência de endohelmintos não foi registrada.

Tabela 1- Local de coleta dos hospedeiros, atributos parasitológicos (P: prevalência; IMI: intensidade média de infecção/infestação; AM: abundância média), sítio de infecção/infestação (SI) de cada espécie de parasita registrado em *Astyanax lacustris* (Characiformes, Characidae) procedentes do riacho Carolina (CA), região do baixo rio Iguaçu e riacho Carreira (CR), região do alto rio Paraná, Paraná, Brasil.

	CA	CR	CA	CR	CA	CR	
Parasita	P (%)	P (%)	IMI	IMI	AM	AM	SI
Monogenea							
<i>Cacatuocotyle papilionis</i>	54,54	#	1,66± 0,33 (1–4)	#	0,90 ± 0,25 (0–4)	#	Pele (Muco)
<i>Characithecium</i> sp.1	4,54	13,33	2,00	1,50± 0,28 (1–2)	0,09 ± 0,09 (0–2)	0,20± 0,10 (0–2)	Brânquias
<i>Characithecium</i> sp. 2	-	10,00	-	1,00	-	0,06± 0,04 (0–1)	Brânquias
<i>Diaphorocleidus</i> sp.	59,09	60,00	3,15 ± 1,13 (1–15)	4,38 ± 1,22 (1–20)	1,86 ± 0,73 (0–15)	2,63± 0,82 (0– 20)	Brânquias
Gyrodactylidae gen. sp.	59,09	#	3,92± 0,71 (1–9)	#	2,31 ± 0,58 (0–9)	#	Pele (Muco)
Nematoda							
Nematoda gen. sp.1 (larva)	-	6,66	-	1,00	-	0,06± 0,04 (0–2)	Estômago
Geral	95,45	70	5,42 ± 0,89 (1–15)	4,68 ± 1,30 (1–20)	5,18 ± 0,88 (0–16)	2,96± 0,86 (0–20)	

#Parasitas que foram registrados apenas a ocorrência

4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que faunas parasitárias de *A. lacustris* nos dois riachos do estado do Paraná apresentaram uma baixa riqueza de táxons de helmintos e um predomínio de monogenéticos.

Esse predomínio de monogenéticos nas estruturas das comunidades parasitárias encontradas que pode estar associado a duas variáveis: o ciclo de vida e o modo de dispersão desses parasitas. Monogenéticos apresentam ciclo de vida monoxeno, de modo que sua transmissão ocorre, principalmente, pelo contato direto entre os hospedeiros (THATCHER, 2006). As formas larvais dos monogenéticos dactilogirídeos (oncomiracídeos) são ciliadas e livre-natantes, permitindo que nadem até encontrar um novo hospedeiro que compõe o cardume (EIRAS et al., 2010). Desta forma, a transmissão de monogenéticos pode ser facilitada pelo comportamento gregário dos

hospedeiros, tal como é relatado para *A. lacustris* em outros estudos (ORSI et al., 2004; ACOSTA et al., 2015). Nesse caso, embora a formação de cardumes represente uma tática de defesa e antipredatória, pode também aumentar a probabilidade de transferência parasitária (NEGRELLI et al., 2018), principalmente daqueles parasitas em que o contágio ocorre por contato direto entre os hospedeiros.

Há similaridade da composição da fauna de monogenéticos nas duas áreas analisadas no em relação a outras localidades (Capparros & Takemoto, 2017; Zago et al., 2018; 2021). Duas espécies pertencentes a família Gyrodactylidae: *Gyrodactylus neotropicalis* Kritsky & Fritts, 1970 e *Anacanthocotyle anacanthocotyle* Kritsky & Fritts, 1970 foram relatados na planície de inundação do alto rio Paraná por Capparros & Takemoto (2017). Enquanto que Zago et al. (2018, 2021) descreveram recentemente em dois diferentes locais da bacia do rio Paraná monogenéticos da família Dactylogyridae, pertencentes aos gêneros *Cacatuocotyle* e *Diaphorocleidus*: *Cacatuocotyle papilionis* Zago, Franceschini, Müller & Silva, 2018 (no rio Sapucaí-Mirim, SP), *Diaphorocleidus magnus* Zago, Franceschini, Abdallah, Müller, Azevedo & Silva, 2021 e *Diaphorocleidus neotropicalis* Zago, Franceschini, Abdallah, Müller, Azevedo & Silva, 2021 (no rio Sapucaí-Mirim e no rio Batalha, SP).

Em relação aos nematoides encontrados, estes não puderam ser identificados em nível de gênero/espécie devido ao fato de estarem em estágio larval, sem diferenciação de estruturas internas, incluindo o aparelho reprodutor, os quais facilitam a delimitação de espécies desse grupo de parasitos. Quanto ao sítio de infecção dessas larvas nos hospedeiros analisados, no caso, o estômago, sugerem-se duas hipóteses a serem investigadas: 1) *A. lacustris* pode ter ingerido acidentalmente as larvas juntamente com suas presas e/ou 2) *A. lacustris* pode atuar como hospedeiro intermediário ou paratênico no ciclo biológico dessas formas larvais, já que, *A. lacustris* também é caracterizada pela importância ecológica, pois ocupa uma posição intermediária na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, servindo como alimento para vários predadores carnívoros (BARASSA et al., 2003).

Assim, o presente estudo contribui com dados acerca da biota de riachos, colaborando com o conhecimento e compreensão das relações entre organismos vulneráveis à ação antrópica, possibilitando assim, auxiliar em medidas de conservação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A. A.; QUEIROZ, J.; BRANDAO, H.; SILVA, R. J. Helminth fauna of *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819, in two distinct sites of the Taquari River, São Paulo State, Brazil **Brazilian Journal Biology**, v. 75, n. 1, p. 242-250, 2015.

AZEVEDO, G. B.; MADI R. R.; UETA, M. T. Metazoários parasitas de *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) na Fazenda Rio das Pedras, Campinas, SP, Brasil. **Bioikos**, n. v. 21, p. 90-96, 2007.

BARASSA, B.; CORDEIRO, N. S.; ARANA, S. A New Species of *Henneguya*, a Gill Parasite of *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) from Brazil, with Comments on Histopathology and Seasonality. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n.6, p.761-765, 2003.

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **The Journal of Parasitology**, [s. l.], v. 83, n. 4, p. 575–583, 1997.

CAPPARROS, E. M.; TAKEMOTO, R. M. Gyrodactylidae (Monogenea: Platyhelminthes) gill parasites of Tetragonopterinae (Characiformes: Characidae) from the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 29, p. e105 2017.

CASATTI, L.; BREJÃO, G. L.; CARVALHO, F. R.; SILVA, H. P. D.; PÉREZ-MAYORGA, M. A., MANZOTTI, A. R.; ZENI, J. O. de; RAMIRES, B. M. S.; LANGEANI, F. Stream fish from recently deforested basins in the Meridional Amazon, Mato Grosso, Brazil. **Biota Neotropica**, v.20, n.1, p. 1-12, 2020.

CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: Ecologia de peixes de riachos: estado atual e perspectivas (CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; BIZERRIL, C. R. S. F.; PERES-NETO, P.R. Eds.). **Oecologia Brasiliensis**, v.6, p. 139-155, 1999

DAGA, V. S.; DEBONA, T.; ABILHOA, V.; GUBIANI, É. A.; VITULE, J. R. S. Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a review of the Iguaçu River. **Aquatic Invasions**, v.11, n.2, p. 209-223, 2016.

DOBSON, A.; LAFFERTY, K. D.; KURIS, A. M.; HECHINGER, R. F.; JETZ, W. Homage to Linnaeus: how many parasites? How many hosts? **Proceedings of the National Academy of**

Sciences, v. 105, n. 1, p. 11482-11489, 2008.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 2a ed. Eduem, 199 p., 2006.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade de peixes de água doce do Brasil**. Clichetec, 333 p., 2010.

GÓMEZ, A.; NICHOLS, E. Neglected wild life: parasitic biodiversity as a conservation target. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 2, p. 222-227, 2013.

LARENTIS, C.; PAVANELLI, C. S.; DELARIVA, R. L. Do environmental conditions modulated by land use drive fish functional diversity in streams?. **Hydrobiologia**, p. 1-19, 2021.

LIZAMA, M. D. L. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Ecological aspects of metazoan parasites of *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (Characidae) of the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S. l.], v.34 n.4, p.527–533, 2008.

LIZAMA, M. A. P.; FERNANDES, E. S; ODA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; RIBEIRO, T. S. **Parasitos como bioindicadores**. In: PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO R.M.; EIRAS, J. C. *Parasitologia de Peixes de água doce do Brasil*. Eduem, p.115-134, 2013.

MARCOGLIESE, D. J. Parasites: small players with crucial roles in the ecological theater. **EcoHealth**, v. 1, n. 2, p. 151-164, 2004.

MIRANDA, J. C. Ameaças aos peixes de riachos da Mata Atlântica. **Natureza online**, [s. l.], v. 10, p. 136–139, 2012.

MISE, F. T.; FUGI, R.; PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E. The coexistence of endemic of *Astyanax* (Teleostei: Characidae) is propriated by ecomorphological and trophic variations. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p.21-28, 2013.

MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. Academia, Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 464 p.,1998.

NEGRELLI, D. C.; ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K. Metazoan parasites of the lambari *Astyanax altiparanae* collected in the Batalha River, State of São Paulo, Brazil. São Paulo. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 3, p. 535-539, 2018.

NEVES, M. P.; KRATINA, P.; DELARIVA, R. L.; JONES, J. I.; FIALHO, C. B. Seasonal feeding plasticity can facilitate coexistence of dominant omnivores in Neotropical streams. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 31, n. 2, p. 417-432, 2021.

NORRIS, K. A trade-off between energy intake and exposure to parasites in oystercatchers

feeding on a bivalve mollusc. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, v. 266, n. 1429, p. 1703-1709, 1999

OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.

ORSI, M. L.; CARVALHO, E. D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* (Garutti; Britski Characidae) Paraná Brasil (Teleostei, Characidae) do médio rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [s. l.], v. 21, n. 1998, p. 207–218, 2004.

SABBAG, O.; TAKAHASHI, L.; SILVEIRA, A.; ARANHA, A. Custos e viabilidade econômica da produção do lambari tetra em Monte Castelo, São Paulo: um estudo de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 307-315, 2011.

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2^a ed. Pensoft, 508 p., 2006.

TIMI, J.; POULIN, R. Why ignoring parasites in fish ecology is a mistake. **International Journal for Parasitology**, v. 50, n. 10-11, p. 755-761, 2020.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; GARCIA, D. A. Z.; COSTA, A. D. A.; SOUZA, J. G. de; YABU, M. H. S.; ALMEIDA, F. S. de; ORSI, M. L. Ichthyofauna of streams of the Lower Paranapanema River basin, state of Paraná, Brazil. **Check List**, v. 11, n.1, p. 1-8, 2015.

ZAGO, A. C.; FRANCESCHINI, L.; MÜLLER, M. I.; da SILVA, R. J. A new species of *Cacatuocotyle* (Monogenea, Dactylogyridae) parasitizing *Astyanax* spp. (Characiformes, Characidae) from Brazil, including molecular data and a key to species identification. **Acta Parasitologica**, v. 63, n. 2, p. 261-269, 2018.

ZAGO, A. C.; FRANCESCHINI, L.; ABDALLAH, V. D., MÜLLER, M. I.; AZEVEDO, R.K; da SILVA, R. J. Morphological and molecular data of new species of *Characithecium* and *Diaphorocleidus* (Monogenea: Dactylogyridae) from Neotropical characid fishes. **Parasitology International**, v. 84, p. 102406, 2021.