



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

GABRIELA MICHELAN

**Efeito temporal na parasitofauna do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) de uma planície Neotropical**

Maringá  
2022

GABRIELA MICHELAN

**Efeito temporal na parasitofauna do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) de uma planície Neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia.  
Área de concentração: Ecologia e Limnologia.

Orientador: Dr. Ricardo Massato Takemoto

Maringá  
2022

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

M623e      Michelin, Gabriela, 1996-  
              Efeito temporal na parasitofauna do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus*  
              (Linnaeus, 1766) de uma planície Neotropical / Gabriela Michelin. -- Maringá, 2022.  
              25 f. : il. (algumas color.)  
  
              Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
              Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, 2022.  
              Orientador: Dr. Ricardo Massato Takemoto.  
  
              1. Fauna endoparasitária (Platyhelminthes) - Peixes siluriformes - Ecologia - Planície  
              de inundação - Alto rio Paraná. 2. *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) "cangati" -  
              Parasitismo - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Parasitismo em peixes de água doce  
              - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Centro de  
              Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos  
              Continentais.

CDD 23. ed. -592.41785709816

GABRIELA MICHELAN

**Efeito temporal na parasitofauna do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) de uma planície Neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Ricardo Massato Takemoto  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Luiz Eduardo Roland Tavares  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Katharine Petsch  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 24 de junho de 2022.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho aos meus pais  
Ângela e Dorival por apoiarem todos  
os meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo, aqui registrado, meu agradecimento às pessoas que foram essenciais para a realização deste trabalho.

À Deus, grande responsável pela minha vida e todas as minhas conquistas. À Ele toda honra e glória.

Ao Dr. Ricardo Massato Takemoto, por me orientar ao longo dos últimos seis anos, pela paciência, amizade e por transmitir todo seu conhecimento com maestria.

Aos meus pais Ângela e Dorival, por serem minha fortaleza e razão de tudo que foi feito até aqui.

Aos meus irmãos Bruno e Tatiana, minha cunhada Mel e minha sobrinha Giovanna, por me direcionarem e incentivarem em todos os momentos.

Ao meu namorado e companheiro Luiz, pelo apoio emocional e por me mostrar sempre o lado positivo da vida.

Aos integrantes do laboratório de Ictioparasitologia por serem, antes de tudo, meus amigos e tornarem essa caminhada muito mais leve e fácil de ser vivida.

À Atsler, Dindinha, Lidi e Toshio por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho, pelas valiosas contribuições e pelos momentos de alegria.

À Amanda, Beatriz, Cecília e Isadora, pela amizade, carinho e incentivo nos melhores e piores momentos.

Ao Dr. Hugo Message, por me apadrinhar junto à Atsler, no desenvolvimento inicial deste trabalho e durante às disciplinas e apresentação do projeto.

À Bete pela eficiência, paciência e prontidão para resolver todos os obstáculos que surgiram no percurso.

À Salete, pela amizade e por não medir esforços ao ajudar com assuntos pessoais e relacionados à biblioteca.

Aos professores do PEA por contribuírem com seus conhecimentos para a minha formação profissional.

Ao Nupélia, pela infraestrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho.

À CAPES pela bolsa concedida e pelo financiamento do projeto de pesquisa.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

## **Efeito temporal na parasitofauna do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) de uma planície Neotropical**

### **RESUMO**

Ambientes aquáticos têm sido influenciado antropicamente ao longo dos anos, principalmente com a construção de barragens e usinas hidrelétricas. Contudo, poucos estudos avaliam como a fauna parasitária pode ser influenciada a longo prazo por essas mudanças ambientais. Investigou-se possíveis alterações na composição de endoparasitas do peixe invasor *Trachelyopterus galeatus* na planície de inundação do alto rio Paraná, em um intervalo de 27 anos de estudo. Foram analisados 79 peixes no período 1 (1993) e 31 no período 2 (2019/2020). No primeiro período, os peixes apresentaram maiores valores nas variáveis peso (g) e comprimento padrão (cm), quando comparados com o período 2. Encontrou-se um total de cinco espécies de endoparasitas, sendo três por período. Apesar da riqueza ter sido igual, a composição de endoparasitas diferiu entre os períodos, pois apenas uma espécie de digenético (*Microrchis oligovitelum*) parasitou o hospedeiro nos dois períodos de estudo. Constatou-se que tanto o desenvolvimento do peixe quanto seus endoparasitas foram afetados ao longo do tempo. Destaca-se que o início do funcionamento da barragem de Porto Primavera, localizada à montante da planície, ocorreu entre os dois períodos de amostragem (1999), e provocou diversas alterações ambientais, sendo, possivelmente, a principal responsável por essas mudanças da parasitofauna. A maioria dos endoparasitas requer hospedeiros intermediários para completar seus ciclos de vida. Portanto, um ambiente modificado, pode perder diversidade e interações ecológicas, visto que afeta as populações que eles utilizam durante o processo de transmissão entre hospedeiros. Isso pode explicar a diferença encontrada nas infracomunidades de parasitas de *T. galeatus*, enfatizando, por meio dos resultados obtidos, a importância de incluir esses organismos nos estudos que avaliam impactos ambientais causados por ações antrópicas.

**Palavras-chave:** Endoparasitas. Peixe neotropical. Rio Paraná. Cestoda. Digenea. Nematoda.

# **Temporal effect on the parasite fauna of the invasive catfish *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) from a Neotropical plain**

## ***ABSTRACT***

Aquatic environments have been anthropically influenced over the years, mainly with the construction of dams and hydroelectric plants. However, few studies evaluate how the parasitic fauna can be influenced in the long term by these environmental changes. Possible changes in the composition of endoparasites of the invasive fish *Trachelyopterus galeatus* in the upper Paraná River floodplain were investigated over a 27-year study period. 79 fish were analyzed in period 1 (1993) and 31 in period 2 (2019/2020). In the first period, the fish showed higher values in the variables weight (g) and standard length (cm), when compared to period 2. A total of five species of endoparasites were found, three per period. Although the richness was the same, the composition of endoparasites differed between the periods, as only one species of digenetic (*Micrororchis oligovitelum*) parasitized the host in both periods of study. It was found that both the development of the fish and its endoparasites were affected over time. It is noteworthy that the beginning of operation of the Porto Primavera dam, located upstream of the plain, occurred between the two sampling periods (1999), and caused several environmental changes, possibly being the main responsible for these changes in the parasitofauna. Most endoparasites require intermediate hosts to complete their life cycles. Therefore, a modified environment may lose diversity and ecological interactions, as it affects the populations they use during the transmission process between hosts. This may explain the difference found in the infracommunities of *T. galeatus* parasites, emphasizing, through the results obtained, the importance of including these organisms in studies that evaluate environmental impacts caused by anthropic actions

**Keywords:** Endoparasites. Neotropical fish. Paraná River. Cestoda. Digenea. Nematoda.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Área de estudo e amostragem dos hospedeiros .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Processamento e identificação dos parasitas .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Análise de dados.....</b>	<b>13</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ações antrópicas têm, ao longo dos anos, afetado diretamente os ambientes aquáticos, resultando em diversas alterações físicas, químicas e biológicas nesses ecossistemas (Nilsson *et al.*, 2005; Wu *et al.*, 2019; Petsch *et al.*, 2021). A remoção de matas ciliares, exploração de recursos, introdução de espécies e construções de barragens e hidrelétricas são apenas alguns dos impactos que geraram perda de espécies nativas e, consequentemente, perda de interações ecológicas (tróficas e parasitismo), interferindo na composição de espécies em ecossistemas aquáticos continentais (Petts, 1984; Valiente-Banuet *et al.*, 2015; Petsch, 2016; Dala-Corte *et al.*, 2016; Dala-Corte *et al.*, 2020).

Diversos estudos relatam as consequências das ações antrópicas na ictiofauna, como alterações na alimentação, reprodução, crescimento, área de distribuição e até mesmo a extinção de espécies (Agostinho *et al.*, 2007, 2008). Um fator emblemático foi a construção do reservatório de Itaipu em 1982, que resultou no alagamento do Salto de Sete Quedas - considerada uma barreira natural – e fez com que diversas espécies de peixes do baixo Paraná invadissem a planície de inundação do alto rio Paraná (PIARP) (Cecilio *et al.*, 1997). O bagre *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766), popularmente conhecido como “cangati”, foi uma das espécies invasoras da planície que passou por esse processo e, seu primeiro registro na planície de inundação do alto rio Paraná foi em 1986 (Graça e Pavanelli, 2007; Tonella *et al.*, 2018).

*Trachelyopterus galeatus* é amplamente distribuído pela América do Sul e está presente nas bacias do Amazonas, Orinoco, Paraguai, Paraná e São Francisco (Fowler, 1950; Nomura, 1984; Britski *et al.*, 1988; Bialezki *et al.*, 1999). Em relação a reprodução, o bagre possui fecundação interna e a fertilização acontece apenas no momento da desova, além do dimorfismo sexual ser evidente (Bialezki *et al.*, 1999). O hábito alimentar da espécie é onívoro e teve seu nicho alimentar expandido após a invasão, o que a favoreceu neste processo (Tonella *et al.*, 2018). Foi constatado que, na área nativa, havia uma preferência por pequenos peixes (45%), porém, após a introdução, houve um aumento significativo de invertebrados em sua alimentação (64%) (Tonella *et al.*, 2018). Essas mudanças na dieta atingem diretamente a estrutura e composição de suas comunidades de parasitas (Pavanelli *et al.*, 2004), principalmente se considerarmos que a alimentação dos peixes é um fator determinante para endoparasitas, por ser a forma que muitas espécies utilizam para chegar até seus hospedeiros (Santos e Brasil-Sato, 2004; Poulin e Leung, 2011).

Endoparasitas, em geral, dependem de diferentes espécies hospedeiras para conseguirem completar seus ciclos de vida (Bellay *et al.*, 2020), e, para que isso aconteça, todos eles devem coocorrer em uma comunidade estável (Marcogliese e Cone, 1997; Landsberg *et al.*, 1998). No entanto, mudanças na fauna hospedeira e alterações nas condições ambientais causadas por impactos antrópicos (por exemplo: pH, salinidade, transparência e temperatura) podem interferir e modificar a biodiversidade parasitária (MacKenzie, 1999; Palm, 2011; Abdelkhalik *et al.*, 2021) e, é possível avaliar tais mudanças, apenas com estudos temporais ou a longo prazo da infracomunidade presente em um determinado hospedeiro.

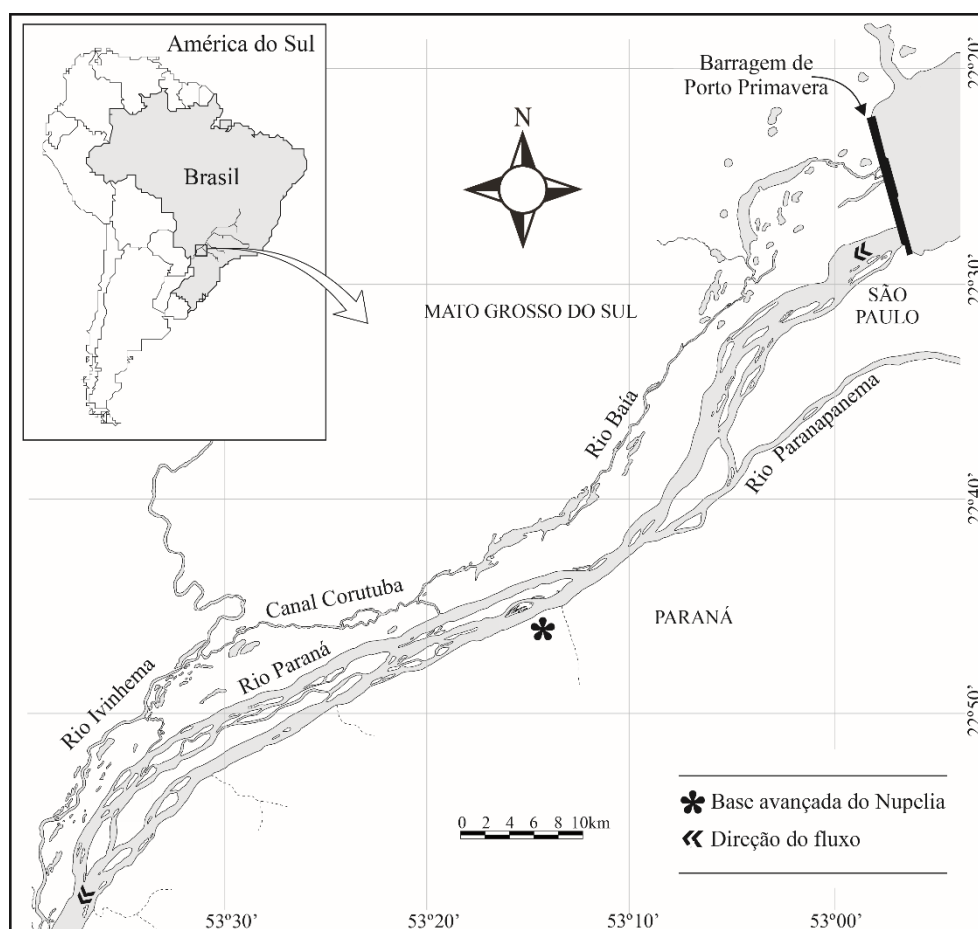
A fauna endoparasitária de *T. galeatus* foi analisada em diversas regiões do Brasil e, no total, oito espécies foram registradas neste hospedeiro, sendo os digenéticos *Microorchis oligovitellum* (Lunaschi, 1989), *Clinostomum complanatum* (Rud, 1819), *Diplostomum* spp. e *Doradamphistoma parauchenipteri* (Lunaschi, 1989) o cestóide *Cangatiella arandasi* Pavanelli & Santos, 1990 e três representantes do Filo Nematoda: *Contracaecum* sp., *Goezia* sp., *Cystidicoloides* sp. e *Cucullanellus* sp. (Pavanelli e Santos, 1990; Fernandes e Kohn, 2001; Dias *et al.*, 2006; Takemoto e Lizama, 2009; Kohn *et al.*, 2011; Pantoja *et al.*, 2016; Lahun *et al.*, 2020). São raros os estudos que analisam a adaptação de espécies de parasitas de um hospedeiro invasor em ambientes que sofre influências antrópicas frequentemente. Para populações de *T. galeatus* na Argentina, região de origem do cangati invasor na PIARP, apenas *Creptotrema creptotrema* e *D. parauchenipteri* foram relatados (Lunaschi e Sutton, 1995).

A ictio e a parasitofauna da PIARP são afetadas com as diversas alterações no hábitat em decorrência de impactos antrópicos, com notoriedade após a construção de Itaipu e também da barragem Engenheiro Sergio Motta em Porto Primavera no ano de 1999 (Agostinho *et al.*, 2004; Abujanra *et al.*, 2007; Roberto *et al.*, 2009; Karling *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2014; Lahun *et al.*, 2022). Ressalta-se que o local passou por um grande processo de invasão de peixes e, conseqüentemente, seus parasitas, após essas construções. Assim, investigou-se neste estudo possíveis mudanças a longo prazo na composição endoparasitária de indivíduos do bagre invasor *T. galeatus*, em um intervalo de 27 anos, na planície de inundação, além de detectar ocorrências de mudanças na relação peso-comprimento do hospedeiro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo e amostragem dos hospedeiros

O rio Paraná é o principal formador da Bacia do Prata e o segundo maior em extensão da América do Sul, com aproximadamente 3.089 km (Agostinho e Júlio Jr, 1999) (Figura 1). Na parte superior, acima da Usina Hidrelétrica de Itaipu, denominada Alto Paraná, a área é acompanhada por uma extensa planície de inundação principalmente em sua margem direita, que em períodos de cheia é alagada, formando uma ampla planície inundada. Essa área é o único trecho não represado do rio Paraná em terras brasileiras, onde está localizada a Base Avançada de Pesquisas da Universidade Estadual de Maringá – NUPÉLIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura).



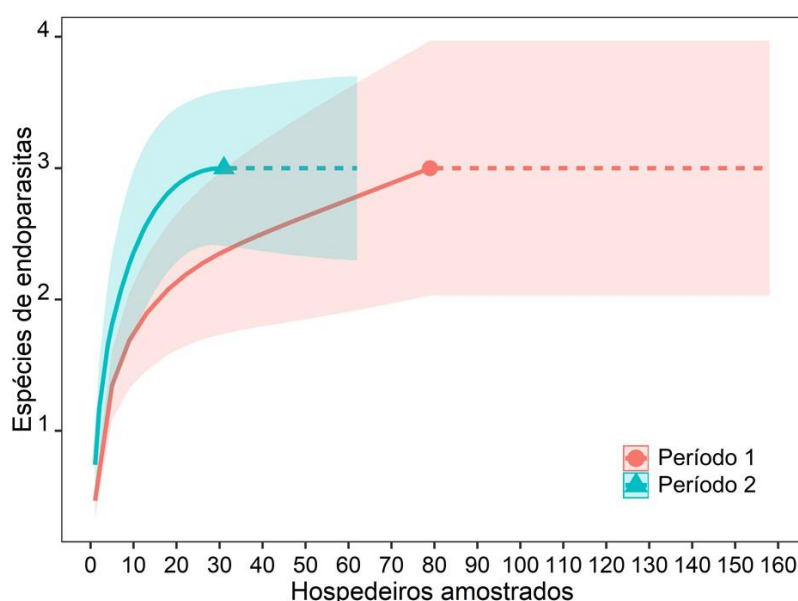
**Figura 1.** Mapa da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil), local onde ocorreram as coletas do hospedeiro. Fonte: Pereira, J.L.L., 2018.

Com o intuito de analisar alterações nas populações de *T. galeatus* e em sua fauna endoparasitária, foram coletados, na PIARP, 79 indivíduos no ano de 1993, caracterizado neste estudo como período 1, e 31 indivíduos nos anos de 2019 e 2020, caracterizado

período 2. Foram realizadas 8 e 5 coletas, respectivamente. As coletas ocorreram nas quatro estações do ano, sendo os indivíduos amostrados nos mesmos pontos nos dois períodos de estudo.

As coletas foram realizadas em diversos ambientes da planície – canais, rios, lagoas abertas e fechadas, através dos projetos PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e PELD-CNPq (Projeto Ecológico de Longa Duração), conforme autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - Parecer 123/2010) da Universidade Estadual de Maringá e da autorização de coleta do SISBIO sob nº 22442-1. Os peixes foram capturados com redes de espera de diferentes malhagens e sacrificados de acordo com o protocolo ILTER PIARP-06. De cada indivíduo capturado, foram registradas as seguintes informações: ponto da amostragem, comprimento total e padrão (cm) e peso total (g). Em seguida, foram encaminhados ao Laboratório de Ictioparasitologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá e eviscerados para análise.

Considerando as mudanças que ocorrem, de forma natural ou não, nos ambientes, a abundância de peixes pode sofrer alterações ao longo dos anos. Portanto, para justificar que o número amostral de hospedeiros foi suficiente para representar a comunidade de endoparasitas e execução deste trabalho, foram realizadas curvas de acúmulo de espécies, com 100 randomizações utilizando a função *specaccum* do pacote *vegan* 2.5-7 (Oksanen *et al.*, 2016) do programa R para ambos os períodos aqui descritos (Figura 2).



**Figura 2.** Curva de acúmulo de espécies para comunidade endoparasitária dos bagres *Trachelyopterus galeatus* coletados na planície de inundação do alto rio Paraná nos períodos 1 (1993) e 2 (2019-2020).

## 2.2 Processamento e identificação dos parasitas

Todos os parasitas, coletados nos períodos 1 e 2, foram localizados nos intestinos dos hospedeiros com o auxílio de um estereomicroscópio. A identificação foi realizada por meio de um microscópio óptico e baseada nos trabalhos de Moravec (1998), Thatcher (2006) e Kohn *et al.*, (2007), e a utilização de chaves de identificação, guias de referência e artigos atualizados da área. A conservação e preparação dos parasitas foram realizadas conforme Eiras *et al.* (2006).

## 2.3 Análise de dados

Para comparar a fauna parasitária dos indivíduos de *T. galeatus* da planície de inundação do alto rio Paraná, nos dois períodos, utilizamos as métricas de prevalência (P), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de infecção dos parasitas de acordo com Bush *et al.* (1997). A prevalência é o número de hospedeiros infectados por uma determinada espécie de parasita, dividido pelo número de hospedeiros analisados e multiplicados por 100 (resultado expresso em porcentagem; %). A abundância média representa o número total de parasitas de uma determinada espécie, dividido pelo número total de peixes examinados. Por fim, a intensidade média de infestação configura o número total de parasitas observados de uma determinada espécie, dividido pelo número de hospedeiros infectados com esta mesma espécie de parasita.

Para avaliar se os indivíduos de *T. galeatus* dos dois períodos apresentaram diferenças quanto a relação peso-comprimento, utilizamos a Análise de Covariância (ANCOVA). Utilizamos as variáveis peso e comprimento padrão como variável resposta e covariável no modelo, respectivamente. O período foi utilizado como fator-fixo. Na ANCOVA, testamos o pressuposto de paralelismo (inclinação homogênea) por meio da interação entre os períodos e o comprimento (García-Berthou e Moreno-Amich, 1993).

Para investigar se a composição da comunidade endoparasitária difere entre os períodos, primeiramente realizamos o Teste de Homogeneidade de Dispersão Multivariada (PERMDISP) para avaliar a homoscedasticidade entre os períodos 1 e 2. Uma vez que esse pressuposto foi atingido, realizamos uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA), com distância de Bray-Curtis (dados de abundância), para avaliar as mudanças na composição das espécies de endoparasitas entre

os períodos. Realizou-se 999 permutações para verificar a significância (Anderson, 2005). Por fim, utilizou-se o Escalonamento Multidimensional Não Métrico (nMDS) para representação gráfica da abundância endoparasitária.

Todas análises estatísticas foram realizados no software R versão 4.0.2 (R Core Team, 2020) com os pacotes *vegan* (Oksanen *et al.*, 2016), *ggpubr* (Kassambara, 2020) e *ggplot2* (Wickham, 2016).

### 3 RESULTADOS

Ao todo foram analisados 110 indivíduos de *T. galeatus*, no qual 44% dos peixes amostrados no período 1 e 67,7% no período 2 estavam parasitados. Distribuídos entre eles, estavam 54 indivíduos de endoparasitas no período 1 e 47 indivíduos no período 2 (Tabela 1). Três espécies de endoparasitas foram registradas nos dois períodos de amostragem, sendo *M. oligovitellum*, *C. arandasi* e *Goezia* sp. no período 1 e *M. oligovitellum*, *D. parauchenipteri* e Anisakidae sp. no período 2. A maioria dos parasitas foi representada por estágios adultos, sendo a única exceção os dois representantes do Filo Nematoda. O parasita *M. oligovitellum* foi responsável pela maior prevalência em ambos os períodos (36,70% e 54,83% no período 1 e 2, respectivamente).

**Tabela 1. Prevalência (%), Intensidade Média e Abundância média dos endoparasitas de *Trachelyopterus galeatus* na planície de inundação do alto rio Paraná nos períodos 1 (1993) e 2 (2019-2020). EP = Erro-padrão.**

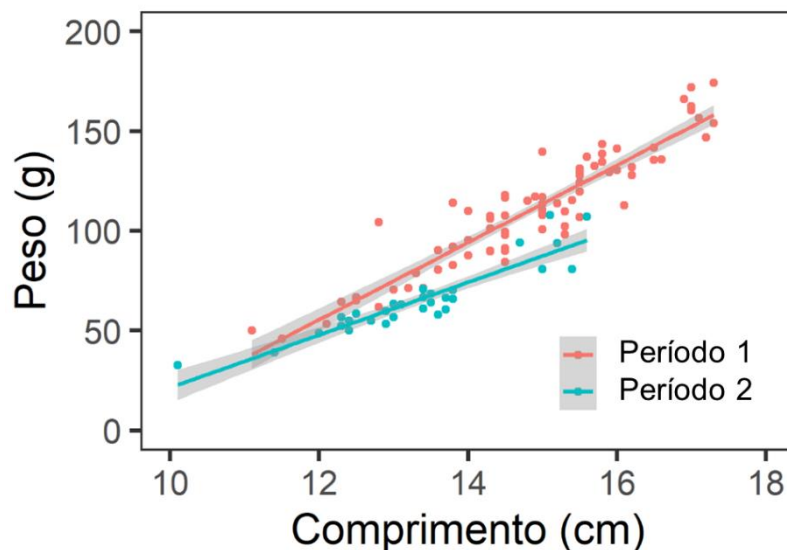
Parasitas	Prevalência (%)		Intensidade média (±EP)		Abundância média (±EP)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
<b>Cestoda</b>						
<i>Cangatiela arandasi</i>	8,08	-	1,42±0,20	-	0,12±0,04	-
<b>Digenea</b>						
<i>Doradamphistoma parauchenipteri</i>	-	12,90	-	2,5±0,5	-	0,32±0,16
<i>Microrchis oligovitellum</i>	36,70	54,83	1,48±0,11	2±0,14	0,54±0,13	1,09±0,19
<b>Nematoda</b>						
Anisakidae sp.	-	6,45	-	1,5±0,5	-	0,09±0,07
<i>Goezia</i> sp.	1,26	-	-	-	-	-

Os indivíduos de *T. galeatus* coletados nos períodos 1 e 2 apresentaram diferenças na relação peso-comprimento (Tabela 2). Os peixes coletados no período 1 demonstraram maior investimento tanto em peso (g) quanto em comprimento (cm) em relação aos peixes coletados no período 2 (Figura 3).

**Tabela 2. Resumo da análise de covariância (ANCOVA) da relação peso-comprimento de *Trachelyopterus galeatus* entre os períodos 1 (1993) e 2 (2019-2020) na planície de inundação do alto rio Paraná. Valores significativos estão destacados em negrito. G.l = graus de liberdade.**

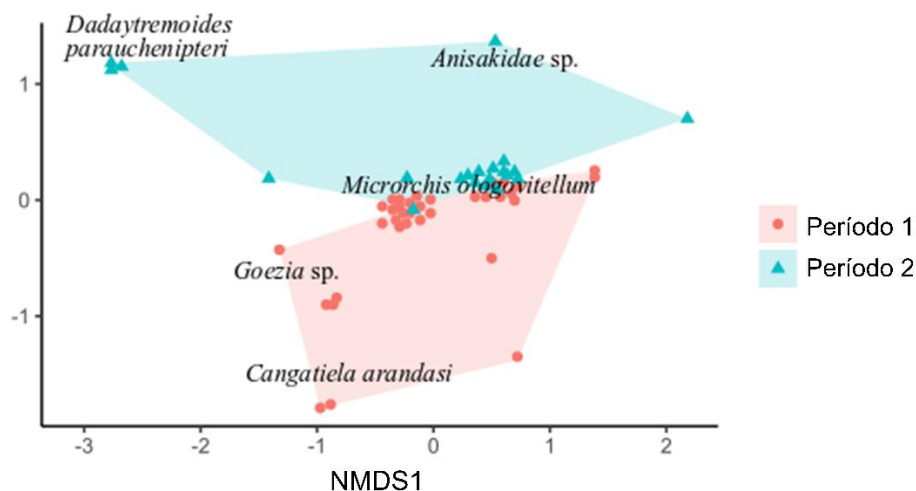
	G.l	F	P
<b>Comprimento</b>	1	1020,81	<b>0,001</b>
<b>Período</b>	1	55,56	<b>0,001</b>
<b>Período x Comprimento</b>	1	12,74	<b>&lt;0,001</b>





**Figura 3.** Regressão da ANCOVA da razão peso-comprimento de *Trachelyopterus galeatus* entre os indivíduos coletados nos períodos 1 (1993) e 2 (2019-2020) na planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil).

Apesar da riqueza similar, a composição de espécies de endoparasitas de *T. galeatus* foi diferente entre os períodos 1 e 2 (Figura 4; PERMANOVA:  $F = 3,68$ ,  $p = 0,01$ ). Apenas uma espécie de digenético (*M. oligovitellum*) estava presente no hospedeiro em ambos os períodos de estudo.



**Figura 4.** Escalonamento Multidimensional Não Métrico (nMDS) da composição de parasitas de *Trachelyopterus galeatus* entre os dois períodos de amostragem (período 1 = 1993 e período 2 = 2019-2020) na planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil).

## 4 DISCUSSÃO

No período 1, os peixes apresentaram maiores valores nas variáveis peso (g) e comprimento padrão (cm), quando comparados com o período 2. É essencial destacar que, entre os dois períodos de estudo, houve a construção da Usina Hidrelétrica Sergio Motta em 1999, à montante da PIARP, e seu funcionamento provocou diversas alterações nas condições ambientais, como, aumento da transparência da água, redução de cheias extremas, e alteração no fluxo da água. (Roberto *et al.*, 2009). Esse resultado revela que o desenvolvimento do *T. galeatus* pode estar sendo prejudicado ao longo dos anos, fato que seria ecologicamente promissor, visto que se trata de uma espécie invasora no local de estudo (Gallardo *et al.*, 2016; Giakoumi *et al.*, 2019). Contudo, essa alteração tem se repetido em espécies nativas da PIARP, como relatam os estudos de Lahun *et al.* (2022) com *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) e de Karling *et al.* (2013) com *Salminus brasiliensis* (Cuvier 1816), onde constatou-se que a relação peso-comprimento dos peixes também era maior no primeiro período de estudo, antes da construção da barragem à montante da PIARP. Portanto, o estudo reforça as consequências que as alterações causadas na PIARP têm gerado no desenvolvimento das espécies de peixe ali presentes.

Foi relatado no estudo de Tonella *et al.* (2018) que, embora o cangati seja onívoro, houve uma diminuição na porcentagem de peixes em sua alimentação, e um aumento na quantidade de invertebrados. Essas alterações registradas em *T. galeatus* e na PIARP após a construção da barragem podem ter influenciado, consequentemente, na comunidade componente de endoparasitas que eles abrigam, visto que os resultados apontaram diferença significativa na composição endoparasitária do cangati entre os períodos.

Apesar da mesma riqueza de endoparasitas encontrada em *T. galeatus* entre os períodos, observou-se uma alteração na composição de endoparasitas, pois apenas uma única espécie manteve a relação parasita-hospedeiro no cangati ao longo dos 27 anos. A mudança na condição física do hospedeiro pode estar relacionada a esse resultado. Por exemplo, Negreiros *et al.* (2019) avaliaram a infracomunidade de parasitas em *Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840 e constataram que a mudança significativa encontrada na amostragem temporal destes organismos pode ter sido decorrente das alterações em hábitos e características dos hospedeiros, como o tamanho do corpo. Visto que foi demonstrado uma diminuição da relação peso-comprimento em nosso hospedeiro com o tempo, é provável que tal mudança esteja diretamente relacionada à alteração encontrada em sua fauna endoparasitária.

Os grupos que foram encontrados parasitando *T. galeatus* (Cestoda, Digenea e Nematoda) são de endoparasitas que, comumente, chegam até seus hospedeiros definitivos por meio da alimentação (Guidelli *et al.*, 2003; Pavanelli *et al.*, 2004), e, com exceção dos representantes do Filo Nematoda, todos os outros parasitas estavam na fase adulta do desenvolvimento. No período 2, relata-se a ausência do cestóide *C. arandasi*, que é um parasita específico do cangati. O seu desaparecimento pode ser decorrente de uma interrupção em sua transmissão, impedindo que seu ciclo de vida seja completo em seu hospedeiro definitivo (*T. galeatus*). Neste caso, considerando que *C. arandasi* é um Proteocephalidae e seu hospedeiro intermediário é, possivelmente, um copépoda da ordem Cyclopoida, se este estiver escasso na PIARP, pode ser a resposta para seu desaparecimento (Scholz e Chambrier, 2003). Em um trabalho realizado por Braghin *et al.* (2018) com zooplâncton da PIARP, foi comprovado, de modo geral, que em ambientes barrados, a diversidade funcional desses organismos, é menor quando comparada a ambientes preservados. Também houve relato de possível extinção de um parasita nesse ambiente (*Prosthenhystera obesa* Diesing, 1850), como mostrou o estudo realizado por Karling *et al.* (2013), utilizando o *S. brasiliensis* como hospedeiro e, são fortes as evidências, de que o seu desaparecimento foi devido aos impactos que a barragem provocou no local, visto que, antes disso, havia registro da espécie parasitando também outras espécies de peixes (Takemoto *et al.*, 2009; Kohn *et al.*, 2011; Lahun *et al.*, 2020).

Os digenéticos formam o grupo mais abundante e diversificado de helmintos parasitas de peixes em regiões tropicais (Villalba-Vasquez *et al.*, 2018). Dentre as espécies encontradas parasitando o *T. galeatus*, apenas *M. oligovitellum* estava presente nos dois períodos de estudo, evidenciando que somente esse parasita não teve seu ciclo de vida interrompido ao longo do tempo. *Microrchis oligovitellum* é conhecido por causar danos histopatológicos em seus hospedeiros definitivos, danificando a parte da mucosa intestinal em que ele se fixa (Pavanelli *et al.*, 1997). Com exceção do cangati, há registros dessa espécie de digenético na PIARP parasitando o bagre *Auchenipterus osteomystax* (Miranda Ribeiro, 1918) (Tavernari *et al.*, 2009; Yamada *et al.*, 2017; Lahun *et al.*, 2020), que é da mesma família e possui algumas características semelhantes (Ferraris e Vari, 1999), e também é uma espécie não nativa que chegou ao local após a inundação das Sete Quedas, da mesma forma que o *T. galeatus* (Ota *et al.*, 2018).

O outro representante do grupo dos Digenea, *D. parauchenipteri*, foi encontrado em *T. galeatus* apenas no período 2. De acordo com Lahun *et al.* (2020), essa espécie de parasita também foi registrada no bagre *Ageneiosus inermis* (Linnaeus, 1766), que

pertence à família Auchenipteridae do cangati e o parasita foi encontrado na fase larval e adulta neste hospedeiro. Este fato nos sugere que, com o passar dos anos, a PIARP se tornou um ambiente biologicamente apropriado para a reprodução e conclusão de seu ciclo de vida, onde todos os seus hospedeiros estão presentes, tornando possível a manutenção dessa relação parasita-hospedeiro.

Os representantes do Filo Nematoda foram encontrados em estágios larvais (*Goezia* sp. no período 1. e Anisakidae sp. no período 2), indicando que utilizam o *T. galeatus* como hospedeiro intermediário ou paratênico. Esses parasitas possuem um número variado de hospedeiros, podendo utilizar, além de peixes, crustáceos, insetos e oligoquetas para completar seus ciclos de vida em aves ou mamíferos (Santos *et al.*, 2013). São considerados generalistas na PIARP (Lehun *et al.*, 2020) e, no cangati, estavam presentes em pequeno número de indivíduos. A baixa prevalência de nematóides no cangati é recorrente, visto que também foi registrada em outros estudos realizados com sua infracomunidade (Pantoja *et al.*, 2016; Yamada *et al.*, 2017).

Uma mudança na fauna endoparasitária do cangati foi comprovada neste estudo, o que pode ser consequência dos diversos fatores abordados, incluindo a alteração na dieta do hospedeiro (Tonella *et al.*, 2018; Garcia *et al.*, 2020), visto que, as espécies encontradas, foram parasitas gastrointestinais que dependem da alimentação de seus hospedeiros para completarem seus ciclos de vida. Também não descartamos a possibilidade da mudança da infracomunidade ser devido às alterações ambientais que a PIARP enfrentou após a construção da barragem em Porto Primavera.

Os parasitas podem interferir direta e indiretamente na abundância de seus hospedeiros (Negreiros *et al.*, 2019; Poulin *et al.*, 2020). Portanto, estudos a longo prazo da fauna hospedeira e parasitária são essenciais para avaliar se a biodiversidade do ambiente está sofrendo alterações e detectar os motivos que possam estar causando-as. É importante destacar que, análises que utilizam apenas a riqueza de espécies, pode não responder de forma eficaz à estudos que investigam alterações de comunidades, visto que a riqueza foi igual (3 espécies de parasitas em cada período), porém a composição de espécies diferiu significativamente. A literatura tem alertado sobre como espécies invasoras e nativas da PIARP estão sendo afetadas ao longo dos anos e, se estas alterações continuarem ocorrendo, o desequilíbrio biológico no local poderá ser irreversível.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a composição de espécies de parasitas diferiu após a construção de uma barragem, onde apenas um digenético (*Microorchis oligovitellum*) manteve a relação parasita-hospedeiro com o cangati, em um intervalo de 27 anos. Um parasita específico do *T. galeatus* não foi registrado no período 2 (*Cangatiella arandasi*), confirmando outros estudos que também relataram a possível extinção de parasitas no mesmo local, após a construção da barragem. Sendo assim, ampliou-se o conhecimento sobre a influência de mudanças ambientais por ações antrópicas, e como podem afetar a diversidade de parasitas de um ecossistema, alertando sobre o risco irreversível da perda de espécies e de interações ecológicas.

## REFERÊNCIAS

- ABDELKHALIK TA, ALI AH, AQILI IM & HAROUN HS. Biodiversity and Efficiency of fish helminths parasites as a possible bioindicator of water quality in Jazan coastal area, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, v. 25, n. (1), p. 865-884, 2021.
- ABUJANRA F, AGOSTINHO A, HAHN N. Effects of the flood regime on the body condition of fish of different trophic guilds in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. (2), 2009.
- AGOSTINHO AA, GOMES LC, PELICICE FM. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatório do Brasil. EDUEM, Maringá, p. 501, 2007b.
- AGOSTINHO AA, GOMES LC, THOMAZ SM, HAHN NS. The upper Paraná river and its floodplain: main characteristics and perspectives for management and conservation. Pp. 381-393. In: THOMAZ SM, AGOSTINHO AA, HAHN NS. (Eds.). The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Backhuys Publishers, Leiden, p. 393, 2004.
- AGOSTINHO AA, JÚLIO JÚNIOR HF. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: LOWE-McCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Tradução VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; CUNNINGHAM. São Paulo: EDUSP, cap. 16, p. 374-400, 1999. (Coleção Base). Título original em inglês: Ecological studies in tropical fish communities.
- AGOSTINHO AA, PELICICE FM, GOMES LC. Dams and the fish fauna of the Neotropical Region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*. v. 68, n. (4), p. 1119-1132, 2008.
- AGOSTINHO AA, ZALEWSKI M. The dependence of fish community structure and dynamics on floodplain and riparian ecotone zone in Paraná River, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 303, n. (1-3), p. 141-148, 1995.
- ANDERSON, M. Permutational multivariate analysis of variance: a computer program. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2005.
- BELLAY S, DE OLIVEIRA EF, ALMEIDA-NETO M, TAKEMOTO RM. Ectoparasites are more vulnerable to host extinction than co-occurring endoparasites: evidence from metazoan parasites of freshwater and marine fishes. *Hydrobiologia*, v. 847, n. (13), p. 2873- 2882, 2020.
- BRAGHIN LDSM, ALMEIDA BDA, AMARAL DC, et al. Effects of dams decrease zooplankton functional  $\beta$ -diversity in river-associated lakes. *Freshwater Biology*, v. 63 n. (7), p. 721-730, 2018.
- BRAGHIN LSM, ALMEIDA BA, AMARAL DC, CANELLA TF, GIMENEZ BCG, BONECKER CC. Effects of dams decrease zooplankton functional  $\beta$ -diversity in river-associated lakes. *Freshwater Biology*, v. 63, n. (7), p. 721-730, 2018.

BRITSKI HA, SATO Y, ROSA ABS. Manual de Identificação de Peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco. CODEVASF, Brasília, p. 115, 1988.

BUSH AO, LAFFERTY KD, LOTZ JM, SHOSTAK AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. The Journal of Parasitology, v. 83, n. (4), p. 575-583, 1997.

CECILIO EB, AGOSTINHO AA, JÚLIO JÚNIOR HF, PAVANELLI CS. Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. Revista Brasileira de Zoologia, v. 14, n. (1), p. 1-14, 1997.

DALA-CORTE RB, GIAM X, OLDEN JD, BECKER FG, GUIMARÃES TdeF & MELO AS. Revealing the pathways by which agricultural land-use affects stream fish communities in South Brazilian grasslands. Freshwater Biology, v. 61, n. (11), p. 1921–1934, 2016.

DALA-CORTE RB, MELO AS, SIQUEIRA T, BINI LM, MARTINS RT, CUNICO AM, et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. Journal of Applied Ecology, v. 57, n. (7), p. 1391–1402, 2020.

DOS SANTOS NCL, DIAS RM, ALVES DC, DE MELO BAR, GANASSIM MJM, GOMES LC, SEVERI W, AGOSTINHO AA. Trophic and limnological changes in highly fragmented rivers predict the decreasing abundance of detritivorous fish. Ecological Indicators. 2020.

EIRAS JdaC, TAKEMOTO RM, PAVANELLI GC. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. 2. ed. Maringá: Eduem, p. 199, 2006.

FERRARIS Jr CJ & VARI RP. The South American catfish genus *Auchenipterus* Valenciennes, 1840 (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae): monophyly and relationships, with a revisionary study. Zoological Journal of the Linnean Society, v. 126, n. (4), p. 387-450, 1999.

FOWLER HW. Os peixes de água doce do Brasil. Arq. Zool. Est. S. Paulo, v. 6, n. (2), p. 205-404, 1950.

GALLARDO B, CLAVERO M, SÁNCHEZ MI & VILÀ M. Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. Glob. Chang. Biol., v. 22, p. 151-163, 2016.

GARCIA DA, TONELLA LH, ALVES GH, VIDOTTO-MAGNONI AP, BENEDITO E, BRITTON JR, ORSI ML. Variações sazonais e de habitat na dieta do bagre invasor *Trachelyopterus galeatus* em uma bacia hidrográfica Neotropical, Brasil. Journal of Applied Ichthyology, v. 36, n. (3), p. 326-335, 2020.

GARCÍA-BERTHOU E. & MORENO-AMICH R. Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 50, n. (7), p. 1394-1399, 1993.

GIAKOUMI S, KATSANEVAKIS S, ALBANO PG, et al. Management priorities for marine invasive species. Science of the Total Environment, v. 688, p. 976-982, 2019.

GRAÇA WJD, PAVANELLI CS. Peixes da inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. EDUEM, Maringá, p. 175, 2007.

GUIDELLI GM, ISAAC A, TAKEMOTO RM & PAVANELLI GC. Infracomunidades de endoparasitas de *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) do rio Baía, planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil: composição específica e aspectos ecológicos. Brazilian Journal of Biology, v. 63, n. (2), p. 261-268, 2003.

KARLING LC, ISAAC A, AFFONSO IP, TAKEMOTO RM, PAVANELLI GC. The impact of a dam on the helminth fauna and health of a neotropical fish species *Salminus brasiliensis* (Cuvier 1816) from the upper Paraná River, Brazil. Journal of Helminthology, v. 87, n. (2), p. 245-251, 2013.

KASSAMBARA A. ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots. R package version 0.4.0, 2020.

KOHN A, FERNANDES BM, COHEN SC. South American trematodes parasites of fishes. Imprinta Express Ltda. Rio de Janeiro, Brazil, 2007.

KOHN A, MORAVEC F, COHEN SC, CANZI C, TAKEMOTO RM, FERNANDES BMM. Helminths of freshwater fishes in the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Paraná, Brazil. Check list, v. 7, n. (5), p. 681-690, 2011.

LANDSBERG JH, BLAKESLEY BA, REESE RO, MCRAE G, FORSTCHEN PR. Parasites of fish as indicators of environmental stress. Environmental Monitoring and Assessment, v. 51, p. 211-232, 1998.

LEHUN AL, CAVALCANTI LD, LIZAMA MDLAP, SILVA JOS, CASALI GP, TAKEMOTO RM. Temporal effects and changes in the parasitic community of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae) in a floodplain. Jornal de Helminthologia, v. 96, 2022.

LEHUN AL, et al. Checklist of parasites in fish from the upper Paraná River floodplain: An update. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária v. 29, p. 11, 2020.

LOCKE SA, DRAGO FB, NÚÑEZ V, SOUZA GTR, TAKEMOTO RM. Phylogenetic position of *Diplostomum* spp. from New World herons based on complete mitogenomes, rDNA operons, and DNA barcodes, including a new species with partially elucidated life cycle. Parasitol Res, v. 119, p. 2129–2137, 2020.

MACKENZIE K. Parasites as pollution indicators in marine ecosystems: a proposed early warning system. Marine Pollution Bulletin, v. 38, p. 955-959, 1999.

MARCOGLIESE DJ, CONE DK. Parasite communities as indicators of ecosystem stress. Parasitologia. v. 39, p. 227-232, 1997.

MORAVEC F. Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region. Academia, Praha, p. 464, 1998.

NEGREIROS LP, FLORENTINO AC, PEREIRA FB, TAVARES-DIAS M. Long-term temporal variation in the parasite community structure of metazoans of *Pimelodus blochii*



(Pimelodidae), a catfish from the Brazilian Amazon. *Parasitology Research*, v. 118, n. (12), p. 3337-3347, 2019.

NILSSON C, REIDY CA, DYNESIUS M, REVENGA C. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, v. 308, n. (5720), p. 405-408, 2005.

NOMURA H. *Dicionário de peixes do Brasil*. Editerra, Brasília, p. 482, 1984.

OKSANEN J, BLANCHET FG, FRIENDLY M, KINDT R, LEGENDRE P, MCGLINN D, MINCHIN PR, O'HARA RB, SIMPSON GL, SOLYMOS P, STEVENS MHH, SZOECS E, WAGNER H. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-4. Available in: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>, 2016.

OTA RR, DEPRÁ GDC, GRAÇA WJD, PAVANELLI CS. Peixes da planície do rio Paraná e áreas de inundação do alto rio Paraná e adjacentes: revisado, anotado atualizado. *Ictiologia Neotropical*, v. 16, 2018.

OVERSTREET RM. *Parasitological Data as Monitors of Environmental Health*. Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology. 448, 1997.

PALM HW. Fish parasites as biological indicators in a changing world: can we monitor environmental impact and climate change? In: Mehlhorn H. (eds) *Progress in Parasitology*. *Parasitology Research Monographs*. Springer, Berlin, Heidelberg, v. 2, 2011.

PANTOJA WMDF, SILVA LVF, TAVARES-DIAS M. Are similar the parasite communities structure of *Trachelyopterus coriaceus* and *Trachelyopterus galeatus* (Siluriformes: Auchenipteridae) in the Amazon basin?. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 25, p. 46-53, 2016.

PAVANELLI GC, EIRAS JC & GUIDELLI GM. Nota sobre a histopatologia da parasitose de *Microrchis oligovitellum* Lunaschi, 1987 (Trematoda-Paramphistomidae) em *Parauchenipterus galeatus* (Linnaeus, 1766). *Revista UNIMAR*, v. 19, n. (2), p. 473-478, 1997.

PAVANELLI GC, MACHADO MH, TAKEMOTO RM, GUIDELLI GM, LIZAMA MAP. Helminth fauna of the fishes: diversity and ecological aspects. In: THOMAZ SM, AGOSTINHO AA, HAHN NS. *The Upper Paraná River and its Floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation*. Leiden: Backhuys Publishers, Brazil, p. 309-329, 2004.

PETSCH DK, BLOWES SA, MELO AS, CHASE JM. A synthesis of land use impacts on stream biodiversity across metrics and scales. *Ecology*. 2021.

PETSCH DK. Causes and consequences of biotic homogenization in freshwater ecosystems. *International Review of Hydrobiology*, v. 101, n. (3-4), p. 113–122, 2016.

PETTS GE. *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. Chichester: J. Wiley & Sons, p. 326, 1984.

POULIN, R, LEUNG TLF. Body size, trophic level, and the use of fish as transmission routes by parasites. *Oecologia*, v. 166, n. (3), p. 731-738, 2011.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2020.

RIBEIRO TS, LIZAMA MAP, TAKEMOTO RM. Diversidade de metazoários endoparasitos de *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) como indicador de alterações ambientais em um sistema aquático tropical. *Acta Parasita*. v. 59, p. 398-404, 2014.

ROBERTO MC, SANTANA NF, THOMAZ SM. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, p. 717–725, 2009.

SANTOS CP, BORGES JN, FERNANDES ES, PIZANI APCL. Nematoda. In: Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC. (Org.). *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Eduem, p. 333-352, 2013.

SANTOS MD, BRASIL-SATO MC. Parasitos metazoários de *Franciscodoras marmoratus* (Reinhardt, 1874), “serrudo” (Siluriformes: Doradidae) do rio São Francisco, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 13, n. (1), p. 18-22, 2004.

SCHOLZ T, CHAMBRIER A. Taxonomy and biology of proteocephalidean cestodes: current state and perspectives. *Helminthologia*, v. 40, n. (2), p. 65-77, 2003.

TAVERNARI FdeC, TAKEMOTO RM, GUIDELLI GM, et al. Parasites of *Auchenipterus osteomystax* (Osteichthyes, Auchenipteridae) from two different environments, Rosana’s reservoir and upper Paraná river floodplain, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.31, n. (1), p. 49-54, 2009.

THATCHER VE. Aquatic biodiversity in Latin America. Amazon fish parasites. Pensoft Publishers. Sofia, Bulgaria, v. 1, 2006.

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

TONELLA LH, FUGI R, VITORINO JR OB, SUZUKI HI, GOMES LC, AGOSTINHO AA. Importance of feeding strategies on the long-term success of fish invasions. *Hydrobiologia*, v. 817, p. 239-252, 2018.

VALIENTE-BANUET A, AIZEN MA, ALCÁNTARA JM, ARROYO J, COCUCCI A, GALETTI M, ... & ZAMORA R. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, 29(3), 299-307, 2015.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.

WU H, CHEN J, XU J, ZENG G, SANG L, LIU Q, YIN Z, DAI J, YIN D, LIANG J, YE S. Effects of dam construction on biodiversity: A review. *Journal of cleaner production*, v. 221, p. 480-489, 2019.

YAMADA PDOF, YAMADA FH, DA SILVA RJ, DOS ANJOS LA. Ecological implications of floods on the parasite communities of two freshwater catfishes in a Neotropical floodplain. *Acta Parasitologica*, v. 62 n. (2), p. 312-318, 2017.