



MONOGENÉTICOS PARASITOS DE *Prochilodus nigricans* (PROCHILODONTIDAE) DE AMBIENTE NATURAL E AMBIENTE DE CULTIVO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Ronaldo Alves Silva^{1,2*} , Ademar Guimarães de Souza Neto¹ , Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti²  & Lucena Rocha Virgilio¹ 

¹ Universidade Federal do Acre, Laboratório de gestão, Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Estrada do Canela Fina, Km 12, Gleba Formoso, Lote 245, Colônia São Francisco, CEP 69980-000, Cruzeiro do Sul, AC, Brasil.

² Universidade Federal do Acre, Laboratório de Medicina Tropical, BR 364, Km 04, Distrito Industrial, CEP 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil.

E-mails: silva7r7@gmail.com (*autor para correspondência); netoademar42@gmail.com; dionatas.meneguetti@ufac.br; lucena.virgilio@ufac.br

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a fauna parasitária de Monogenea em curimatã (*Prochilodus nigricans*) de ambiente natural e de cultivo. Os espécimes foram coletados no Rio Croa e em ambientes de piscicultura, no município de Cruzeiro do Sul, estado do Acre, Brasil. De março de 2022 a abril de 2023, foram capturados 80 espécimes de *P. nigricans*, 40 em ambiente natural e 40 em cultivo. As brânquias foram retiradas e foi feita triagem para coleta dos ectoparasitos monogenéticos. Setenta animais estavam parasitados por pelo menos uma espécie de Monogenea. No sistema de cultivo, foram encontradas maiores abundância e prevalência, enquanto que no ambiente natural, maior riqueza. Relatamos as seguintes espécies: *Anacanthoroides mizellei*, *Curvianchoratus* sp., *Tereancistrum curimba* e *Tereancistrum toksonum*. Este estudo amplia a compreensão sobre a distribuição geográfica destes parasitos, além de contribuir com informações sobre a influência do tipo de ambiente na ocorrência dessas espécies.

Palavras-chave: Parasitas de peixes; Monogenea; Piscicultura; Vida natural.

MONOGENEANS PARASITES OF *Prochilodus nigricans* (PROCHILODONTIDAE) FROM NATURAL AND CULTIVATED ENVIRONMENTS IN THE WESTERN AMAZON: The objective of this study was to evaluate the parasitic fauna of Monogenea in curimatã (*Prochilodus nigricans*) from natural and aquaculture environments. Specimens were collected from the Croa River and aquaculture facilities in the municipality of Cruzeiro do Sul, state of Acre, Brazil. From March 2022 to April 2023, 80 specimens of *P. nigricans* were captured, 40 from the natural environment and 40 from aquaculture. The gills were removed and screened for the collection of monogenean ectoparasites. Seventy fish were parasitized by at least one Monogenea species. In the aquaculture system, higher abundance and prevalence were observed, whereas in the natural environment, greater species richness was recorded. The following species were identified: *Anacanthoroides mizellei*, *Curvianchoratus* sp., *Tereancistrum curimba*, and *Tereancistrum toksonum*. This study expands knowledge on the geographical distribution of these parasites and provides insights into the influence of environmental type on the occurrence of these species.

Keywords: Fish parasites; Monogenea; Fish farming; Natural living.

Parasitos da classe Monogenea ou Monogenoidea Bychowsky, 1937, pertencem ao filo Platyhelminthes e apresentam ciclo de vida simples e direto (Whittington & Chisholm 2008). A maioria dos Monogenea são ectoparasitos que ocorrem nas brânquias e/ou superfície corporal de seus hospedeiros, com algumas poucas espécies parasitando bexigas urinária e natatória, estômago, cavidade visceral e glândula retal (Whittington & Chisholm 2008, Takemoto *et al.* 2013). Uma característica comum deste grupo de parasitos é a alta especificidade parasitária, relacionadas a espécies, gêneros ou famílias de seus hospedeiros (Whittington *et al.* 2000).

A espécie de peixe *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz, 1829 é comumente encontrada nas principais bacias da América do Sul (Amazônia Ocidental e Central) (Silva & Stewart 2017); apresenta hábito alimentar detritívoro e comportamento migratório, relacionado a dinâmica sazonal das cheias (Bayley *et al.* 2018). Esta é uma espécie de importância comercial e faz parte da alimentação das populações da Amazônia, devido ao seu potencial reprodutivo, crescimento e aspecto nutricional, sendo encontrada em ambientes naturais e em pisciculturas (Gonçalves & Batista 2008, Lopes & Freitas 2018, Silva *et al.* 2022).

A diversidade de Monogenea em peixes de rios e riachos quando comparada a piscicultura pode variar em abundância, riqueza e prevalência (Piña *et al.* 2017, Arévalo *et al.* 2018, Morey *et al.* 2023). As altas taxas de infestações por Monogenea são relatadas para ambientes de cultivo, levando em alguns casos à morte dos hospedeiros e perdas econômicas (Grano-Maldonado *et al.* 2018, Hoai 2020).

Variações nas características do hospedeiro (por exemplo, idade e sexo), bem como do ambiente em que estão inseridos (por exemplo, pH, temperatura e oxigênio dissolvido), podem influenciar diretamente na taxa de infecção destes parasitos (Pietrock & Marcogliese 2003, Whittington & Chisholm 2008, Takemoto *et al.* 2013). Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a fauna parasitária de Monogenea em *Prochilodus nigricans* em ambiente natural e de cultivo.

O estudo foi realizado em Cruzeiro do Sul, estado do Acre, Brasil, na região do Alto Juruá na Amazônia Ocidental. Foram selecionados três pontos em regiões de várzea denominados “Ambiente natural” ao longo do Rio Croa, um tributário do Rio Juruá.

Esta é uma região parcialmente florestada, utilizada para o ecoturismo, e apresenta áreas de agricultura e antropizadas ao longo da BR-364 (7°42'59,7"S e 72°32'03,0"O; 7°42'52,7"S e 72°31'60,0"O; 7°42'39,3"S e 72°32'00,3"O). Também foram feitas coletas em três tanques de piscicultura ao longo do Rio Croa, usados na criação de peixes para consumo e venda, denominados “Ambientes de cultivo” (7°44'16,6"S e 72°33'02,2"O; 7°44'16,1"S e 72°33'05,2"O; 7°44'23,1"S e 72°33'03,0"O). Os tanques foram construídos utilizando a água deste rio, que é usada para a manutenção desses locais (Figura 1).

Os peixes foram capturados (Licença - SISBIO 59642-2/2019) de março de 2022 a abril de 2023 durante o período de cheia. Foram realizadas coletas utilizando-se oito redes de espera com 40 m de comprimento e 2,24 m de altura, distribuídas em malhas de 1,5 cm, 2,5 cm, 3,5 cm e 5,5 cm entre nós opostos. As redes foram instaladas no início da tarde, permanecendo expostas durante 24 horas, com despescas realizadas a cada 4 horas.

Os peixes capturados foram identificados conforme Silvano *et al.* (2001), Queiroz *et al.* (2013) e Jézéquel *et al.* (2020), medidos, pesados e necropsiados. Alguns indivíduos, após a biometria, foram fixados em formol a 10% e levados para o laboratório, onde foram depositados no Núcleo de Ictiologia do Vale do Alto Juruá (NIVAJ).

No laboratório, os indivíduos de *P. nigricans* foram necropsiados e os órgãos internos e externos parasitados foram examinados com metodologia segundo Eiras *et al.* (2006). As brânquias foram isoladas inteiras e mergulhadas em frascos com água quente a 55 °C, submetidas a agitações em intervalos regulares; após aproximadamente 30 minutos, o frasco foi completado com formol a 10%. Em seguida, a solução foi colocada em placa de Petri pequena e os monogenéticos presentes foram quantificados e fixados em formol a 5%, sendo alguns exemplares montados em meio de Hoyer para identificação (Eiras *et al.* 2006, Jerônimo *et al.* 2011).

Os índices parasitários, como prevalência, abundância média e intensidade média, foram calculados para cada espécie de acordo com Bush *et al.* (1997). A estimativa dos intervalos de confiança (95%) para a prevalência foi realizada utilizando o método de Sterne. Já para a intensidade e a abundância médias, aplicou-se o método Bootstrap Bca com 2.000 replicações. As análises estatísticas foram conduzidas no software R (versão 4.4.3),

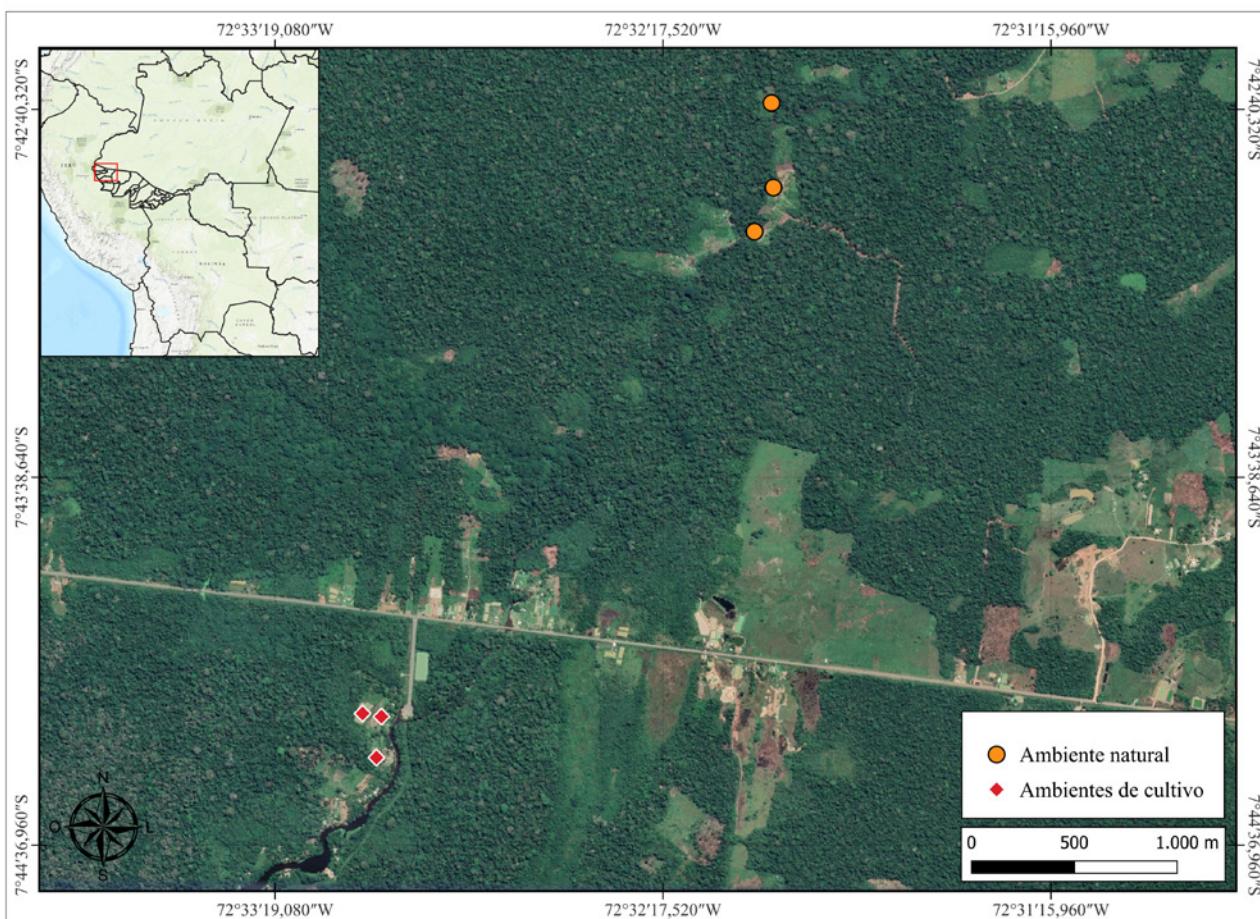


Figura 1. Áreas de amostragem de parasitos de peixes no Vale do Juruá, Amazônia Ocidental.

Figure 1. Fish parasite sampling areas in the Juruá Valley, Western Amazon.

utilizando scripts desenvolvidos especificamente para este estudo, com base em Brown *et al.* (2001) e Dean & Pagano (2015).

Para avaliar diferenças na prevalência (%), abundância média e intensidade média de Monogenea em ', foram utilizados testes não paramétricos devido à natureza dos dados (distribuição não normal e amostras independentes). Para a comparação entre espécies de Monogenea nos peixes de cultivo, aplicou-se o teste de Mann-Whitney *U*, enquanto para comparações entre espécies no ambiente natural, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. As comparações foram realizadas separadamente para cada métrica parasitológica, adotando-se um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Adicionalmente, as variáveis de diversidade (riqueza e equabilidade de Pielou), abundância total e dominância (índice de Berger-Parker) de Monogenea em *Prochilodus nigricans* foram comparadas entre

os ambientes natural e de cultivo. Após a aplicação dos testes de Levene e Shapiro-Wilk, que indicaram ausência de homocedasticidade e de normalidade nos dados, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Mann-Whitney para verificar diferenças entre os grupos (ambientes). Esperava-se que o ambiente natural apresentasse maior riqueza e diversidade de espécies de monogenéticos, enquanto o ambiente de cultivo demonstrasse maior abundância e dominância desses ectoparasitos (Thoney & Hargis 1991, Buchmann 2002, Buchmann & Bresciani 2006, Pavanello *et al.* 2008).

Foram coletados 80 espécimes de *P. nigricans*, sendo 40 indivíduos no sistema de cultivo e 40 indivíduos no ambiente natural. Os peixes apresentaram peso médio de $73,1 \pm 2,5$ g e comprimento médio de $15,7 \pm 3,6$ cm nos dois ambientes. Em ambiente natural, 75% dos peixes estavam infectados por pelo menos uma espécie de Monogenea, totalizando 40 espécimes, enquanto,

no ambiente de cultivo, 100% estavam parasitados, totalizando 423 espécimes coletados.

Neste estudo, as espécies *Tereancistrum curimba* Lizama, Takemoto & Pavanelli, 2004, *Tereancistrum toksonum* Lizama, Takemoto & Pavanelli, 2004, foram encontradas no ambiente natural e artificial (Tabela 1). As espécies *Anacanthoroides mizellei* Kritsky & Thatcher, 1976 *Curvianchoratus* sp. e *Monogenea indet.* foram encontradas somente em ambiente natural (Tabela 1).

Em sistema de cultivo, a espécie *T. curimba* apresentou maior prevalência (Mann-Whitney, $U = 0,1$; $p = 0,01$), intensidade média (Mann-Whitney, $U = 0,1$; $p = 0,03$) e abundância média (Mann-Whitney, $U = 0,2$; $p = 0,04$) do que outras espécies, ocorrendo em 97,5% dos peixes analisados, enquanto *T. toksonum* apresentou baixa prevalência.

No ambiente natural, não houve diferença significativa na prevalência (Kruskal-Wallis, $H = 2,31$; $gl = 4$; $p = 0,121$), intensidade média ($H = 0,088$; $gl = 4$; $p = 0,23$) e abundância média ($H = 0,41$; $gl = 4$; $p = 0,51$) de monogenéticos, apesar de *T. curimba*, *T. toksonum* e *A. mizellei* apresentarem valores ligeiramente mais elevados em comparação com as demais espécies.

Além disso, observou-se diferença significativa na abundância de Monogenea entre os ambientes de cultivo e natural (Mann-Whitney, $z = 7,48$; $p < 0,0001$) (Tabela 2). No ambiente natural, observou-se maior riqueza e equabilidade de espécies de Monogenea (Tabela 2). Por outro lado, no ambiente de cultivo, a abundância e a dominância de espécies foram mais elevadas (Tabela 2), sendo *Tereancistrum curimba* a espécie mais abundante em relação a *T. toksonum*.

O presente trabalho evidenciou que em ambientes naturais, como o Rio Croa, houve maior riqueza de espécies e menor abundância de monogenéticos nos peixes avaliados em relação aos ambientes de cultivo. As espécies de monogenéticos apresentaram distribuição equitativa nos ambientes naturais e maior dominância nos ambientes de cultivo. Estudos realizados em pisciculturas evidenciaram maior abundância e dominância de espécies de monogenéticos, no qual esses ambientes considerados eutrofizados podem contribuir para a proliferação de algumas espécies de Monogenea (Neves et al. 2020, Gilbert & Avenant-Oldewage 2021). Estudos que compararam ambientes antropizados com os mais conservados indicaram, também, uma maior riqueza de parasitos nos ambientes

Tabela 1. Índices parasitários de monogenéticos em *P. nigricans* de ambiente natural e áreas de cultivo na Amazônia Ocidental, estado do Acre, Brasil: (PP) Peixe parasitado (N=40 indivíduos analisados); P(%) Prevalência com intervalo de confiança de 95% (IC 95%); (IM) Intensidade média e (AM) Abundância média, ambas com IC 95%; (NTP) Número total de parasitos (e número mínimo e máximo de parasitos por hospedeiro), entre março de 2022 e abril de 2023.

Table 1. Parasitological indices of monogeneans in *P. nigricans* from natural environment and fish farming areas in the Western Amazon, state of Acre, Brazil: (PF) Parasitized fish (N=40 analysed fishes); P(%) Prevalence with 95% confidence interval (95% CI); (IM) Mean intensity and (AM) Mean abundance, both with 95% CI; (TNP) Total number of parasites (and minimum and maximum number of parasites per host), between March 2022 and April 2023.

Parasitos	PP	P(%) IC95%	IM (IC95%)	AM (IC95%)	NTP (min-max)
Ambiente natural					
<i>Anacanthoroides mizellei</i>	5	12,5 (0,24–0,74)	2,2 (0,22–0,35)	0,3 (0,02–0,04)	11 (1–5)
<i>Curvianchoratus</i> sp.	2	5 (0,03–0,06)	1 (0,50–0,50)	0,1 (0,25–0,25)	2 (1–1)
<i>Monogenea indet.</i>	2	5 (0,03–0,06)	2 (0,50–1,5)	0,1 (0,02–0,07)	4 (1–3)
<i>Tereancistrum curimba</i>	7	17,5 (0,08–0,19)	2,6 (0,21–0,50)	0,5 (0,05–0,10)	18 (3–10)
<i>Tereancistrum toksonum</i>	5	12,5 (0,20–0,29)	1 (0,20–0,31)	0,1 (0,02–0,03)	5 (2–3)
Sistema de cultivo					
<i>Tereancistrum curimba</i>	39	97,5 (0,91–0,96)	10,3 (0,84–1,88)	10,3 (0,81–1,83)	400 (28–100)
<i>Tereancistrum toksonum</i>	5	12,5 (0,07–0,60)	4,6 (0,60–1,00)	0,6 (0,07–0,12)	23 (3–12)

Tabela 2. Parâmetros da comunidade de Monogenea em *P. nigricans* de ambiente natural e sistema de cultivo, Amazônia Ocidental, estado do Acre, Brasil, entre março de 2022 e abril de 2023.

Table 2. *Monogenea community parameters in P. nigricans from natural environment and cultivation system, Western Amazon, state of Acre, Brazil, between March 2022 and April 2023.*

Parâmetros	Ambiente natural	Sistema de cultivo	Mann-Whitney (z)	p
Riqueza de espécies (S)	5	2	5,4	0,002
Abundância (N)	40	423	7,48	0,0001
Equabilidade de Pielou	0,84	0,30	3,54	0,001
Dominância Berger-Parker	0,45	0,94	4,7	0,001

preservados, além de evidenciarem, nos ambientes com interferência humana, uma elevada abundância de organismos mais oportunistas (Nachev & Sures 2009, Lacerda *et al.* 2018).

A maior abundância e baixa riqueza de monogenéticos no ambiente de cultivo pode estar relacionado à temperatura, densidade e aportes de nutrientes na água, que pode favorecer a produção de ovos de algumas espécies de Monogenea oportunistas (Gilbert & Avenant-Olde wage 2021, Jerônimo *et al.* 2022). Por exemplo, espécies como *T. curimba* e *T. toksonum* podem apresentar características oportunistas, pois foram observadas em elevada abundância e prevalência nos ambientes de pisciculturas e naturais (Piña *et al.* 2017). Segundo Brazenor *et al.* (2020), esses ectoparasitos desenvolvem uma flexibilidade reprodutiva e metabólica substancial para maximizar o sucesso da infecção em condições ambientais variáveis. Esses fatores podem justificar a maior infestação de espécies de *Tereancistrum* em *P. nigricans* no sistema de cultivo do presente estudo.

Porém, o presente estudo indicou ocorrência de algumas espécies de monogenéticos apenas em sistemas naturais, como *Anacanthoroides mizellei* e *Curvianchoratus* sp., o que pode sugerir que essas espécies não toleram mudanças de alguns fatores ambientais, podendo ser importantes indicadores de ambientes conservados. Até o momento, existem poucos registros de *A. mizellei* e *Curvianchoratus* sp. na literatura; essas espécies são consideradas específicas de espécies do gênero *Prochilodus*, e foram reportadas ocorrendo exclusivamente em ambientes naturais, com baixo número de indivíduos

parasitando seus hospedeiros (Monteiro & Brasil-Sato 2014, Silva *et al.* 2023). Segundo Jerônimo *et al.* 2022, algumas espécies de ectoparasitos podem ser diretamente impactadas pelas mudanças na qualidade da água, o que pode ser verificado em um estudo de Gonzales *et al.* 2019, que demonstrou que a infecção por monogenéticos em ambientes de cultivo foi influenciada por parâmetros físicos e químicos.

Estudos comparando a fauna de monogenéticos em ambientes lênticos naturais e artificiais são escassos. No entanto, Tavares-Dias *et al.* (2022) compilou uma série de dados a respeito de monogenéticos em peixes, na qual evidenciou que amostras de peixes de ambientes naturais analisados indicaram elevada prevalência de monogenéticos, porém com baixa abundância e intensidade, em contraste com peixes de sistemas de cultivo, que apresentaram elevada abundância e intensidade de algumas espécies de Monogenea; corroborando assim com os resultados do presente estudo, esses achados são importantes, pois uma elevada abundância de monogenéticos em ambientes de aquicultura pode gerar impactos negativos, pois se torna prejudicial à saúde de seus hospedeiros, causando epizootias graves (Grano-Maldonado *et al.* 2018; Hoai, 2020). Em contraste com os monogenéticos encontrados em peixes de ambientes naturais, que geralmente causam poucos efeitos detectáveis na saúde dos hospedeiros (Tavares-Dias *et al.* 2022), os parasitos de sistemas de cultivo podem ter impactos mais graves e visíveis.

Assim, este estudo amplia a compreensão sobre a distribuição geográfica das espécies de parasitos

associadas à *P. nigricans*, contribuindo para o preenchimento das lacunas no conhecimento da biodiversidade desses organismos em diferentes hospedeiros e ambientes. O estudo também contribui com a discussão relacionada à influência do tipo de ambiente na ocorrência de espécies de monogenéticos, trazendo informações importantes para direcionamento de estudos futuros, levando em consideração análises da relação das variáveis ambientais desses ambientes na ocorrência de espécies de monogenéticos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Henrique Paulo Melo pela confecção do mapa da área de estudo. Este trabalho contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta (UFAC) e do Núcleo de Ictiologia do Vale do Alto Juruá (NIVAJ).

REFERÊNCIAS

- Arévalo, E. G., Morey, G. A. M., & Malta, J. C. de O. 2018. Parasitic fauna of *Prochilodus nigricans* (Prochilodontidae) from Brazilian Amazon floodplain lakes. *Biota Amazônia*, 8(1), 19–21. DOI: 10.18561/2179-5746/biotamazonia.v8n1p19-21
- Bayley, P. B., Castello, L., Batista, V. S., & Fabré, N. N. 2018. Response of *Prochilodus nigricans* to flood pulse variation in the central Amazon. *Royal Society Open Science*, 5(6), 172232. DOI: 10.1098/rsos.172232
- Brazenor, A. K., Francis, D. S., Conlan, J. A., Carton, A. G., & Hutson, K. S. 2020. Temperature alters reproduction and maternal provisioning in a fish ectoparasite. *International Journal for Parasitology*, 50(10–11), 839–849. DOI: 10.1016/j.ijpara.2020.03.017
- Brown, L. D., Cai, T. T., & DasGupta, A. 2001. Interval Estimation for a Binomial Proportion. *Statistical Science*, 16(2), 101–133. DOI: 10.1214/ss/1009213286
- Buchmann, K. 2002. Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. *International Journal for Parasitology*, 32(3), 309–319. DOI: 10.1016/S0020-7519(01)00332-0
- Buchmann, K., & Bresciani, J. 2006. Monogenea (Phylum Platyhelminthes). In: P. T. K. Woo (Ed.), *Fish diseases and disorders. Volume 1: Protozoan and metazoan infections*. 2nd ed. pp. 297–344. Wallingford: CABI Publishing.
- Bush, A., Lafferty, K., Lotz, J., & Shostak, A. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *The Journal of Parasitology*, 83(4), 575–583.
- Dean, N., & Pagano, M. 2015. Evaluating Confidence Interval Methods for Binomial Proportions in Clustered Surveys. *Journal of Survey Statistics and Methodology*, 3(4), 484–503. DOI: 10.1093/jssam/smv024
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M., & Pavanelli, G. C. 2006. Monogenea. In: J. C. Eiras, R. M. Takemoto, & G. C. Pavanelli (Eds.), *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. 2nd ed. pp. 97–110. Maringá: Eduem.
- Gilbert, B. M., & Avenant-Oldewage, A. 2021. Monogeneans as bioindicators: A meta-analysis of effect size of contaminant exposure toward Monogenea (Platyhelminthes). *Ecological Indicators*, 130, 108062. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108062
- Gonçalves, C., & Batista, V. D. S. 2008. Avaliação do desembarque pesqueiro efetuado em Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 38(1), 135–144. DOI: 10.1590/S0044-59672008000100015
- Gonzales, A. P. P. F., Pizango, G., Fernández-Méndez, C., Matheus, P., & Tavares-Dias, M. 2019. Effects of water parameters in monogeneans of *Myleus schomburgkii* (Pisces: Serrasalmidae) farmed in the Peruvian Amazon. *Neotropical Helminthology*, 13(1), 55–63.
- Grano-Maldonado, M., Rodríguez-Santiago, M., García-Vargas, F., Nieves-Soto, M., & Soares, F. 2018. An emerging infection caused by *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968 (Monogenea: Gyrodactylidae) associated with massive mortality on farmed tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) on the Mexican Pacific coast. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(5), 961–968. DOI: 10.3856/vol46-issue5-fulltext-9
- Hoai, T. D. 2020. Reproductive strategies of parasitic flatworms (Platyhelminthes, Monogenea): the impact on parasite management in aquaculture. *Aquaculture International*, 28(1), 421–447. DOI: 10.1007/S10499-019-00471-6/TABLES/3
- Jerônimo, G. T., Martins, M. L., Ishikawa, M. M., Ventura, A. S., & Tavares-Dias, M. 2011. *Métodos*

- para coleta de parasitos de peixes. Circular Técnica Embrapa Macapá, 39(1), 1–6
- Jerônimo, G. T., Cruz, M. G., Bertaglia, E. de A., Furtado, W. E., & Martins, M. L. 2022. Fish parasites can reflect environmental quality in fish farms. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1558–1571. DOI: 10.1111/RAQ.12662
- Jézéquel, C., Tedesco, P. A., Bigorne, R., Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega, H., Hidalgo, M., ... Oberdorff, T. 2020. A database of freshwater fish species of the Amazon Basin. *Scientific Data*, 7(96). DOI: 10.1038/s41597-020-0436-4
- Lacerda, A. C. F., Roumbidakis, K., Bereta Junior, J. G. S., Nuñez, A. P. O., Petrucio, M. M., & Martins, M. L. 2018. Fish parasites as indicators of organic pollution in southern Brazil. *Journal of Helminthology*, 92(3), 322–331. DOI: 10.1017/S0022149X17000414
- Lopes, G. C. S., & Freitas, C. E. C. 2018. Avaliação da pesca comercial desembarcada em duas cidades localizadas no rio Solimões - Amazonas. *Biota Amazônia*, 8(4), 36–41. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n4p36-41
- Monteiro, C. M., & Brasil-Sato, M. C. 2014. A new species of *Anacanthoroides* and redescription of *Apedunculata discoidea* (Monogenoidea) parasitizing *Prochilodus argenteus* (Actinopterygii) from the São Francisco River, Brazil. *Zootaxa*, 3784(3), 259–256. DOI: 10.11646/zootaxa.3811.4.10
- Morey, G. A. M., Rojas, C. A. T., Chu, L. A. R., Arellano, H. S., & Figeroa, G. S. C. 2023. Species of Monogenoidea from fish species used in aquaculture in the Peruvian Amazonia. *Aquaculture*, 563, 738947. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738947
- Nachev, M., & Sures, B. 2009. The endohelminth fauna of barbel (*Barbus barbus*) correlates with water quality of the Danube River in Bulgaria. *Parasitology*, 136(5), 545–552. DOI: 10.1017/S003118200900571X
- Neves, L. R., Negreiros, L. P., Silva, L. M. A., & Tavares-Dias, M. 2020. Diversity of monogenean parasites on gills of fishes from the Matapi River, in the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 29(4). DOI: 10.1590/s1984-296120200081
- Pavanelli, G. C., Eiras, J. C., & Takemoto, R. M. 2008. Doença de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 3rd ed. Maringá: Eduem: p. 311.
- Pietrock, M., & Marcogliese, D. J. 2003. Free-living endohelminth stages: at the mercy of environmental conditions. *Trends in Parasitology*, 19(7), 293–299. DOI: 10.1016/S1471-4922(03)00117-X
- Piña, L. H., Flores, A. P. P. G., Paima, E. G. P., & Morey, G. A. M. 2017. Monogeneos parásitos de *Prochilodus nigricans* (characiformes: prochilodontidae) provenientes del medio natural y de un estanque de cultivo en la Amazonía. *Folia Amazónica*, 26(2), 167–174. DOI: 10.24841/fa.v26i2.431
- Queiroz, L. J., Ohara, W. M., & Vari, R. P. 2013. Prochilodontidae. In: Peixes do Rio Madeira. Vol. 1, pp. 140–145. 1 ed. São Paulo: Dialetto Latin American Documentary.
- Silva, A., & Stewart, D. J. 2017. Reproduction, feeding and migration patterns of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, 15(3), e160171. DOI: 10.1590/1982-0224-20160171
- Silva, F. K. S., Cajado, R. A., Oliveira, L. S., Santos, Z., Santos, J. A., Silva, L. V. F., Sousa, R. G. C., & Zacardi, D. M. 2022. Early development of *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz 1829 (Characiformes: Prochilodontidae) in captivity. *Aquaculture Research*, 53(12), 4540–4555. DOI: 10.1111/are.15951
- Silva, R. A., Melo, H. P., Takemoto, R. M., Meneguetti, D. U. O., & Virgilio, L. R. 2023. Monogeneans of *Prochilodus nigricans* (Prochilodontidae) in the southwestern Amazon. *Acta Brasiliensis*, 7(3), 85. DOI: 10.22571/2526-4338656
- Silvano, R. A. M., Oyakawa, O., Amaral, B., & Begossi, A. 2001. Prochilodontidae. In: Peixes do alto Rio Juruá (Amazonas, Brasil). pp. 125–127. São Paulo: Edusp.
- Takemoto, R. M., Luque, J. L., Bellay, S., Longhini, C. E., & Graça, R. J. da. 2013. Monogenea. In: *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Vol. 1, pp. 273–299. Maringá: Eduem.
- Tavares-Dias, M., Silva, L. M. A., & Oliveira, M. S. B. 2022. Geographic range, distribution patterns and interactions of Monogenea Van Beneden 1858, with species of native host freshwater fishes from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 31(3), 1–16. DOI: 10.1590/S1984-296120220048
- Thoney, D. A., & Hargis, W. J. 1991. Monogenea (platyhelminthes) as hazards for fish in confinement. *Annual Review of Fish Diseases*,

- 1, 133–153. DOI: 10.1016/0959-8030(91)90027-H
Whittington, I. D., & Chisholm, L. A. 2008. Diseases caused by Monogenea. In: P. T. K. Woo (Ed.), *Fish diseases*. Vol. 2, pp. 697–737. Boca Raton: CRC Press.
Whittington, I. D., Cribb, B. W., Hamwood, T. E., & Halliday, J. A. 2000. Host-specificity of monogenean (platyhelminth) parasites: a role for anterior adhesive areas? International Journal for Parasitology, 30(3), 305–320. DOI: 10.1016/S0020-7519(00)00006-0

Submitted: 26 January 2024

Accepted: 05 September 2025

Published online: 02 October 2025

Associate Editor: Dra. Natalie Olifiers