

O que se sabe sobre interação parasitária no *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na Bacia do Baixo Rio Grande

What is known about parasitic interaction in *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the Lower Rio Grande Basin

Qué se sabe de la interacción parasitaria em *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la cuenca baja del rio Grade

Recebido: 11/05/2022 | Revisado: 19/05/2022 | Aceito: 27/05/2022 | Publicado: 03/06/2022

Paulo Ricardo da Silva Camargo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2089-4905>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: ricarduber@hotmail.com

Ronielson Gaia da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6507-747X>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: ronielsongaia@hotmail.com

Newton Pimentel Ulhôa Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5040-9566>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: newtonulhoa@gmail.com

Antônio Valadão Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0225-5157>
Universidade Estadual Minas Gerais, Brasil
E-mail: avcardoso2007@gmail.com

Paulo Santos Assis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-4162>
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
E-mail: assis@ufop.edu.br

Afonso Pelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8279-2221>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: afonso.pelli@uftm.edu.br

Resumo

O *Limnoperna fortunei* é um bivalve exótico invasor com alta capacidade reprodutiva e distribuição geográfica. Mesmo após, três décadas de sua introdução em águas sul-americanas, conhecimentos sobre interações ecológicas como parasito/hospedeiro para a espécie ainda são escassas na literatura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar a presença de potenciais parasitos no mexilhão dourado na Bacia do Baixo Rio Grande. A inspeção parasitária se deu por duas etapas, a primeira ocorreu por meio de dissecação de 1.000 exemplares de *L. fortunei* oriundos de quatro trechos do Rio Grande, onde inspecionou-se as demibrânquias interna e externa, o manto, gônadas e o pé. A segunda etapa, ocorreu por meio de fotoestimulação (1 lâmpada halógena 60W, 1 lâmpada fluorescente branca morna de 20 W e 1 lâmpada fluorescente branca fria de 20 W) onde foram expostos 100 moluscos, distribuídos em quatro espécies, *L. fortunei*, *C. fluminea*, *M. tuberculata* e um único representante nativo *P. Canaliculata*. Não houve registro de parasito no bivalve exótico *L. fortunei* dissecados e fotoestimulados. Sendo esses resultados estendidos para as outras duas espécies exóticas *C. fluminea*, *M. tuberculata*. O registro de cercárias foi observado apenas em um exemplar da espécie nativa *P. Canaliculata* tendo uma prevalência parasitária inferior a 1%. Diante desses resultados, pode-se inferir que: a ausência de parasito nos moluscos exóticos e presença em nativo, pode ser um indicativo de algum nível de relação com a hipótese de efeito de diluição. Esta parte da premissa que a pressão parasitária é diluída frente a uma diversidade de hospedeiros e a hipótese de libertação do inimigo na qual sugere que espécies exóticas deixam para trás os seus inimigos naturais.

Palavras-chave: Moluscos exóticos; Parasitismo; Comunidades aquáticas.

Abstract

Limnoperna fortunei is an invasive exotic bivalve with high reproductive capacity and geographic distribution. Even after three decades of its introduction in South American waters, knowledge about ecological interactions as parasite/host for the species is still scarce in the literature. Therefore, the aim of this study was to investigate the

presence of potential parasites in the golden mussel in the Lower Rio Grande Basin. The first step was the dissection of 1.000 *L. fortunei* from four stretches of the Rio Grande, where the internal and external demibranchs, mantle, gonads, and foot were inspected. The second stage, occurred by photostimulation (1 halogen lamp, 60W, 1 warm white fluorescent lamp 20 W and cool white fluorescent lamp 20 W) where 100 mollusks were exposed, distributed in four species, *L. fortunei*, *C. fluminea*, *M. tuberculata* and a single native representative *P. canaliculata*. No parasites were found in the exotic bivalve *L. fortunei* dissected and photostimulated. These results were extended to the other two exotic species *C. fluminea* and *M. tuberculata*. Only one specimen of the native species *P. canaliculata* showed a prevalence of cercaria of less than 1%. In view of these results, we can infer that the absence of parasites in the exotic mollusks and the presence in the native species may be an indication of some level of relationship with the dilution effect hypothesis. This is based on the premise that parasite pressure is diluted in the face of host diversity and the enemy release hypothesis which suggests that exotic species leave their natural enemies behind.

Keywords: Mollusks; Parasitism; Aquatic communities.

Resumen

Limnoperna fortunei es un bivalvo exótico invasor con una gran capacidad de reproducción y distribución geográfica. Incluso después de tres décadas de su introducción en aguas sudamericanas, el conocimiento sobre las interacciones ecológicas con una especie parásito/huésped es aún escaso en la literatura. Por ello, el objetivo de este estudio fue investigar la presencia de posibles parásitos en el mejillón dorado de la Cuenca del Bajo Río Grande. La primera etapa consistió en la selección de 1.000 ejemplares de *L. fortunei* de cuatro tramos del Río Grande, donde se inspeccionaron las demibranquias internas y externas, el manto, las gonodas y el pie. La segunda etapa se produce mediante fotoestimulación (1 lámpara halógena de 60 W, lámpara fluorescente blanco cálido de 20 W y 1 lámpara fluorescente blanco frío de 20 W) donde se expusieron 100 moluscos, distribuidos en cuatro especies, *L. fortunei*, *C. fluminea*, *M. tuberculata* y un único representante autóctono *P. canaliculata*. No se encontraron parásitos en el bivalvo exótico diseccionado y fotoestimulado *L. fortunei*. Estos resultados se extendieron a otras especies exóticas *C. fluminea* y *M. tuberculata*. Solo un ejemplar de la especie autóctona *P. canaliculata* mostró signos de cercaria, con una prevalencia del parásito inferior del 1%, de estos resultados se puede deducir que la ausencia de parásitos en moluscos exóticos y la presencia en nativos podría ser una indicación de algún nivel de relación con la hipótesis del efecto de dilución. Esto se basa en la premisa de que la presión de los parásitos se diluye ante la diversidad de huéspedes y en la hipótesis de la liberación de los enemigos, lo que sugiere que las especies exóticas dejan a sus enemigos naturales.

Palabras clave: Moluscos exóticos; Parasitismo; Comunidades acuáticas.

1. Introdução

O mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) como é dominado aqui no Brasil é um bivalve nativo das bacias hidrográficas chinesa, a espécie está distribuída por todo sudeste e leste da Ásia (Boltovskoy & Cataldo, 1999; Müller et al., 2014; Xu et al., 2014). Na América do Sul o mexilhão está presente na Argentina, Paraguai, Uruguai, Brasil e Bolívia (Pastorino et al., 1993, Darrigran & Pastorino, 2004; Mansur et al., 2012; Boltovskoy & Correa, 2015, Barbosa et al., 2016; CBEIH, 2022).

O mexilhão dourado é atualmente classificado como exótica invasora, ou seja, além de ser um organismo alóctone, o mesmo apresenta alta capacidade de distribuição geográfica (Camargo et al., 2022), sendo esses critérios fixados pela Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, CONABIO Resolução nº 5, 21 de outubro de 2009 (MMA, 2020). Nesse sentido, a sua presença pode acarretar impactos ambientais como modificação estrutural da comunidade macrobentônicas e impactos econômicos em hidrelétricas como a paralização das atividades para manutenção de equipamentos incrustados pelo mesmo (Frau et al., 2016; Linares et al., 2017; Duchini et al., 2018; Rebelo et al., 2018; IBAMA, 2020; Camargo et al., 2021).

Mesmo após, três décadas da introdução do *L. fortunei* em águas sul-americanas (Pastorino et al., 1993), os conhecimentos sobre interações ecológicas como parasito/hospedeiro são escassos na literatura. O parasitismo é uma das interações que determinam a distribuição e abundância dos organismos em uma escala temporal e espacial (Relyea & Ricklefs, 2021). A relação entre parasito e hospedeiro está associado aos processos coevolutivos, construído ao longo da história

evolutiva de ambos (Camargo et al., 2015). Nesse sentido, o parasitismo é um componente que atua na regulação populacional (Lively, 1987; Garnick & Margolis, 1990; Dargent et al., 2016).

A classe de parasito que é geralmente reportado em bivalve é a dos trematódeos, que completam o seu ciclo de vida em peixes, aves e em mamíferos (Mansur et al., 2012). Os trematódeos se instalam nas gônadas do bivalve hospedeiro, resultando na redução de sua fertilidade por meio de inibição de produção de gametas viáveis, e em alguns casos, afetam negativamente a taxa de crescimento do hospedeiro, acarretando as vezes até a morte do organismo parasitado (Müller et al., 2014; Yee-duarte et al., 2017; Brian & Aldridge, 2019; Brian & Aldridge, 2020).

Quando a introdução de bivalve ocorre durante a fase larval, a possibilidade de o organismo trazer consigo algum tipo de parasito para a nova área é pouco provável (Taskinen et al., 2021). Esse fato pode estar associado ao sucesso adaptativo do mexilhão na América do Sul (Darrigran & Pastorino, 1995). Além do mais, trabalhos com interação parasitária em moluscos exóticos ainda é escassa na literatura, diante disso, o objetivo do presente trabalho é investigar a presença de potenciais parasitos no mexilhão dourado no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande.

2. Metodologia

O estudo está dividido em duas metodologias, a primeira refere-se à inspeção anatômica dos mexilhões oriundos de quatro pontos (Ponto 1 a Ponto 4) no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande na Bacia do Baixo Rio Grande. O Ponto 1 está localizado nas coordenadas S 20°05'33"; W 48°06'18". O Ponto 2 está localizado nas coordenadas S 20°04'10"; W 48°17'09", ambos pontos pertencentes ao Município de Água Comprida-MG. O Ponto 3 está localizado nas coordenadas S 20°02'57"; W 48°13'12" e por fim o Ponto 4 está localizado nas coordenadas S 20°09'07"; W 48°19'78", ambos situados no Município de Miguelópolis-SP (Figura 1).

Figura 1. Área de estudo com os respectivos pontos amostrados (Ponto 1 a Ponto 4) destacado pelo marcador amarelo. Usina Hidrelétrica de Volta Grande apontado pelo marcador vermelho.



Fonte: Google Earth (2022).

A campanha amostral ocorreu no mês de dezembro de 2001 a janeiro de 2022. As rochas incrustadas de mexilhões são oriundas da região litorânea do reservatório, numa profundidade aproximada entre 30 e 70 cm. Essas rochas foram coletadas a mão e condicionadas em sacos plásticos com água do próprio ambiente e levadas ao laboratório de Ecologia &

Evolução Nico Nieser da Universidade Federal do Triângulo Mineiro/Uberaba. Em condições laboratoriais, as rochas foram lavadas e depositadas em aquários aerados com capacidade de 30 litros, com água desclorada. Os organismos foram alimentados com alga desidratada do gênero *Clorella* até o momento da dissecação.

Os bivalves foram desassociados das rochas numa bandeja de plástico e na sequência transferidos para um Becker com 500 ml de água. Em seguida com auxílio de um bisturi cirúrgico os organismos foram abertos. Para a abertura das valvas foram cortados os músculos adutores anteriores e posteriores. Dessa maneira, os organismos foram submetidos ao estereomicroscópio Bel Photonics com magnificação máxima de 100 X e inspecionados em busca de potenciais trematódeos parasitos de acordo com a metodologia de Baba e Urabe (2011) e Hayakawa, Urabe e Taniguchi (2019). As estruturas inspecionadas foram as demibrânquias interna e externa, o manto, gônadas e o pé.

A segunda metodologia adotada compreende a busca de potenciais parasitos no *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) e outras três espécies de moluscos aquáticos *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), e *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822). Foram amostrados um total de 100 moluscos, sendo 25 exemplares para cada espécie de interesse. Os organismos foram coletados com concha de mão, método dipping. Os moluscos foram acondicionados em sacos plásticos com água do próprio ambiente e transportados ao laboratório.

Em laboratório os moluscos foram identificados, por meio de parâmetros conquiológicos e morfológicos (Pereira et al., 2012). Em seguida as espécies foram individualizados em 25 recipientes plásticos com 10 ml de água desclorada e submetidos a fotoestimulação (1 lâmpada halógena 60W, 1 lâmpada fluorescente branca morna de 20 W e 1 lâmpada fluorescente branca fria de 20 W) por 2 horas para a eventual liberação de parasitos (Figura 2). Após 2 horas cada recipiente foi submetido ao estereomicroscópio Bel Photonics com magnificação máxima de 100 X para verificação de potenciais parasitos.

Figura 2. Fotoexposição à luz de *L. fortunei* para a liberação de potenciais parasitos.



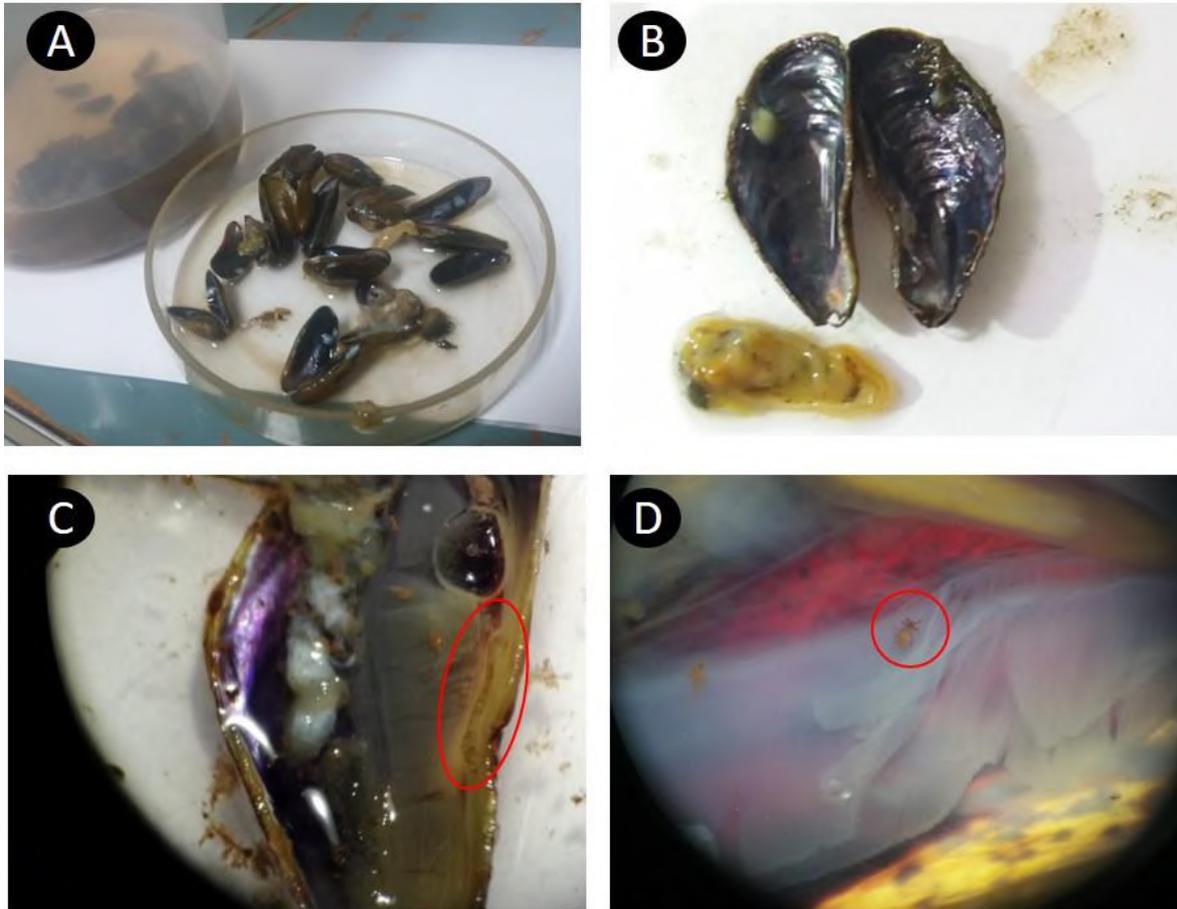
Fonte: Autores (2021).

3. Resultados

Mexilhões dissecados

Foram dissecados um total de 1.000 mexilhões, sendo 250 exemplares de cada ponto (Ponto 1 a 4). Os mexilhões apresentavam tamanho de 0,5 cm a 1,5 cm. Não foi visualizado nenhum parasito nas estruturas analisadas (demibrânquias interna e externa, o manto, gônadas e o pé). O que se encontrou nessa inspeção foram 2 larvas de Chironomidae na borda do manto (Figura 3-C) e 2 ácaros d'água da família Hydrachnidiae se locomovendo na demibrânquia interna (Figura 3-D). Além disso, foram registrados 8 microcrustáceos da Ordem Cladocera e um exemplar de *Physa acuta* Draparnaud, 1805 que transitavam por toda massa visceral.

Figura 3 - Inspeção parasitária no mexilhão. Organismos dissociados das rochas foram acondicionados em Becker e abertos na placa de petri (A). Massa visceral separa das valvas do organismo (B). Organismos encontrados dentro do mexilhão, Chironomidade (C) e Hydrachnidiae (D).



Fonte: Autores (2021).

Fotoestimulação

Não houve registro de parasito nos recipientes de *L. fortunei*, *C. fluminea* e *M. tuberculata*. Em contrapartida, foi evidenciado no recipiente da *P. canaliculata* cerca de 413 cercarias. Dos 25 recipientes analisados, apenas 1 continha esse montante (Figura 4).

As cercárias emergidas da *P. canaliculata* foram concentradas numa placa de petri onde foi adicionado corante (azul metileno 0,05%) de acordo com Ruiz (1952 a) e Frandsen e Christensen (1984). Para visualização com maior precisão das cercarias, uma alíquota contendo cercárias foi submetida ao estereomicroscópio e outra foi pepitada e montada em lâmina e lamínula. Estas foram submetidas ao microscópio óptico de luz. Para essa etapa, foram montadas seis lâminas, onde as cercárias foram fixadas em lugol. As demais foram acondicionadas em tubo falcon de 50 ml com formalina 10% e álcool 70%.

Figura 4. Cercárias encontradas após a fotoestimulação em *Pomacea canaliculata*.



Fonte: Autores (2021).

4. Discussão

Não foi evidenciado a presença de parasitos no *L. fortunei* dissecados e fotoestimulados. Esse resultado se repete para os moluscos *C. fluminea* e *M. tuberculata*. Foi evidenciado presença de cercaria apenas na espécie nativa *P. canaliculata*. Essa ausência de parasito nos moluscos estudados, podem estar atrelados a diluição dos parasitos na Bacia do Baixo Rio Grande. A hipótese de efeito de diluição de (Dilution Effects Hypothesis) parte da premissa que o aumento da diversidade de hospedeiros potenciais em um determinado habitat pode diminuir os níveis de parasitos por hospedeiro, ocorrendo assim uma diluição da pressão parasitária nas comunidades biológicas (Johnson et al., 2013; Civitello et al., 2015; Creed et al., 2022).

O efeito de diluição pode ser influenciado pela heterogeneidade ambiental, onde os parasitos tendem a ter uma maior probabilidade de encontrar hospedeiros não viáveis para a sua manutenção de vida, seja pela capacidade imunológica do hospedeiro ou até mesmo pela alta taxa de mortalidade do organismo parasitado (Civitello et al., 2015; Keesing et al., 2006; Ivanina et al., 2018).

Embora os pontos de coletas dos moluscos sejam mais pontuais, próximos da Usina Hidrelétrica de Volta Grande, vale destacar que a Bacia Hidrográfica do Rio Grande compreende uma área de drenagem de 143.437,79 km², margeando cerca de 325 municípios entre os estados de Minas Gerais e São Paulo (ARPA, 2022.) Diante disso, a Bacia Hidrográfica pode sustentar uma diversidade de hospedeiros, dando condições para que o efeito de diluição ocorra.

Outra possibilidade é a hipótese de libertação do inimigo (Enemy Release Hypothesis). Essa hipótese sugere que espécies exóticas invasoras podem deixar totalmente ou parcialmente em seus ambientes de origem os seus inimigos naturais (parasitos nativos), sofrendo assim, uma menor pressão parasitária quando comparado com as espécies nativas (Blakeslee; Fowler; Keogh, 2013). O registro de presença de cercárias em um exemplar de espécie nativa do continente sulamericano *P. canaliculata*, e ausência nas espécies exóticas, pode apresentar algum nível de relação com a hipótese de libertação do inimigo.

Na mesma linha de raciocínio, um trabalho realizado por Travina et al. (2019) com moluscos exóticos, mais especificamente o mexilhão-zebra, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), na Bacia do rio Dvina, no norte da Rússia, que na ocasião foram inspecionados cerca de 446 mexilhões, demonstrou uma prevalência de parasitos trematódeos da família Gorgoderidae inferior a 1%.

De acordo com estudo de Taskinen et al. (2021) realizado em oito corpos d'águas no Norte da Europa, demonstrou que as espécies invasoras de bivalves como *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1857), *D. polymorpha*, *C. fluminea* apresentaram uma menor taxa de parasitos quando comparadas com as espécies nativas como *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler, 1835), *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758), *Anodonta cygnea* (Linea, 1876), *Unio tumidus* Philipsson, 1788 e *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758).

No Japão, Hayakawa, Urabe e Taniguchi (2019) evidenciaram a presença de trematódeos parasitos da família Bucephalidae na massa visceral do *L. fortunei*. Nesse estudo foram inspecionados exatamente 200 mexilhões e a prevalência do parasito também foram inferiores a 1%. Essa baixa prevalência de parasitos em organismos exóticos pode ter ligação com a hipótese de libertação do inimigo.

Um fenômeno que pode fortalecer a hipótese de libertação do inimigo é o fato de quando espécies exóticas são introduzidas via água de lastro de navios com os organismos ainda na fase larval, esses tendem a apresentar menor número de parasito (Creed et al., 2022). Um exemplo disso é o crustáceo *Carcinus maena* (Linnaeus, 1758), vulgarmente conhecido como carangueijo verde europeu que apresentou menor taxa de parasitismo na região onde ele foi introduzido por via de água de lastro quando comparado com regiões onde a introdução ocorreu por outros meios. (Torchin et al., 2001; Torchin et al., 2002).

A introdução do *L. fortunei* e *C. fluminea* ocorreu nessas condições, via água de lastro (Pastorino et al., 1993; Boltovskoy & Cataldo, 1999; Castillo et al., 2007; Crespo et al., 2015). Dessa maneira, esse ocorrido pode estar associado ao sucesso adaptativo dessas espécies na América do Sul. Já o gastrópode exótico *M. tuberculata* foi introduzido por meio de atividades aquarista na forma adulta (Vaz et al., 1986a). Sabe-se que aqui no Brasil, o *M. tuberculata* é um hospedeiro intermediário de alguns de trematódeos como o *Philophthalmus gralli* Martis e Leger, 1910 e o *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Pinto & Melo, 2010a; Pinto & Melo, 2010b). Diante do exposto, os possíveis fatores aqui inferidos como o grau de infestação parasitária e as hipóteses de efeito de diluição de libertação do inimigo, são candidatos potenciais na interpretação dos resultados.

5. Considerações Finais

Em síntese, aparentemente a ausência de parasitos no *L. fortunei* propicia condições vantajosas nas relações interespecíficas, refletindo em seu sucesso ao adentrar novas regiões como vem ocorrendo nas últimas décadas. Com isso, ascende um sinal de alerta para a conservação da biota nativa. Diante disso, fica claro a necessidade de mais esforços no monitoramento, controle e prevenção desse invasor.

Cabe apontar que a metodologia de dissecação é mais adequada quando a infestação parasitária na massa visceral dos moluscos se encontra em nível elevado, a ponto de ser visualizado por meio do estereomicroscópio. Sendo assim, fase inicial de infecção ou de desenvolvimento de vida do próprio parasito, pode passar despercebido. A inspeção por meio de dissecação pode ser mais eficaz quando combinados com outros métodos como no caso da fotoestimulação. Para diminuir potenciais ruídos metodológicos, é sugerido utilizar adicionalmente a essas metodologias, outros métodos, como a análise histológicas, PCR e análise de DNA barcoding, análises na qual não estão presas apenas na verificação visual.

Agradecimentos

Agradecimento ao Instituto de Ciências Biológicas e Naturais da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Ao Projeto de P&D UFOP/ANEEL GT-604, pelo provimento de bolsa de mestrado. Ao Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas – CBEIH pelo incentivo e colaboração. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Referências

- Agência Regional De Proteção Ambiental da Bacia do Rio Grande-ARPA. (2022). <http://arpariogrande.org.br/bhrg/>.
- Baba, T., & Urabe, M. (2011). Examination methods for the bucephalids with use *Limnoperna fortunei* as the first intermediate host. *Yahagi River Research*, 15, 97-101.
- Barbosa, N. P. U., Silva, F. A., Oliveira, M. D., Neto, M. A. S., Carvalho, M. D., & Cardoso, A. V. (2016). *Check list the journal of Biodiversity data*, 12 (1).
- Blakeslee, A. M. H., Fowler, A. E., & Keogh, C. L. (2013). Marine Invasions and Parasite Escape: Updates and New Perspectives. In: Lesser, M. (ed.). *Advances in Marine Biology. Elsevier*, 87–169. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408096-6.00002-X>
- Boltovskoy, D., & Cataldo, D. (1999). Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusk, in the lower Paraná river (Argentina). *Biofouling*, 14, 255–263. <https://doi.org/10.1080/08927019909378417>
- Boltovskoy, D., & Correa, N. (2015). Ecosystem impacts of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* (golden mussel) in South America. *Hydrobiologia*, 746, 81–95. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1882-9>
- Brian, J. I., & Aldridge, D. C. (2019). Endosymbionts: An Overlooked Threat in the Conservation of Freshwater Mussels? *Biological Conservation*, 237, 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.037>
- Brian, J. I., & Aldridge, D. C. (2020). An Efficient Photograph-Based Quantitative Method for Assessing Castrating Trematode Parasites in Bivalve Molluscs. *Parasitology*, 147 (2). <https://doi.org/10.1017/S0031182D20001213>
- Camargo, A. A., Pedro, N. H. O., Pelegrini, L. S., Azevedo, R. K., Silva, R. J., & Abdallah, V. D. (2015) Parasites of *Acestrorhynchus lacustris* (Lutken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) collected from the Peixe River, southeast Brazil. *Acta Scientiarum*, 37 (2), 231-237. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v37i2.24303>
- Camargo, P. R. S.; Neves, N. M.; Anjos, Marília Ribeiro Dos; Barbosa, N. P. U.; Cardoso, A. V.; Assis, P. S.; Pelli, A. (2021). Pode o mexilhão dourado reproduzir em laboratório? CONJECTURAS, 21 (7), 1-16. DOI: 10.53660/CONJ-307-301. <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/307/237>
- Camargo, P. R. S.; Barreiros, L. F. G.; Barbosa, N. P. U.; Cardoso, A. V.; Assis, P. S.; Pelli, A. (2022) Golden mussel geographic distribution paradox: how can stream theories explain? *International Journal of Hydrology*, 6 (2), 73-77. 10.15406/ijh.2022.06.00304. <https://medcraveonline.com/IJH/IJH-06-00304.pdf>
- Castillo, A. R., Bortoluzzi, L.R., & Oliveira, E.V. (2007). Distribuição e densidade populacional de *Corbicula fluminea* (Mueller, 1744) do Arroio Imbaá, Rio Uruguai, Uruguaiana, Brasil. *Biodiversidade Pampeana*, 5, 25-29. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/iberoamericana/N%C3%83%C6%92%20https://www.scimagojr.com/index.php/biodiversidadepampeana/article/view/2607>
- Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas-CBEIH. <https://www.cbeih.org/>.
- Civitello, D.J., Cohen, J., Fatima, H., Halstead, N. T., Liriano, J., & McMahon, Otega, C. N., Sauer, E. L., Sehgal, T., Young, S., & Rohr, J. R. (2015). Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 8667-8671. <https://doi.org/10.1073/pnas.1506279112>
- Creed, R.P., Bailey, G.L., Skelton, J., & Brown, B. L. (2022). The dilution effect in a freshwater mutualism: Impacts of introduced host species on native symbionts. *River Research and Applications*, 1-9. <https://doi.org/10.1002/rra.3940>
- Crespo, D., Dolbeth, M., Leston, S., Sousa, R., & Pardal, M. A. (2015). Distribution of *Corbicula fluminea* in the invaded range: a geographic approach with notes on species traits variability. *Biological Invasions*, 17, 2087–2101. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0862-y>
- Pereira, D., Mansur, M. C. D., Pimpão, D. M. (2012) Identificação e diferenciação dos bivalves límnicos invasores dos demais bivalves nativos do Brasil. In: Mansur, M. C. D.; Nehrke, M. V.; Bergonci, P. E. A. (Eds.). *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes Editora. 75-94.
- Dargent, F., Rolshausen, G., Hendry, A. P., Scott, M. E., & Fussmann, G. F. (2016). Parting ways: parasite release in nature leads to sex-specific evolution of defence. *Journal of Evolutionary Biology*, 29, 23-34. <https://doi.org/10.1111/jeb.12758>
- Darrigran, G., & Pastorino, G. (2004). Distribution of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Family Mytilidae) after 10 years invading America. *Journal Conchology Special Publication*, 3, 95–102.
- Darrigran, G., & Pastorino, G. (1995). The recent introduction of Asiatic Bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *Veliger*, 38 (2), 183-187.
- Duchini, D., Boltovskoy, D., & Sylvester, F. (2018). The invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in South America: multiannual changes in its predation and effects on associated benthic invertebrates. *Hydrobiologia*, 817, 431-446. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3561-8>
- FRANDSEN, F., & CHRISTENSEN, N.O. (1984). An introductory guide to the identification of cercariae from African freshwater snails with special reference to cercariae of trematode species of medical and veterinary importance. *Acta Tropical*, 41, 181-202. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6206702/>
- Frau, D., Molina, F. R., & Mayora, G. (2016). Feeding selectivity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) on a natural phytoplankton assemblage: what really matters? *Limnology*, 17, 47-57. <https://doi.org/10.1007/s10201-015-0459-2>
- Garnick, E., & Margolis, L. (1990). Influence of four species of helminth parasites on orientation of seaward migrating sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 47 (12), 2380-2389. <https://doi.org/10.1139/f90-265>

- Hayakawa, K., M, Urabe, Y., & Taniguchi. (2019). New record of bucephalidae trematodes from the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in the Yahagi River. *Yahagi River Research*, 23, 29-30.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2020). Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil. Brasília, DF: IBAMA.
- Ivanina, A.V., Borah, B. M., Vogts, A., Malik, I., Wu, J., Chin, A. R., Almarza, A. J., Kumta, P., Piontkivska, H., Beniash, E., & Sokolova, I. (2018). Potential trade-offs between biomineralization and immunity revealed by shell properties and gene expression profiles of two closely related *Crassostrea* species. *Journal of Experimental Biology*, 221, 1-17. <https://doi.org/10.1242/jeb.183236>
- Johnson, P. T. J., Preston, D. L., Hoverman, J. T., & Richgels, K. L. (2013). Biodiversity decreases disease through predictable changes in hostcommunity competence. *Nature*, 494, 230-233. [10.1038/nature11883](https://doi.org/10.1038/nature11883)
- Keesing, F., Holt, R. D., & Ostfeld, R. S. (2006). Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters*, 9, 485–498. [10.1111/j.1461-0248.2006.00885.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00885.x)
- Linares, M.S., Callisto, M., & Marques, J.C. (2017). Invasive bivalves increase benthic communities complexity in neotropical reservoirs. *Ecological Indicators*, 75, 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.046>
- Lively, C. M. (1987). Evidence from a New Zealand snail for the maintenance of sex by parasitism. *Nature*, 328, 519-521. <https://doi.org/10.1038/328519a0>
- Mansur, M. C. D., Santos, C. P., Pereira, D., Paz, I. C. P., Zurita, M. L. L., Rodriguez, M. T. M. R., Nehrke, M., & Bergonci, P. *Molusco Límnico Invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.
- Ministério do Meio Ambiente. (2020). *Mexilhão-dourado (Limnoperna fortunei): Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento no Brasil*. Brasília: MMA. 159. Retrieved May 11, 2022, from <https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/8205-mexilhao-dourado-limnoperna-fortunei-plano-nacional-de-prevencao-controle-e-monitoramento-no-brasil>
- Müller, T., Czarnoleski, M., Labecka, A. M., Cichy, A., Zajac, K., & Dragosz-Kluska, D. (2014). Factors affecting trematode infection rates in freshwater mussels. *Hydrobiologia*, 742, 59-70. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1965-7>
- Pastorino, G., Darrigran, G. A., Martín, S. M., Lunaschi, L. (1993). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotropica*, 39 (34), 101–102.
- Pinto, H.A., & Melo, A.L. (2010a). *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 52 (4), 207-210. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652010000400008>
- Pinto, H. A., & Melo, A. L. (2010b). *Melanoides tuberculata* as Intermediate host of *Philophthalmus gralli* in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 52 (6), 323-327. [10.1590/S0036-46652010000600007](https://doi.org/10.1590/S0036-46652010000600007)
- Rebelo, M. F., Afonso, L. F., Americo, J. A., Silva, L. S., Neto, J. L. B., Dondero, F., & Zhang, Q. (2018). A sustainable synthetic biology approach for the control of the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*). *PeerJ Preprints*, 3, 1-7. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27164v3>
- Relyea, R., & Ricklefs, R. E. (2021). *A Economia da Natureza*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Ruiz, J. M. (1952a). Noções técnicas aplicadas à epidemiologia da Schistosomose. 1. Captura de moluscos. Pesquisa e reconhecimento de cercárias. *Anais da Faculdade de Farmácia e Odontologia da Universidade de São Paulo*, 10, 41-62.
- Taskinen, J., Urbanska, M., Ercoli, F., Andrzejewski, W., Ozgo, M. Deng, B., Deng, B., Choo, J. M., & Riccardi, N. (2021). Parasites in sympatric populations of native and invasive freshwater bivalves. *Hydrobiologia*, 848, 3167-3178. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04284-0>
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D., & Kuris, A. M. (2002). Parasite and marine invasions. *Parasitology*, 124 (7), 333-345. <https://doi.org/10.1017/S0031182002001506>
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D., & Kuris, A. M. (2001). Release from parasites as natural enemies: increased performance of a globally introduced marine crab. *Biological Invasions*, 3, 333-345. <https://doi.org/10.1023/A:1015855019360>
- Travina, O. V., Bespalaya, Y. V., Aksenova, O. V., Shevchenko, A. R., & Sokolova, S.E. (2019). Infection of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) with *Phyllodistomum macrocotyle* (Digenea: Gorgoderidae) in the Northern Dvina River Basin, Northern Russia. *Bihorean Biologist, Oradea, Romania*, 3 (1), 49-51. Retrieved May 11, 2022, from <http://biozoojournals.ro/bihbiol/>
- Vaz, J. F., Teles, H. M.S., Correa, M. A., & Leite, S. P. S. (1986a). Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanoides) tuberculata* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Platyhelminthes). *Revista de Saúde Pública*, 20 (4), 318-322. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101986000400008>
- Xu, M., Darrigran, G., Wang, Z., Zhao, N., & Lin, C. C. (2014). Experimental study on control of *Limnoperna fortunei* biofouling in water transfer tunnels. *Journal of Hydro-environment Research*, 20, 1-11 <https://doi.org/10.1016/j.jher.2014.06.006>
- Yee-Duarte, J. A., Ceballos-Vázquez, B. P., Shumilin, E., Kidd, K. A., & Arellano-Martínez, M. (2017). Parasitic Castration of Chocolate Clam *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) Caused by Trematode Larvae. *Journal of Shellfish Research*, 36 (3), 593-599. <https://doi.org/10.2983/035.036.0307>