

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO BIOINVASOR *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE BIOINVADER Limnoperna fortunei (Dunker, 1857)

Daniilo Henrique Monteiro Marangoni, Paulo Santos Assis, Afonso Pelli

Instituto de Ciências Biológicas e Naturais. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Av. Frei Paulino, 30. Uberaba/MG. CEP 38025-180
afonso.pelli@uftm.edu.br

RESUMO

A bioinvasão de moluscos exóticos vem se configurando em um problema não somente aos ecossistemas naturais, mas também às diversas atividades humanas em sistemas industriais e produtivos. Pensado nesse cenário o presente artigo tem como objetivo realizar revisão sobre *Limnoperna fortunei* para avaliar o impacto da bioinvasão do molusco no Brasil. Para realizar a avaliação do mexilhão dourado, foi realizado um amplo levantamento de publicações nas bases de dados, na categoria artigos científicos até 2023. O mexilhão Dourado é considerado “engenheiro de ecossistemas” pois altera o ambiente, mudando grande parte da estrutura física deste. Como consequência, muitas vezes têm efeitos sobre outros organismos e, conseqüentemente nos processos e serviços ecossistêmicos. Aglomeram-se nas aberturas das conchas de moluscos nativos dificultando suas atividades básicas, como obtenção de alimento. Em vários casos promove a extinção local de espécies reduzindo a biodiversidade local. O mexilhão vive em aglomerados, com forte comportamento gregário. Seus hábitos podem ocasionar corrosão e obstrução de superfícies e tubulações, promovendo, dessa forma impactos econômicos, sociais e ambientais, inclusive em plantas industriais, que utilizam água *in natura*.

PALAVRAS-CHAVE: Mexilhão Dourado, Impactos Ambientais, Biodiversidade, integridade biótica, estresse ambiental

ABSTRACT

The bioinvasion of exotic molluscs has become a problem not only for natural ecosystems, but also for various human activities in industrial and productive systems. With this scenario in mind, this article aims to carry out a review on *Limnoperna fortunei* to assess the impact of the mollusk bioinvasion in Brazil. To carry out the evaluation of the golden mussel, a broad survey of publications was carried out in the databases, in the scientific articles category until 2023. The golden mussel is considered an “ecosystem engineer” because it changes the environment, changing much of its physical structure. As a consequence, they often have effects on other organisms and, consequently, on ecosystem processes and services. They cluster in the openings of the shells of native molluscs, making their basic activities

difficult, such as obtaining food. In several cases it promotes the local extinction of species by reducing local biodiversity. The mussel lives in clusters, with strong gregarious behavior. Their habits can cause corrosion and obstruction of surfaces and pipes, thus promoting economic, social and environmental impacts, including industrial plants that use fresh water.

KEYWORDS: Golden Mussel, Environmental Impacts, Biodiversity, biotic integrity, environmental stress

INTRODUÇÃO

Com o aumento intensivo do comércio internacional, as mudanças globais induzidas pelo homem proporcionaram o aumento da invasão biológica, trazendo impactos estruturais e funcionais inerentes aos ambientes naturais⁽¹⁾.

Existem discussões sobre uma definição exata de espécies invasoras. Alguns autores adotam o conceito de espécies invasoras como aquelas adquirem vantagem competitiva sobre outros, sem obstáculos naturais que impeçam sua proliferação, podendo se dispersar e estabelecer facilmente em novos ambientes⁽²⁾.

A bioinvasão de moluscos vem se configurando em um problema não somente aos ecossistemas naturais, mas também às diversas atividades humanas em sistemas industriais e produtivos. Dentre os processos que diminuem a biodiversidade, pode-se destacar a exclusão competitiva de espécies nativas; a predação de espécies naturais e a alteração na estrutura das cadeias tróficas⁽¹⁾.

Exemplo comum é o movimento de espécies promovido por descargas inconsequente de água de lastro, que é considerado responsável pela inserção de *L. fortunei* na América do Sul^(3,4). A espécie, originária de rios e córregos da China e Sudeste Asiático, foi identificada pela primeira vez em 1991 ao longo das margens do Rio da Prata na Argentina^(5,1).

A entrada do mexilhão dourado em águas brasileiras aconteceu de duas diferentes localidades e por meio de duas vias distintas⁽⁶⁾. A primeira no rio Paraguai, próximo a cidade de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul, por volta de 1998 por meio da migração da população que chegou ao rio da Prata pelo intenso tráfego de navios do sistema hidroviário Paraná/Paraguai⁽⁷⁾.

A segunda no lago Guaíba, estado do Rio Grande do Sul, por meio da água de lastro de navios que aportaram nas áreas interiores deste sistema, através da Lagoa dos Patos, sendo esta independente da anterior, uma vez que não há conexão direta entre a bacia do rio Paraná e a Lagoa dos Patos^(8,9).

O mexilhão-dourado colonizou diferentes ambientes aquáticos na América do Sul como córregos, rios, represas, lagos, lagoas costeiras, lagoas em cenários de baixa salinidade, e deltas de rios⁽¹⁰⁾.

Décadas após o primeiro registro, esse bivalve invasor passou a dominar a fauna bentônica de quase todo o baixo Paraná, atingindo densidades superiores a 200.000 indivíduos/m²^(11,12). O mexilhão dourado tem sido caracterizado como um poderoso “engenheiro de ecossistemas” devido à sua atividade filtrante e papel significativo na reciclagem de nutrientes⁽¹³⁾. Pensado nesse cenário o presente artigo tem como objetivo realizar a revisão bibliográfica sobre *Limnoperna fortunei* para avaliar o impacto da bioinvasão do molusco no Brasil.

METODOLOGIA

Foi realizado amplo levantamento de novas publicações nas bases de dados, na categoria artigos científicos, publicados até 2023 pelo Portal da CAPES, Scielo e Google Acadêmico que tenham os termos “*Limnoperna fortunei* AND Brazil” ou “*Limnoperna fortunei* AND Brasil” como termos de buscas.

Foram selecionados para o desenvolvimento da pesquisa as comunicações científicas como artigos científicos, capítulos de livros, teses e dissertações que demonstrassem uma alternativa de controle de *L. fortunei*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mexilhão dourado é um bivalve pequeno (entre 2 e 3 cm) de coloração amarelada de onde deriva seu nome “dourado”, tem formato triangular com base alongada, a margem anterior é arredondada e baixa com umbos (protuberância dorsal em cada valva). A forma da concha lembra mexilhões marinhos de diferentes tamanhos e, embora tenha aparência lisa, possui linhas suaves de crescimento que

acompanham as bordas, adaptado preferencialmente a ambientes lóticos e bem oxigenados⁽¹⁴⁾.

Morfologicamente, o corpo do mexilhão é revestido pelo manto e vários músculos. Na parte interna do manto existe uma massa visceral que abrange os músculos e órgãos responsáveis pela circulação, reprodução, digestão e filtração. Possuem brânquias que funcionam como órgão de captação e seleção de alimentos, além das trocas gasosas, que é a sua função principal⁽¹⁴⁾.

Limnoperna fortunei é uma espécie adaptada a uma vasta gama de ambientes aquáticos, até mesmo águas salobras e marinhas. Características essenciais que o tornam um invasor de sucesso é o ciclo de vida curto, alta fecundidade, crescimento rápido e uma ampla tolerância fisiológica a vários fatores abióticos como temperatura e poluição que limitam outros invertebrados aquáticos. A flexibilidade alimentar também é uma característica importante para garantir o sucesso da espécie⁽¹⁾.

O mexilhão dourado é um organismo que se alimenta por meio de filtração da água, possuindo uma dieta de partículas heterogêneas e diluídas, essa espécie filtra a água para retirar o fitoplâncton⁽¹⁵⁾.

São organismos que reproduzem com apenas 5 mm de comprimento, isto é, com 3 a 4 meses de idade, na grande maioria das vezes são dioicos, podendo atingir altas densidades, principalmente em ambientes já afetados pela atividade humana, como reservatórios de usinas hidrelétricas - UHE⁽¹⁶⁾. Em seu estágio larval os mexilhões dourados alimentam-se das comunidades de fitoplâncton, com 90% do suprimento energético e zooplâncton, aproximadamente 10% do suprimento energético⁽⁵⁾.

O ciclo reprodutivo do mexilhão dourado é classificado com base nas alterações do epitélio germinativo considerando os estágios da diferenciação de células germinativas, plenitude dos túbulos gonadais e a presença de células germinativas maduras no gonoduto^(17,18). Os machos e as fêmeas eliminam os gametas na água (Figura 1), realizando a fecundação externa, dando origem ao ovo e estágio de segmentação, capaz de colonizar novos ambientes aquáticos⁽¹⁹⁾.

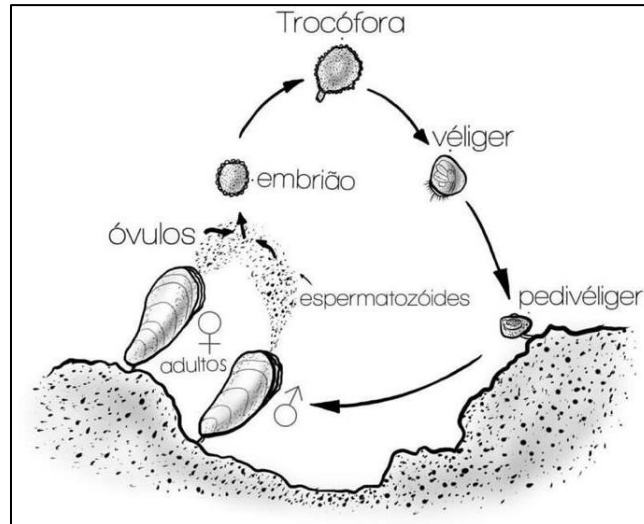


Figura 1. Processo de reprodução de *Limnoperna fortunei*. Estágios de desenvolvimento desde células haploides, embrião passando pelas fases de trócofora, véliger e pedivéliger, quando se fixa novamente.

Limnoperna Fortunei é considerado “engenheiro de ecossistemas” sendo organismos que alteram o ambiente abiótico, mudando grande parte da estrutura física do local colonizado. Como consequência, muitas vezes têm efeitos sobre outros membros da biota e suas interações, e consequentemente nos processos ecossistêmicos⁽²⁰⁾.

Boltovskoy *et al.*⁽²¹⁾ evidenciaram através de experimentos laboratoriais que populações do mexilhão-dourado diminuem as concentrações de matéria orgânica particulada na coluna d’água e elevam os teores de amônia, nitrato e fosfato, causando aumento da relação fósforo/nitrogênio. Também causam aumento da transparência da água, diminuição do séston, do fitoplâncton e da produtividade primária. De acordo com Karatayev *et al.*⁽²²⁾, o mexilhão-dourado afeta o ciclo de nutrientes no ambiente aquático clarificando a coluna d’água.

Os indivíduos de *L. fortunei* alteram a composição de espécies bentônicas aglomerando-se nas aberturas das conchas de moluscos nativos dificultando sua atividade de filtração da água para obtenção de alimento, causando o seu sufocamento e consequentemente, a morte^(23,24).

Os peixes também são prejudicados por essa espécie invasora, pois se alimentam do mexilhão. É comum encontrar o trato digestivo de algumas espécies

de peixe preenchido com bivalves (Figura 2), evidenciando que o molusco não foi totalmente digerido. As conchas permanecem inteiras, e acabam e ferem o trato digestivo, com sua borda mais cortante. Implicando o aparecimento de doenças e fragilizando os indivíduos⁽²⁰⁾.



Figura 2. Exemplos íntegros de mexilhão dourado, o *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), aparentemente vivos na luz do tubo digestivo de um Siluriforme, provavelmente um exemplar de *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803, pescado no Rio São Francisco, em julho de 2022. Arquivo pessoal da M.Sc. Amanda Maria Siqueira Moreira.

As invasões biológicas representam uma grande ameaça ambiental, condicionando também perdas econômicas substanciais. O mexilhão vive em colônia tendo um comportamento gregário (Figura 3) que pode ocasionar corrosão e obstrução de superfícies e tubulações^(25,19,26).

A entrada e posterior fixação de *L. fortunei* nas instalações ocorre durante os estágios larvais e juvenis planctônicos (200mm), que devido ao seu tamanho não são retidos pelos filtros de acesso aos sistemas hidráulicos⁽¹⁹⁾.



Figura 3: Pedaco de madeira tratada utilizada em giral, nas margens do Reservatório da UHE de Volta Grande, no Município de Miguelópolis, evidenciando o modo de vida gregário do mexilhão dourado, o *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857).

Desta forma promovem impacto econômico em plantas industriais que usam água *in natura*. Esse tipo de impacto é frequente em usinas hidroelétricas, principalmente em trocadores de calor. Nestes equipamentos, a vazão reduz gradualmente, determinando redução da eficácia e consequente necessidade de manutenção(26).

As consequências do estabelecimento do mexilhão dourado incluem redução do diâmetro da tubulação, bloqueio da tubulação, diminuição do fluxo de água causado por atrito, amontoação de conchas em tubulações, contaminação da água por mortalidade em massa dos indivíduos e obstrução dos sistemas de refrigeração^(19,27).

Os impactos na economia relacionados a criação de peixes também por seu comportamento gregário, leva à redução da qualidade de água do sistema de cultivo em tanques-rede. A aderência do molusco nas telas de tanques-rede dificulta o fluxo de água, levando a redução do oxigênio disponível, impedindo a dispersão de detritos, resultando em estresses e mortalidade dos peixes⁽²⁸⁾.

De acordo com Costa, Martins e Ayroza⁽²⁹⁾, os danos físicos que os mexilhões causam ao tanque-rede diminuem a vida útil da estrutura, aumentando os custos em função da manutenção e limpeza das telas.

REFERÊNCIAS

- (1) Pessotto, MA; Nogueira, MG; More than two decades after the introduction of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) in La Plata Basin. *Braz. J. Biol.*, 2018, vol. 78, no. 4, pp. 773-784.
- (2) Valéry, L. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological invasions*, v. 10, n. 8, p. 1345-1351, 2008.
- (3) Barbosa, NPU; Silva, FA; Oliveira, MD; Neto, MAS; Carvalho, MD; Cardoso, AV. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River basin, Brazil. *Check List* 12(1): 1846, 23 February 2016 doi: <http://dx.doi.org/10.15560/12.1.1846> ISSN 1809-127X.
- (4) Gattás, F; Espinosa, M; Babay, P; Pizarro, H; Cataldo, D. Invasive species versus pollutants: Potential of *Limnoperna fortunei* to degrade glyphosate-based commercial formulations. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 201 2020 110794.
- (5) Ernandes-Silva, J; Ragonha, FH; Jati, S; Takeda, M. *Limnoperna Fortunei* (Dunker, 1857) larvae in different environments of a Neotropical floodplain: relationships of biotic variables and phytoplankton with different stages of development. *Brazilian Journal of Biology* (2016). DOI: <http://dx-doi.ez33.periodicos.capes.gov.br/10.1590/1519-6984.15514>.
- (6) Darrigran, G; Mansur, M. Introdução e dispersão do *Limnoperna fortunei*. In: Darrigran, G.; Damborenea, C. (Org.). *Introdução a Biologia das Invasões. O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle*. São Carlos: Cubo Editora, 2009. p. 89-110.
- (7) Oliveira, MD.; Takeda, AM.; Barros, LF.; Barbosa, DS.; Resende, EK. Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) of the Pantanal wetland, Brazil. *Biological Invasions (Impresso)*, v. 8, n. 1, p. 97-104, 2006.
- (8) Mansur, MCD.; Richinitti, LMZ.; Santos, CP. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências (Impresso)*, v. 7, n. 2, p. 147-149, 1999.

- (9) Mansur, MCD; Quevedo, CB; Santos, CP; Callil, CT. Prováveis vias da introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na bacia da laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos registros de invasão no Brasil pelas bacias do Paraná e Paraguai. *Água de lastro e bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 3338.
- (10) Correa, N; Sardiña, P; Perepelizin, PV; Boltovskoy, D. *Limnoperna fortunei* colonies: structure, distribution and dynamics. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei* - the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015. p. 119-143. (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).
- (11) Boltovskoy, D; Correa, N; Bordet, F; Leites, V; Cataldo, D. Toxic *Microcystis* (cyanobacteria) inhibit recruitment of the bloom-enhancing invasive bivalve *Limnoperna fortunei*. *Freshwater Biology* (2013) 58, 1968–1981. doi:10.1111/fwb.12184
- (12) Barbosa, FG.; Melo, AS. Modelo preditivo de sobrevivência do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) em relação a variações de salinidade na Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Biota Neotrop.*, vol. 9, no. 3. 2009.
- (13) Gattás, F; DE Stefano, LG; Vinocur, A; Dordet, F; Espinosa, MS; Pizarro, H; Cataldo, D. Impact of interaction between *Limnoperna fortunei* and Roundup Max® on freshwater phytoplankton: An in situ approach in Salto Grande reservoir (Argentina). *Chemosphere*. 2018 Oct; 209:748-757. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.129. Epub 2018 Jun 20.
- (14) Mansur, MCD. Bivalves invasores límnicos: morfologia comparada de *Limnoperna fortunei* e espécies de *Corbicula* spp. In: Mansur, MCD; Santos, CP; Pereira, D; Paz, ICP; Zurita, MLL; Raya-Rodriguez, MT; Nehrke, MV; Bergonci PEA. (Org.). *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p. 61-74.
- (15) Darrigran, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions* 4: 145-156. 2002.
- (16) Silva, JCR; Dias, CM; Pastore, DH; Costa, ARC.; Figueira, RMA; Fortunato, HFM; Barbosa, CHXV; Carvalho, BC. Crescimento populacional do mexilhão dourado (*L. fortunei*) em usinas hidrelétricas: um estudo via modelagem matemática e computacional. *RBRH*, Porto Alegre, v. 27, e3, 2022.

- (17) Boltovskoy, D; Morton, B; Correa, N; Cataldo, D; Damborenea, C; Penchaszadeh, PE; Sylvester, F. Reproductive Output and Seasonality of *Limnoperna fortunei*. © Springer International Publishing Switzerland 2015 D. Boltovskoy (ed.), *Limnoperna fortunei*, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology 10, DOI 10.1007/978-3-319-13494-9_5.
- (18) Deitos, C; Quagio-Grassiotto, I; Sarah, TM. Cellular development of the germinal epithelium during the gametogenic cycle of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). 2016. Rev Biol Trop 64(2): 521-536.
- (19) Brugnoli, E; Dabezies, MJ; Clemente, JM; Muniz, P. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) en el sistema de embalses del Río Negro, Uruguay. Oecologia Australis. 15(3): 576-592, setembro 2011. doi:10.4257/oeco.2011.1503.10.
- (20) Darrigran, G; Damborenea, C. Ecosystem engineering impact of *Limnoperna fortunei* in South America. Zoological Science, v. 28, p. 1–7, 2011.
- (21) Boltovskoy, D; Correa, N; Sylvester, F; Cataldo, D. Nutrient recycling, phytoplankton grazing, and associated impacts of *Limnoperna fortunei*. In: Boltovskoy, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015b. P. 153-176. (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).
- (22) Karatayev, AY; Boltovskoy, D; Burlakova, LE; Padilha, DK. Parallels and contrasts between *Limnoperna fortunei* and species of *Dreissena*. In: Boltovskoy, D. (Ed.). *Limnoperna fortunei* - the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015. p.261-300.
- (23) Mansur, MCD; DOS Santos, CP; Darrigran, G; Heydrich, I; Callil, CT; Cardoso, FR. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no ambiente. Revista Brasileira de Zoologia 20 [1]: 75-84, março 2003.
- (24) Rosa, DM; Gaspar, MRC; Silva, FA; Pompeu, PS. Impactos da predação por piapara *Megaleporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837) sobre as densidades populacionais do mexilhão dourado invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). Controle Biológico 129 (2019) 158-163.
- (25) Boltovskoy, D; Sylvester, F; Otaegui, A; Leites, V; Cataldo, DH. Environmental modulation of reproductive activity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei*: implications for antifouling strategies. Journal compilation © 2009 Ecological Society of Australia. doi:10.1111/j.1442-9993.2009.01974.x.

(26) Camargo, PRS; Barreiros, LFG; Barbosa, NPU; Cardoso, AV; Assis, PS; Pelli, A. Estado atual de conhecimentos das principais características dos moluscos. *Brasilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.4, p. 40950-40963 apr 2021.

(27) Ludwig, S; Sari, EHR.; Paixão, H; Montresor, LC; Araujo, J; Brito, CFA; Darrigran, G; Pepato, AR; Vidigal, THDA; Martinez, CB. High connectivity and migration potentiate the invasion of *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Mytilidae) in South America. *Hydrobiologia* (Vol. 848, Issue 2). Springer. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-020-04458-w>.

(28) Besen, MA; Marengoni, NG.; Incrustação de mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) nas telas de tanque-rede. *Acta Iguazu, Cascavel*, v.8, n.5 -Suplemento, p. 60-68, 2019.

(29) Costa, JI; Martins, MIE; Ayroza, DMMR. Impact of control of the golden mussel on the production costs of tilapia bred in net cages. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 44, n. 1, p. 110-115, 2018.