

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Danilo Henrique Monteiro Marangoni

BIOLOGIA, IMPACTOS, CARACTERÍSTICAS E DISPERSÃO GEOGRÁFICA DO
MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna fortunei*) NO BRASIL

Uberaba
2023

Danilo Henrique Monteiro Marangoni

BIOLOGIA, IMPACTOS, CARACTERÍSTICAS E DISPERSÃO GEOGRÁFICA DO
MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna fortunei*) NO BRASIL

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências e Tecnologia Ambiental – PPGCTA, na
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como
requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Pelli.

Uberaba
2023

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

M259b Marangoni, Danilo Henrique Monteiro
Biologia, impactos, características e dispersão geográfica do mexilhão
dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil / Danilo Henrique Monteiro
Marangoni. -- 2023.
55 p. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023
Orientador: Prof. Dr. Afonso Pelli

1. Mexilhão dourado. 2. Espécies introduzidas. 3. Impacto ambiental.
I. Pelli, Afonso. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 594.1:502.15

DANILO HENRIQUE MONTEIRO MARANGONI

**BIOLOGIA, IMPACTOS, CARACTERÍSTICAS E DISPERSÃO GEOGRÁFICA DO
MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna fortunei*) NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 22 de agosto de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Afonso Pelli
Orientador - UFTM

Profa. Dra. Ana Paula Milla dos Santos Senhuk
Membro Titular - UFTM

Prof. Dr. Paulo Santos Assis
Membro Titular - UFOP



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Santos Assis, Usuário Externo**, em 03/10/2023, às 09:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA MILLA DOS SANTOS SENHUK, Professor do Magistério Superior**, em 03/10/2023, às 10:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **AFONSO PELLI, Professor do Magistério Superior**, em 03/10/2023, às 15:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.uftm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1099978** e o código CRC **8A7AEB33**.

RESUMO

A introdução de espécies exóticas em diversos ecossistemas aquáticos é considerada uma das maiores causas da perda de biodiversidade global. Denominada invasão biológica, o fenômeno tem sido motivo de preocupação da comunidade científica e social, pois vem acarretando consequências negativas de ordem econômica, ecológica e social. A bioinvasão de moluscos exóticos vem se configurando em um problema não somente para os ecossistemas naturais, mas também para as diversas atividades humanas em sistemas industriais e produtivos. A presença do mexilhão dourado tornou-se um problema ambiental no Brasil, classificado como uma das espécies invasoras prioritárias para controle, uma vez que a superpopulação causa sérios problemas. 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. Pensado nesse cenário a dissertação teve como objetivo realizar a revisão bibliográfica sobre o mexilhão dourado para avaliar o impacto da bioinvasão do molusco e o levantamento geográfico nas bacias hidrográficas brasileiras, foi realizado um levantamento de novas publicações nas bases de dados com documentos científicos publicados de 2002 até 2023. O Brasil possui doze bacias hidrográficas, sendo que em sete delas (Uruguai, Atlântico Sul, Paraná, Paraguai, São Francisco, Atlântico Sudeste e Atlântico Nordeste Oriental) já foram registradas a presença do mexilhão dourado. Os impactos causados pelo mexilhão dourado são de diferentes ordens e magnitudes. Causa impactos ambientais, econômicos e sociais, prejudicando ou mesmo inviabilizando a sustentabilidade nas diversas esferas. Até o momento não existe mecanismo eficaz de controle do mexilhão dourado. Talvez em pequenos espaços é possível gerir o manejo e conviver com a situação. Após sua introdução pouco ou quase nada tem sido feito, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo.

Palavras-chave: Mexilhão Dourado, Bioinvasão, Impactos Ambientais.

ABSTRACT

The introduction of exotic species in several aquatic ecosystems is considered one of the main causes of the loss of global biodiversity. Called biological invasion, is a scientifically recognized phenomenon that has been a matter of concern for the Brazilian scientific community, as it has been causing negative economic, ecological, and social consequences. The bioinvasion of exotic mollusks has been configuring in a problem not only for natural ecosystems but also for several human beings in industrial and productive systems. The presence of this invasive animal has become an environmental problem in Brazil, classified as one of the priority invasive species for control since the overpopulation of this animal causes serious problems for the native fauna. Among the processes that reduce biodiversity, we can highlight the competitive exclusion of native species, the predation of natural species, and the alteration in the structure of trophic chains. Thinking about this scenario, the dissertation aimed to carry out a bibliographical review on the golden mussel to evaluate the impact of the mollusk's bio invasion and the geographic survey in the Brazilian watersheds, a survey of new publications was carried out in the databases with scientific documents published in 2002 until 2023. It is expected to describe the current state of the geographic distribution of the mussel in the national scenario for the understanding of its characteristics such as reproduction and feeding in order to propose measures to control populations in Brazil. Brazil has twelve river basins, and in seven of them (Uruguay, South Atlantic, Paraná, Paraguay, São Francisco, Southeast Atlantic, and East Northeast Atlantic) the presence of golden mussel has already been registered. The impacts caused by the golden mussel are of different orders and magnitudes. It causes environmental, psychological, and social impacts harming or even making sustainability unfeasible in various spheres. So far, there is no effective control mechanism for golden mussel. Perhaps in small spaces, it is possible to administer the management and live with the situation. After its introduction, little or almost nothing has been done, not only in Brazil but all over the world.

Keywords: Golden Mussel, Bioinvasion, Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática de navio com seis compartimentos de carga (A), e corte transversal de compartimentos automatizados com água de lastro	14
Figura 2: Exemplar adulto do mexilhão dourado mantido em aquários, com condições ambientais parcialmente controladas, no Laboratório de Ecologia & Evolução Nico Nieser, da UFTM, em Uberaba/MG.	15
Figura 3: Anatomia do Mexilhão Dourado.....	16
Figura 4: Processo de reprodução de mexilhão dourado. Estágios de desenvolvimento desde células haploides, embrião passando pelas fases de trócofora, véliger e pedivéliger, quando se fixa novamente.	19
Figura 5: Fazes de desenvolvimento larval do mexilhão dourado a) Embrião; b) Trocófora; c) Véliger e pedivéliger (juvenil).....	23
Figura 6: Fluxograma do processo utilizado para a seleção das referências	28
Figura 7: Resultado (quantificação) da busca por documentos nas bases de dados (da CAPES, Scielo e Google Acadêmico) de 2002 a 2023.....	30
Figura 8: quantificação dos documentos quanto ao objetivos levantados na dissertação	30
Figura 9: Exemplares íntegros de mexilhão dourado, aparentemente vivos na luz do tubo digestivo de um Siluriforme, provavelmente um exemplar de <i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède, 1803, pescado no Rio São Francisco, em julho de 2022.	32
Figura 10: Pedaco de madeira tratada utilizada em jirau, nas margens do Reservatório da UHE de Volta Grande, no Município de Miguelópolis, evidenciando o modo de vida gregário do mexilhão dourado.	33
Figura 11: Mapa do histórico da invasão do mexilhão dourado no Brasil e na América do Sul, indicando a sequência histórica dos registros observados na literatura.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulação da questão de pesquisa.....	27
Tabela 2: Termos de busca utilizados para cada domínio da questão de pesquisa	28
Tabela 3: Faixas de valores dos parâmetros físico-químicos que o mexilhão dourado sobrevive conforme estudos realizados em bacias hidrográficas da América do Sul.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS FILO MOLUSCA	9
2.1.1 Classe Neomeniomorpha	10
2.1.2 Classe Monoplacophora	10
2.1.3 Classe Polyplacophora	10
2.1.4 Classe Gastropoda	11
2.1.5 Classe Bivalvia	11
2.1.6 Classe Scaphopoda	11
2.1.7 Classe Cephalopoda	12
2.2 MEXILHÃO DOURADO: PROCESSO DE INVASÃO BIOLÓGICA NA AMÉRICA LATINA	12
2.3 MEXILHÃO DOURADO: CARACTERÍSTICAS GERAIS	14
2.4 MEXILHÃO DOURADO: REPRODUÇÃO	18
2.4.1 Mexilhão Dourado: Morfologia das Células Germinativas Masculinas e Femininas	19
2.4.2 Mexilhão Dourado: Processo de Reprodução	20
2.4.3 Mexilhão Dourado: Fatores Ambientais Limitantes Para a Reprodução	22
2.4.4 Mexilhão Dourado: Estágio Larval	22
3 OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4 JUSTIFICATIVA	26
5 MÉTODOS	27
5.1 MÉTODOS UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTO DE DADOS E VALIDAÇÃO DE REFERÊNCIAS	27
5.2 CONDUÇÃO DA PESQUISA E LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	28
5.3 MÉTODO UTILIZADO PARA O MAPEAMENTO GEOGRÁFICO DO MEXILHÃO DOURADO	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
6.1 MEXILHÃO DOURADO: IMPACTOS AMBIENTAIS	31
6.2 MEXILHÃO DOURADO: IMPACTOS ECONÔMICOS	32

6.3 MEXILHÃO DOURADO: DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	34
6.3.1 Mexilhão dourado: Métodos de Detecção.....	34
6.3.2 Mexilhão Dourado: Invasão na Bacia do Paraná e Atlântico Sul.....	35
6.3.3 Mexilhão Dourado: Invasão na Bacia do São Francisco.....	36
6.4 MEXILHÃO DOURADO: MEDIDAS DE CONTROLE.....	37
6.4.1 Controle Físico.....	37
6.4.2 Controle Químico.....	39
6.4.3 Controle Biológico.....	40
7 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
PUBLICAÇÕES.....	52
APÊNDICE – ARTIGOS UTILIZADOS NA REVISÃO.....	53

1 INTRODUÇÃO

As constantes mudanças ambientais causadas pela dispersão humana levam a diversas alterações na composição das populações nativas. Existem espécies vegetais, animais e outros grupos introduzidos pelo homem. Muitas dessas espécies estão se tornando invasoras e causando problemas em ambientes habitados (SILVA, 2006).

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 (PESSOTTO; NOGUEIRA, 2018).

Segundo Silva (2006), a introdução intencional de espécies exóticas acontece por razões econômicas, seja para utilização da espécie em sistemas de produção ou como alimento, ou com interesses florestais ou ornamentais. Ainda de acordo com Silva (2006), a dieta humana, ao longo de todo o mundo, é composta por um grande volume de itens alimentares, com espécies que foram introduzidas de outros ambientes, como a tilápia (*Oreochromis niloticus*).

De acordo com Gonzáles-Bergonzoni et al. (2020) as invasões biológicas ocorrem em três estágios: introdução (no caso do mexilhão na grande maioria das vezes passivamente), acomodamento da espécie no habitat e por último, integração com espécies nativas.

Existem discussões sobre a real definição de espécies invasoras Valéry (2009) define estas espécies como seres que adquirem vantagem competitiva sobre as outras, sem obstáculos naturais que impediriam sua proliferação podendo se dispersar e estabelecer facilmente em outros ambientes. Lopes e Villac (2009) criaram um conceito de espécies exóticas e invasoras que é utilizado na tomada de decisão quanto a esta problemática ambiental, que são:

- a) Espécie exótica: espécie registrada fora da sua área de distribuição;
 - b) Espécie nativa: se refere a espécie que vive em sua região de origem;
 - c) Espécie criptogênica: espécie que tem origem biogeograficamente desconhecida ou incerta, sem evidência clara se é nativa ou exótica;
- Definições para categorias de espécies exóticas:
- a) Espécie contida: definidas quando espécies exóticas se encontram em ambientes artificiais, controlados, isolado total ou parcialmente do ambiente natural;
 - b) Espécie detectada: espécie detectada em ambiente natural. Porém sem aumento posterior de sua abundância ou quando foi um registro isolado (sem informações subsequentes de sua espécie);
 - c) Espécie estabelecida: espécie detectada de forma recorrente, com ciclo completo na natureza e indícios de aumento populacional ao longo do tempo, porém sem apresentar impactos ecológicos ou socioeconômicos aparentes;
 - d) Espécie invasora: aquela que possui abundância ou dispersão geográfica que interferem na capacidade de sobrevivência de outras espécies em ampla região geográfica ou área específica, ou quando causa impactos socioeconômicos e/ou ambientais e/ou saúde humana;

A inserção de espécies exóticas em múltiplos ecossistemas aquáticos é considerada uma das principais razões da perda global de biodiversidade. (BELLAY et al., 2016; LIU et al.,

2017). Esse fenômeno é caracterizado como invasão biológica, que é considerada um problema real pela comunidade científica por causar impactos significativos ao ambiente (FREIRE; MARAFON, 2018).

A bioinvasão de moluscos exóticos tornou-se um problema não só para os ecossistemas naturais, mas também para atividades humanas em sistemas industriais. Dentre os processos que reduzem a biodiversidade, destacam-se a exclusão competitiva de espécies nativas, a predação de espécies naturais e as transformações na estrutura das cadeias tróficas. (PESSOTTO; NOGUEIRA, 2018).

Para que um organismo exótico tenha sucesso na invasão biológica de um ecossistema aquático, ele precisa ultrapassar barreiras geográficas, tolerar variações físico-químicas do local e ainda preferencialmente, se nutrir de partículas suspensas na água ou serem planctívoros. A ausência ou restrições de predadores e parasitos naturalmente irá interferir no sucesso do invasor (BELLAY et al., 2016; PESSOTTO; NOGUEIRA, 2018). Segundo Silva et al. (2022) sua alta tolerância a vários ambientes, associadas às atividades humanas, essa espécie é ameaça para os ecossistemas aquáticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS FILO MOLUSCA

O Filo Molusca é uniformemente aceito como grupo monofilético. Achados relevantes despertaram o interesse em entender a evolução do grupo, diante de uma vasta diversidade fisiológica, morfológica, genética, biogeográfica, comportamental e dos diferentes ambientes que o grupo foi capaz de colonizar (CAMARGO et al., 2021).

O filo Mollusca possui mais de 250.000 espécies, tornando-se um dos mais diversos grupos de invertebrados, perdendo apenas para os artrópodes. São as classes Gastropoda, Bivalvia e Cephalopoda que possuem alto valor econômico inclusive na alimentação humana, confecção de joias, importância médica, veterinária, além de apresentarem algumas espécies invasoras que acarretam prejuízos à economia bem como desequilíbrio na cadeia alimentar (PELLI et al., 2022)

Os moluscos se estabelecem em diferentes habitats e nichos como: marinhos, dulcícolas, estuarinos e terrestres, utilizando vários recursos. Podem ser predadores, raspadores, filtradores, herbívoros, onívoros ou detritívoros. O hábito alimentar é considerado uma característica relacionada com o sucesso adaptativo, sendo um dos maiores grupos animais em número de espécie (CAMARGO et al., 2021; HICKMAN et al., 2016; SMITH et al., 2011). Ainda segundo Camargo (2021) os organismos do Filo Mollusca apresentam as seguintes características gerais:

Clivagem em espiral, ser protostomados, celomados, não segmentados, corpo bilateral e apresentar três camadas germinativas. Eles possuem sistema circulatório aberto, o coração possui apenas um ventrículo, os órgãos internos estão concentrados na região dorsal, onde glândulas secretam depósitos calcários, produzindo uma concha regular externa ou interna. Apresentam o pé achatado dorso-ventralmente, em forma semelhante a uma língua.

Além da alta diversidade taxonômica, moluscos são caracterizados por uma série de contrastes corporais. Podem ser designados como mexilhões, caramujos, vermes, lesmas, caracóis, lulas e polvos (PARKHAEV, 2017). Segundo Barnes et al. (2008) o Filo Mollusca inclui sete Classes: Neomeniomorpha; Monoplacophora; Polyplacophora; Gastropoda; Bivalvia; Scaphopoda; Cephalopoda.

São indivíduos conservadores que evoluíram antes do surgimento de conchas sólidas. São moluscos pequenos, vermiformes (corpo cilíndrico de 2 mm a 14 cm de comprimento), alongados em seu eixo anteroposterior, os quais escavam em sedimentos das profundezas marinhas. Desprovidos de órgãos excretores. A cabeça é pouco diferenciada e não possuem olhos ou tentáculos sensoriais e algumas espécies não apresentam rádula (BARNES *et al.*

2008). São organismos dióicos apresentando hábitos bentônicos, alimentam-se de detritos e de diatomáceas e foraminíferos (HASZPRUNAR; WANNINGER, 2012; CAMARGO et al., 2021).

2.1.1 Classe Neomeniomorpha

São moluscos marinhos desprovidos de concha, totalmente acéfalos, vermiformes, alongados, possuem parede corpórea com presença de quitina, não possuem órgãos excretores, gonodutos, e em alguns grupos a rádula está ausente. O corpo dos neomeniomorfos pode apresentar entre 1 mm a 30 cm de comprimento, é comprimido lateralmente e possui um sulco ventral longitudinal, no qual estão localizadas, uma ou mais cristas baixas, consideradas como um pé reduzido. Não possui brânquias verdadeiras e as trocas gasosas ocorrem por meio das papilas respiratórias (BARNES et al. 2008; CAMARGO et al., 2021).

2.1.2 Classe Monoplacophora

Constituem uma das classes mais antigas dos moluscos registradas em camadas geológicas (SILVA; DANTAS, CAETANO, 2013; PARKHAEV, 2017). Eles vivem nos oceanos em profundidades que variam de 2000 a 7000 metros, apresentando hábitos bentônicos e não ultrapassam 4 cm de comprimento, são animais dioicos apresentando fecundação externa. Apresentam concha em forma de capuz ou meia concha (CAMARGO et al., 2021; DE OLIVEIRA, 2010). Alimentam-se de protozoários, radiolários, diatomáceas, foraminíferos e fungos (SILVA; DANTAS, CAETANO, 2013).

2.1.3 Classe Polyplacophora

Os indivíduos deste classe são um dos membros mais antigos do filo dos moluscos, com um registro fóssil que remonta ao Período Cambriano Superior, podendo ser dividida em seis formas de diferentes hábitos alimentares: herbívoros, detritívoros, onívoros, carnívoros, epizoófagos e predadores (SILVA; DANTAS, CAETANO, 2013). Esses animais marinhos vivem em zonas entre os mares e se alojam em fendas ou qualquer espaço disponível sendo descritos mais de 1000 espécies destes moluscos marinhos (PARKHAEV, 2017; CAMARGO et al., 2021). Os polioplacóforos, ou quítions, têm contorno oval e uma concha com oito placas dorsais, circundadas e unidas por um cinturão coberto por escamas, espinhos, espículas ou

cerdas calcárias ou quitinosas. As placas são independentes, porém articuladas possuindo um comprimento de 7 mm a 45 cm (DE OLIVEIRA, 2010; BRUSCA; BRUSCA, 2007).

2.1.4 Classe Gastropoda

Os gastrópodes são os moluscos mais conhecidos, incluindo os populares caramujos, caracóis e lesmas, que ocorrem nos ambientes marinhos e em ambientes de água doce e terrestres, apresentando uma grande diversidade morfológica, resultando no grande êxito de conquista e adaptação ambiental (DE OLIVEIRA, 2010; BRUSCA; BRUSCA, 2007). Dotados de cabeça, olhos, tentáculos, rádula, concha única espiralada em alguns grupos e ausentes em outro, variando de 5 mm a 33,5 cm de comprimento (CAMARGO et al., 2021; HASZPRUNAR; WANNINGER, 2012).

São organismos utilizados como bioindicadores de contaminação química no meio aquático possuindo diferentes tipos de fontes de alimentos, podendo ser carnívoros, herbívoros, detritívoros ou suspensores (COSTA; PASCHOAL; ALCANTARA, 2020)

2.1.5 Classe Bivalvia

Esta classe inclui ostras, mexilhões e vieiras é classe diversa de moluscos e se difunde por todos os continentes, exceto a Antártida (AVELAR; CUNHA, 2009). Providos de uma concha dividida em duas valvas articuladas pela região dorsal e com região cefálica extremamente reduzida sem apresentar cabeça, tentáculos, olhos e rádula (BRUSCA; BRUSCA, 2007).

São organismos marinhos, estaurinos e dulcícolas com mais de 20000 espécies viventes. Podem ser organismos representantes da epifauna (associados a substratos e sedimentos) ou infauna (enterrado no sedimento), com o comprimento variando entre 1mm a 1m (CAMARGO et al., 2021; MANSUR et al., 2012).

2.1.6 Classe Scaphopoda

Os moluscos da Classe Scaphopoda são animais observados em todos os oceanos do mundo, ficam enterrados em sedimentos de granulometria diversificada, com a maioria das espécies optando por areia fina e areia lamosa (FILHO et al 2012). Possuem rádula, corpo cilíndrico, manto e concha tubular, com a cabeça irregular, boca compostas por tentáculos para

capturas de presas, são desprovidos de olhos e geralmente medem de 2 a 15cm de comprimento (CAMARGO et al., 2021; BRUSCA; BRUSCA, 2007).

Assim como representantes das Classes Malacostraca, Maxillopoda, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Leptocardii e Stenolaemata; Scaphopoda também ocorre em sistemas hidrotermais de águas rasas. Rodríguez-Uribe e colaboradores (2023) relataram rica fauna na falha chamada Fisura de las Coronas, na praia de Punta Pantoque, a uma profundidade de 9 m, no México.

2.1.7 Classe Cephalopoda

Os cefalópodes estão entre os moluscos mais modificados bem-sucedidos ocupando vários nichos no ambiente marinho como: os náutilos, lulas, sibas, polvos (SILVA; DANTAS, CAETANO, 2013). Pertence a este grupo o maior invertebrado, a lula gigante, que chega a medir aproximadamente 14 metros de comprimento (*Mesonychoteuthis hamiltoni*). São marinhos providos de cabeça, olhos, pé modificado, tentáculos, concha porcelanosa e possuem sistema circulatório funcionalmente fechado. São animais dioicos, predadores generalistas habitando águas profundas (CAMARGO et al., 2021; BRUSCA; BRUSCA, 2007).

Zheng, Li e Zheng (2023) ponderam que o grupo constitui excelente modelo de estudo para toxicidade de elementos e compostos que circulam nos ecossistemas, como o cobre. Segundo os autores, a acidificação dos oceanos pode produzir mudanças ambientais significativas e, o grupo em pauta pode antecipar o comportamento dos ambientes marinhos.

2.2 MEXILHÃO DOURADO: PROCESSO DE INVASÃO BIOLÓGICA NA AMÉRICA LATINA

A entrada do mexilhão dourado em águas brasileiras aconteceu de duas diferentes localidades e por meio de duas vias distintas (DARRIGRAN; MANSUR, 2009). A primeira por meio da migração da população que chegou pelo 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 pelo intenso tráfego de navios do sistema hidroviário em 1992 (MANSUR et al., 2004). A segunda pelo Paraná/Paraguai rio Paraguai, próximo a cidade de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul, por volta de 1998 (OLIVEIRA et al., 2006).

Mais tarde, a espécie foi registrada mais ao sul do lago Guaíba, em Arambaré no ano de 2000 e em São Lourenço do Sul em 2001 (MANSUR et al., 2003). Em seguida na direção sul

da lagoa dos Patos, o mexilhão dourado foi registrado no Arroio Pelotas e no Canal de São Gonçalo (BRUGNOLI et al., 2005; CAPÍTOLI; COLLING; BEMVENUTI, 2008).

Exemplo comum é o movimento de espécies promovido por descargas de água de lastro, que é considerado responsável pela inserção do mexilhão dourado na América do Sul (BARBOSA; MELO, 2009; BELLAY et al., 2016; GATTÁS et al., 2020). 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 (ERNANDES-SILVA; PINHA; MORMUL, 2017; PESSOTTO; NOGUEIRA, 2018).

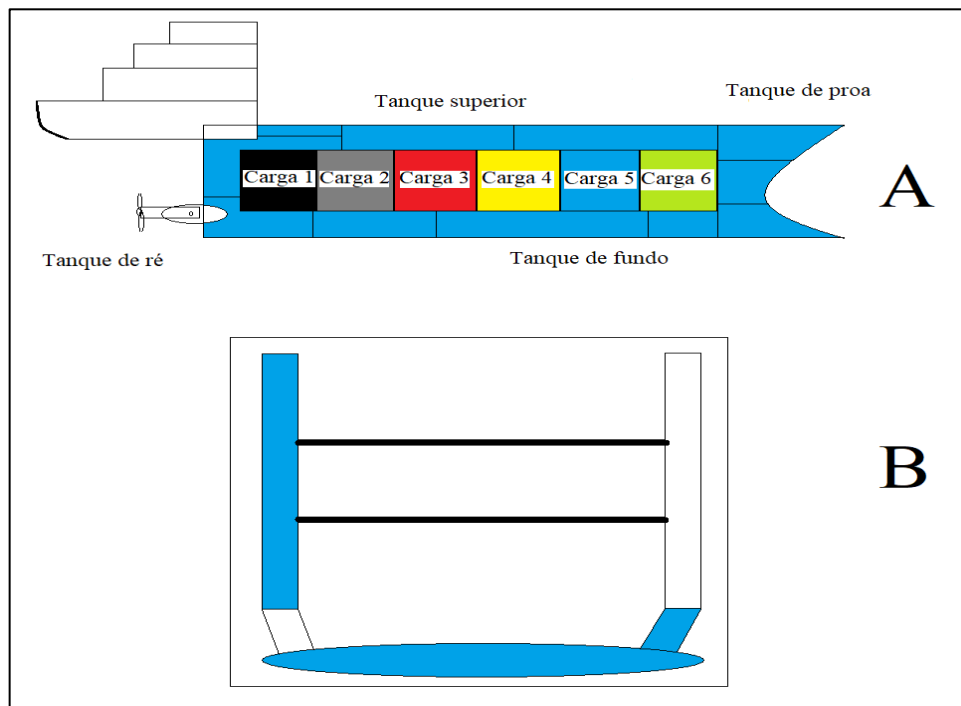
De acordo com Penaforte (2014) o lastro é um material usado para dar peso, e manter a estabilidade dos navios. Nos primeiros modelos de navios cargueiros era utilizado lastro sólido como pedras, areia ou metais. Atualmente, as embarcações passaram a usar a água como lastro, o que facilitou o trabalho de carregar e descarregar um navio, além de ser mais econômico e eficiente do que o lastro sólido.

O processo de troca da água de lastro promovida por embarcações nos portos é realizado da seguinte forma (figura 2): Quando um navio está descarregado, seus tanques recebem água de lastro para manter sua estabilidade, e durante seu carregamento, a água do porto de origem é lançada ao mar (PENAFORTE, 2014).

De acordo com Belz et al (2005), a dispersão regional ocorre pela movimentação de pequenas embarcações ou durante a retirada e transporte de areia de um rio ou lago já invadido. Pode ocorrer durante o transporte de alevinos para abastecimento de empreendimentos de aquicultura ou através do transporte de água (VIDAL, 2019).

O mexilhão-dourado colonizou diferentes ambientes aquáticos na América do Sul como córregos, rios, represas, lagos, lagoas costeiras, lagunas em cenários de baixa salinidade, e deltas de rios (CORREA et al., 2015). As colônias do mexilhão estão amplamente distribuídas e são abundantes em ecossistemas aquáticos, apresentam alta tolerância a vários poluentes, podendo bioacumular por meio da cadeia trófica, compostos antropogênicos originados de várias fontes (ANTÔNIO; CAPILÉ; DURTE, 2016).

Figura 1: Representação esquemática de navio com seis compartimentos de carga (A), e corte transversal de compartimentos automatizados com água de lastro (B)



Fonte: Do autor, 2023

De acordo com Boltovskoy et al (2013) e Barbosa et al (2016) 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/m³. O mexilhão dourado tem sido caracterizado como um poderoso “engenheiro de ecossistemas” devido à sua atividade filtrante e papel significativo na reciclagem de nutrientes (GATTÁS et al 2018).

2.3 MEXILHÃO DOURADO: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Na América, a Família Mytilidae apresenta formas nativas marinhas e estuarinas, com a exceção do mexilhão dourado, que é o único exemplar do grupo encontrado em águas doces (DARRIGRAN, DAMBORENEA, 2009). Melo (2019) sugere a classificação do mexilhão:

- Filo: Mollusca Cuvier, 1797
- Classe: Bivalvia Linnaeus, 1758
- Subclasse: Pteriomorphia Beurlen, 1944
- Ordem: Mytiloida Ferussac, 1822; *sinonimia* de Mytilida Férussac, 1822
- Superfamília: Mytiloidea Rafinesque, 1815
- Família: Mytilidae Rafinesque, 1815

- Gênero: *Limnoperna* Rochebrune, 1882
- Espécie: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

O mexilhão dourado é um bivalve pequeno (entre 2 e 3 cm) de coloração amarelada (Figura 3) 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 (MANSUR, 2012; AMARAL, 2017).

Figura 2: Exemplar adulto do mexilhão dourado mantido em aquários, com condições ambientais parcialmente controladas, no Laboratório de Ecologia & Evolução Nico Nieser, da UFTM, em Uberaba/MG.



Fonte: Do autor, 2023

O mexilhão dourado apresenta as seguintes características: molusco aquático bivalve, classificado assim por apresentar uma única concha formada por duas valvas simétricas encaixadas dorsalmente. São organismos que possuem brânquias, sifão inalante e exalante, boca, estômago, músculos e ligamentos adutores, pé e bisso (ANTÔNIO; CAPILÉ; DURTE, 2016).

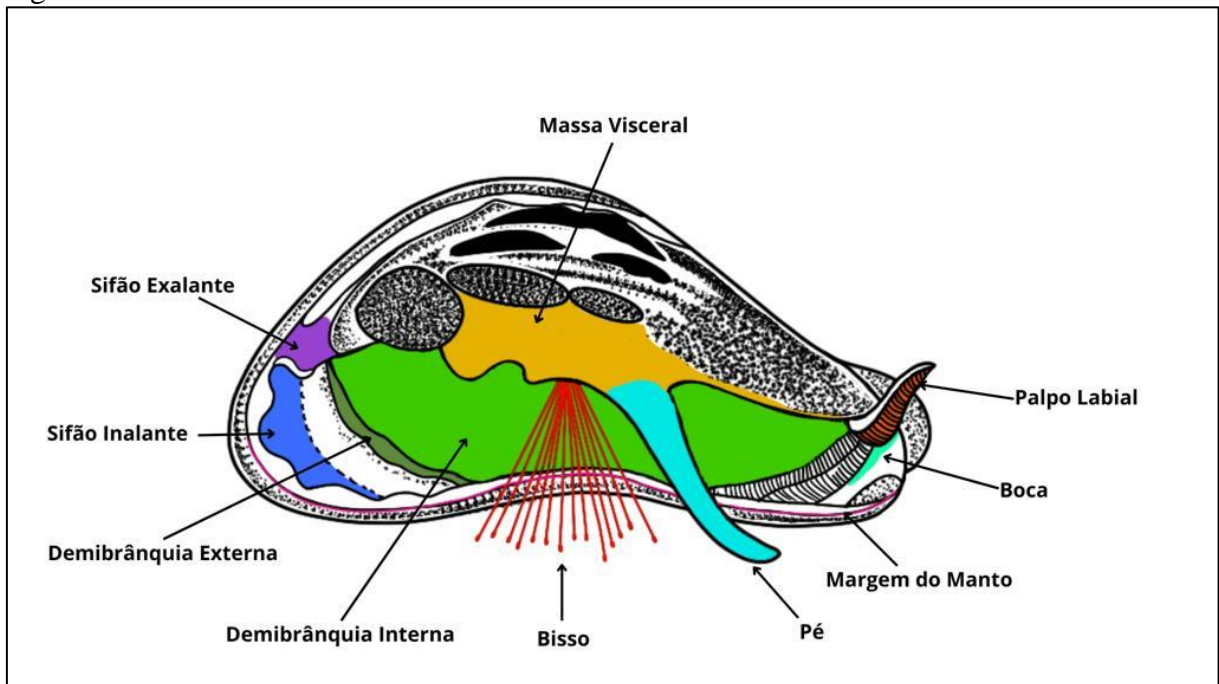
A concha do Bivalve é composta por três camadas: a interna, que fica em contato com as partes moles do animal (manto), de coloração branca e roxa; a média, chamada camada prismática; e a externa, chamada orgânica ou perióstraco, fina, lisa e brilhante, alterando de castanho escuro a amarelo, composta principalmente por material orgânico (MELO, 2019).

A charneira dorsal é uma estrutura derivada do perióstraco, por onde as conchas se interagem uma com a outra. Os Músculos adutores, de tamanhos desiguais, são responsáveis pelo fechamento das valvas, enquanto os ligamentos da charneira (interno e externo) abrem as valvas (MELO, 2019).

Na parte interna do mexilhão (Figura 4), no manto, possui duas cavidades, onde se encontram o pé, a massa visceral e as brânquias. Na base do pé são produzidos os filamentos de bisso, formados por fibras de colágeno, a partir de uma região produtora composta por canalículos. O mexilhão-dourado possui fios de bisso, similarmente a um mexilhão marinho, porém, não suporta alta salinidade (MELO, 2019).

Segundo Mansur (2012), o pé do animal adulto é reduzido, dificultando sua locomoção quando é separado do substrato, sendo formado por um tecido com diferentes tipos celulares envolvidos nos mecanismos de adesão e locomoção, com inúmeras vilosidades, pelos e muco em toda a superfície externa.

Figura 3: Anatomia do Mexilhão Dourado



Para o estudo de impactos ambientais e econômicos causados pelo mexilhão dourado é essencial o entendimento dos seus mecanismos de filtração e seleção de partículas. Nos bivalves filtradores a entrada de água ocorre pelo sifão inalante e a saída ocorre com as fezes pelo sifão exalante, assim como ocorre com outros bivalvos (GAZULA, 2010; SAFANA; IMAM, 2023).

A seleção das partículas ocorre no manto, na massa visceral, pé, brânquias e nos palpos labiais. O mexilhão dourado conduz as partículas filtradas em correntes de aceitação, que vão

para a boca do bivalve para serem ingeridas, e correntes de rejeição, que vão para o sifão exalante para serem expulsas (GAZULA, 2010).

As correntes ciliares no manto (incluindo o sifão), na massa visceral e no pé são de rejeições e movem as partículas para serem acumuladas na região posterior da massa visceral, deixando a cavidade do manto livre de partículas indesejáveis. Logo após, as partículas são direcionadas para as demibrânqueas internas, ventral ou dorsal, em direção aos sulcos alimentares (GAZULA, 2010, FREITAS et al, 2022).

A parte de aceitação está situada na margem ventral das demibrânqueas, no eixo das brânqueas e na junção das lamelas das demibrânqueas externas e internas com a massa visceral e o manto, respectivamente. A superfície das brânqueas e dos palpos labiais é ciliada, e desta forma possibilita a seleção das partículas desejáveis e indesejáveis, direcionando para as correntes de aceitação ou rejeição (FREITAS et al, 2022).

As partículas grandes vão para o manto e são enviadas para a região posterior, para serem descartadas. O material rejeitado é acumulado na região próximo ao sifão inalante. Os lobos do sifão inalante são móveis e com cílios fortes na superfície interna, que direcionam o material rejeitado para o sifão exalante e posteriormente sua expulsão (GAZULA, 2010, FREITAS et al, 2022).

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 (MANSUR, 2012; AMARAL, 2017).

O intestino é separado apenas pelas duas tiflosoles, dobras que se prolongam para dentro do estômago onde nascem as aberturas para os divertículos digestivos. O coração é composto por um ventrículo único situado dentro da cavidade pericárdica que constitui o espaço do cefaloma que nos bivalves é muito reduzido (MANSUR, 2012; AMARAL, 2017).

O canal alimentar desses animais possui um esôfago achatado que se abre em um estômago complexo. O sistema excretor é formado por dois nefrídios alongados situados na massa visceral, acima da base dorsal das brânquias e está associado à glândula pericárdica (MANSUR, 2012; AMARAL, 2017).

O mexilhão dourado 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 (PESSOTTO; NOGUEIRA, 2018).

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 (DARRIGRAN, 2002).

Logo, retém as partículas suspensas, principalmente o do plâncton e da matéria orgânica, substâncias potencialmente tóxicas da água ocasionando a bioacumulação de contaminantes, sendo utilizados mundialmente como indicadores do grau de poluição aquática (RICO, 2018).

O mexilhão-dourado também se alimenta de outros animais, como Rotifera, Nematoda, Cladocera, Copepoda, Ostracoda e do próprio mexilhão dourado (MOLINA et al., 2015). De acordo com Silva (2006) a espécie pode resistir até 63 dias sem alimento.

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 (ANTÔNIO; CAPILÉ; DURTE, 2016). Este molusco pode atingir altas densidades, principalmente em ambientes já afetados pela atividade humana, como reservatórios de usinas hidrelétricas (UHE) (SILVA et al., 2022). De acordo com Ernandes-Silva et al. (2016) em seu estágio larval os mexilhões dourados alimentam-se das comunidades de fitoplâncton (90% de suprimento energético) e zooplâncton (responsável por 10% de suprimento energético).

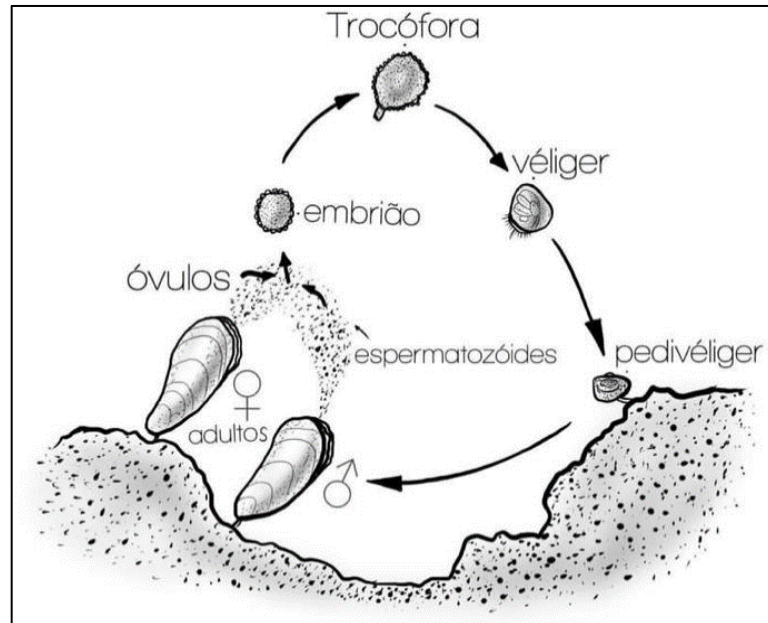
2.4 MEXILHÃO DOURADO: REPRODUÇÃO

O mexilhão dourado apresenta glândulas de estágios de maturação cíclicos que pode variar de acordo com a estação do ano podendo ser dividida em quatro fases: regressão, desova, desenvolvimento e regeneração (DE PAULA et al., 2021). A fase de reprodução da fêmea do mexilhão foi constatada durante os meses de verão no Brasil, época em que a temperatura da água atinge seu ponto mais alto (DEI TOS; QUAGIO-GRASSIOTTO; SARAH, 2016). O tempo desde a fertilização até a solidificação dura de 11 a 21 dias, com menos dias em temperaturas mais altas (AYROZA., et al 2019).

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 (BOLTOVSKOY et al., 2015; DEI TOS; QUAGIO-GRASSIOTTO; SARAH, 2016). Os machos e as fêmeas eliminam os gametas na água, realizando a fecundação externa (Figura 5), dando

origem ao ovo e estágio de segmentação, capaz de colonizar novos ambientes aquáticos (ANTÔNIO; CAPILÉ; DURTE, 2016; BRUGNOLI et al., 2011).

Figura 4: Processo de reprodução de mexilhão dourado. Estágios de desenvolvimento desde células haploides, embrião passando pelas fases de trocófora, véliger e pedivéliger, quando se fixa novamente.



Fonte: Do autor, 2023

Em espécies da família Mytilidae, a temperatura é considerada um fator determinante na maturação e desova das gônadas. Da mesma forma, em áreas de clima temperado, os moluscos apresentam um ciclo reprodutivo tipicamente sazonal com um período de descanso sexual imediatamente após a desova. Em áreas de clima tropical em geral não há períodos sazonais bem definidos de desenvolvimento e repouso das gônadas. Isso resulta na produção contínua de gametas e numerosos eventos parciais de desova durante o ano (GIGLIO et al., 2016).

2.4.1 Mexilhão Dourado: Morfologia das Células Germinativas Masculinas e Femininas

De acordo com Callil et al (2011) e Dei Tos, Grassioto, Mazzoni (2015) células germinativas masculinas apresentam desenvolvimento típico, passando pelas fases de espermatogônia; espermatócitos primários; espermatócitos secundários; espermátides e por fim espermatozoides. Cada uma dessas fases apresenta características próprias.

As Espermatogônias são as maiores células da linhagem germinativa masculina. As espermatogônias proliferam e entram em meiose, dando origem aos espermatócitos primários.

Estes são mais numerosos e menores que as espermatogônias ocorrendo em grupos que se projetam no Lúmen do testículo. A próxima etapa, ou os espermatócitos secundários são menores que os espermatócitos primários. Assumem a forma de um guarda-chuva e vida útil curta, formando, após divisão, as espermatídes. As espermatídes são menores que os espermatócitos secundários. Por um processo chamado espermiogênese, se transformam em espermatozoides. Os espermatozoides são as menores células da linhagem germinativa. Eles têm um núcleo fortemente basofílico, localizam-se no lúmen do testículo em disposição radial.

Ainda de acordo com Callil et al (2012) e Dei Tos, Grassioto, Mazzoni (2015) células germinativas femininas apresentam o desenvolvimento próprio, passando pelos estágios de proliferação ovogonial; profásico; pré-vitelogênico; ovócitos precoces vitelogênico; estágio vitelogênico e ovócitos maduros.

O estágio de proliferação ovogonial resulta na formação de ninhos de células germinativas no epitélio que reveste os túbulos ovarianos. Após esse estágio inicial, as ovogônias entram em meiose, dando origem aos ovócitos. Neste estágio, denominado estágio pré-vitelogênico; os ovócitos são maiores em relação ao estágio anterior; seu núcleo é claro, de forma esférica a ligeiramente oval. Estes são encontrados no epitélio dos túbulos ovarianos. Após esse processo, os ovócitos precoces vitelogênico aumentam de volume, tornando-se maiores que os das etapas anteriores. Seu núcleo é esférico a ligeiramente oval e possui nucléolos evidentes. No estágio vitelogênico, os ovócitos são maiores, com grande formato esférico a oval; o núcleo é esférico com um ou dois nucléolos evidentes e permanecem ligados ao epitélio dos túbulos ovarianos. Após a maturação, tornam-se células mais volumosas, de formato esférico a oval ou levemente irregular. Seu núcleo é grande, central ou excêntrico, possuindo um ou mais nucléolos, e apresentam contornos irregulares. Quando estão prontos para a desova, eles se desprendem dos túbulos do epitélio, entram no lúmen ovariano e se movem progressivamente em direção ao gonoduto, ganhando por fim o ambiente.

2.4.2 Mexilhão Dourado: Processo de Reprodução

O bivalve invasor, é uma espécie da Família Mytilidae, e muitas das características como: morfologia e disposição das gônadas e presença de estágios larvais livres são semelhantes aos demais mexilhões e com bivalves marinhos em geral (DAMBORENEA, PENCHASZADEH., 2006).

O mexilhão dourado é uma espécie dioica (apresentando sexo separados), geralmente machos e fêmeas estão presentes em proporções semelhantes (CALLIL., et al 2012). Nos

mexilhões, ocorre a invasão progressiva dos folículos gonadais no manto, deslocando o tecido conjuntivo. As extremidades desses folículos estão repletas de células em mitose, ou zonas de crescimento (DAMBORENEA, PENCHASZADEH., 2006). No mexilhão dourado, a produção de gametas acontece nas gônadas que se desenvolvem no interior da massa visceral e do tecido palial com alto potencial reprodutivo (CALLIL., et al 2011; DEI TOS, GRASSIOTTO, MAZZONI., 2015).

Quando maduros, os gametas masculinos e femininos para serem liberados passam pelas gônadas na superfície da massa visceral na câmara suprabranquial das demibrânquias externas, após completar o trajeto são então liberados através do sifão exalante para fertilização externa (BOLTOVSKOY et al., 2015).

O controle e manejo da espécie depende do conhecimento de seus aspectos reprodutivos. O desenvolvimento gonadal, as mudanças no epitélio germinativo e a duração de cada ciclo reprodutivo variam, naturalmente, de acordo com as condições climáticas (DEI TOS, GRASSIOTTO, MAZZONI, 2015); bem como com a aclimação e parâmetros populacionais (RELYEA, RICKLEFS, 2021).

Durante o ciclo reprodutivo, são evidentes alterações morfológicas dos folículos, tanto ovários como testiculares. Com essas mudanças é permitido reconhecer diferentes estágios no processo reprodutivo. Segundo Damborenea & Penchaszadeh (2006); Dei Tos, Grassiotto & Mazzoni (2015), esses estágios apresentam características peculiares, conforme mostrado no próximo parágrafo:

Na fase de Regeneração o animal está sexualmente maduro, porém inativo. Neste período as gônadas começam a se organizar, tanto nos machos como nas fêmeas. Os folículos são pequenos, com primórdios seminíferos e ovarianos. Nas fêmeas, observam-se pequenos ovócitos com núcleo vesicular e nucléolo evidente que se alinham no epitélio germinativo. Nos machos, o epitélio germinativo produz espermatócitos primários redondos com cerca de 5 µm de diâmetro. Após a fase de Regeneração vem a fase denominada “Em Desenvolvimento”. Nesta etapa os folículos masculinos aumentam de tamanho e, os espermatócitos primários dão origem aos secundários (corados mais intensamente, com 2,5 µm de diâmetro, aproximadamente). Algumas espermátides são vistas no lúmen dos túbulos. O tamanho dos túbulos aumenta em relação à fase de regeneração. Observam-se túbulos contendo ninhos de células germinativas com ovogônias em proliferação e ovócitos nucléolos com cromatina.

Após a fase “Em Desenvolvimento”, vem a denominada maturação, em que a capacidade de desova e liberação de espermatozoides chegam ao ápice. O tamanho dos folículos masculino e feminino é aumentado. Nos machos são encontrados espermatozoides. Porém, os

túbulos estão vazios, indicando uma liberação ativa de esperma. Nas fêmeas o tamanho dos túbulos (em comprimento e diâmetro) é maior do que na fase anterior. Os ovócitos adultos são arredondados a alongados ou irregulares.

Após o ápice, vem a “Regressão”, ou cessação da liberação de esperma e da desova. Nos machos os túbulos perdem sua forma, encolhem em relação a fase anterior e um número menor de espermatozoides residuais pode ser observado no lúmen reduzido. Nas fêmeas os túbulos ovarianos são menores do que na fase anterior.

2.4.3 Mexilhão Dourado: Fatores Ambientais Limitantes Para a Reprodução

Análises realizadas sobre a influência de fatores abióticos na densidade de espécies juvenis e larvas planctônicas do mexilhão dourado apresentam ampla gama de variabilidade sazonal na população em função de parâmetros como: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, material suspenso, e velocidade da água (OLIVEIRA et al., 2011).

A temperatura da água é um fator que influencia fortemente seu desenvolvimento havendo alguns picos de sua densidade em meses específicos do ano (ERNANDES-SILVA et al., 2016; AVELINO; AVELINO; SILVA, 2019). De acordo com Xia et al., (2021) em Shisanling Reservoir-Pequim, os mexilhões dourados requerem uma temperatura mínima da água de 16–17°C para se reproduzir.

A tabela 3 de acordo com Darrigran (2002), Pareschi et al (2008) e Oliveira (2003), traz os valores destes parâmetros físico-químicos da água em faixas de tolerância à sobrevivência da espécie que possam influenciar seu ciclo reprodutivo e dispersivo em algumas bacias hidrográficas da América do Sul.

Tabela 1: Faixas de valores dos parâmetros físico-químicos da água dos quais o mexilhão dourado sobrevive conforme estudos realizados em bacias hidrográficas da América do Sul.

Parâmetros da água	Darrigran, 2002	Pareschi, 2008	Oliveira, 2003
Temperatura °C	15,3 – 32,6	19,9 - 33,1	17,9-31,8
Ph	6,20 – 7,40	7,27 - 9,96	5,7- 7,4
Cálcio Ca ⁺⁺ (mg/L)	1,00 - 3,96	4,66 -16,69	2,1-11,6

2.4.4 Mexilhão Dourado: Estágio Larval

Diferente das outras espécies de moluscos de água doce da América do Sul, que têm larvas parasitas (*Glochidium*) ou não estágio larval (por exemplo, Corbiculidae), o mexilhão dourado tem larvas de natação livre, o que facilita a rápida dispersão (CATALDO et al., 2005).

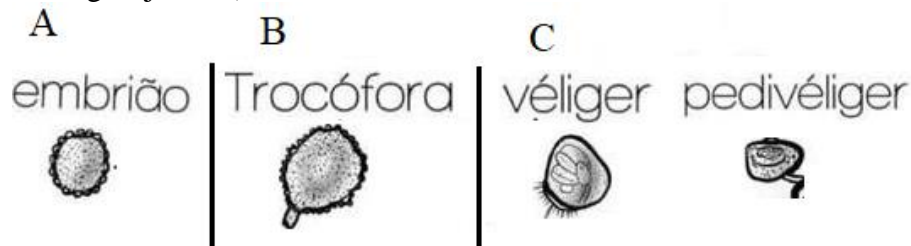
No estágio larval, as correntes de água auxiliam em sua dispersão, enquanto na fase adulta, os tráfegos de embarcações colonizadas pelo mexilhão podem facilitar sua disseminação (ERNANDES DE AMO et al., 2021).

Na fase larvar, o mexilhão-dourado ocupa a coluna d'água, integrando o plâncton. Nessa fase, podem atingir densidade de 30.000 ind./m³, apresentando flutuações sazonais, com ausência de larvas em meses mais frios, assim como em meses mais quentes, quando o nível da água diminui (PEREIRA, 2014). Devido à quantidade de larvas liberadas na água, elas são excelentes candidatas para desenvolver novas invasões, não apenas pelo seu grande número, mas também pelo seu tamanho microscópico (DE PAULA et al., 2021).

Durante a fase larval, esta espécie não é valvulada inicialmente, sendo valvulada posteriormente. No último estágio larval (Figura 6), as larvas (220-250 µm) apresentam um bisso desenvolvido (fibras produzidas pela glândula bissal do pé), permitindo que o animal se fixe a uma superfície (CATALDO., 2015).

Santos, Wurdig e Mansur (2005) descreveram a espécie como gonocorística (dióica), cujo desenvolvimento seria por meio de uma larva semelhante à de outras espécies de bivalves marinhos, como: após a fecundação do ovo, o embrião passaria por estágios de segmentação dos blastômeros para depois atingir o estágio de trocófora ciliada; após , transformar-se-ia na larva envolta por uma concha de charneira reta (denominada larva D); esta, após aproximadamente cinco dias, passaria a veliger (Figura 6a) caracterizado pela presença do véu ou “velum” que possibilita uma atividade intensa de natação e consumo de muitos nutrientes; o último estágio compreenderia uma larva umbonada (Figura 6b) ou juvenil com um pé bem desenvolvido, pronto para assentar-se e fixar-se ao substrato (Figura 6c).

Figura 5: Fases de desenvolvimento larval do mexilhão dourado a) Embrião; b) Trocófora; c) Véliger e pedivéliger (juvenil).



Fonte: Do autor, 2023

As larvas planctônicas possuem alta capacidade de aderência a substratos como pedras e madeira. Apesar disso, o mexilhão adapta-se facilmente sob condições ambientais inadequadas, como alto teor de poluentes, baixo pH e baixo teor de oxigênio dissolvido (DO AMARAL et al., 2019).

A adesão a uma superfície é o principal processo para formar um estilo de vida sésstil em inúmeras espécies aquáticas (LI et al., 2018). Em habitats invadidos, mexilhões dourados adultos aderem firmemente a substratos subaquáticos usando o bisso secretado por glândulas. O bisso é uma estrutura proteica formando um fio bissal e uma placa adesiva próxima ao substrato (LI et al., 2019).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o mexilhão dourado e uma avaliação da bioinvasão do molusco no Brasil.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento sobre a distribuição geográfica do mexilhão dourado nas Bacias Hidrográficas no Brasil;
- Realizar uma revisão sobre os impactos ambientais e econômicos causados pelo mexilhão dourado;
- Realizar um levantamento sobre medidas de controle da disseminação do animal utilizadas até o momento;

4 JUSTIFICATIVA

Em 2018, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) definiu o mexilhão dourado como umas das três espécies prioritárias para o controle, e publicou um plano de gestão para sua vigilância e erradicação (MMA, 2018; ROSA; ASSIS, 2020).

O estudo das características do mexilhão dourado é de grande importância para que possam ser propostas medidas para controlar a população, visando a diminuição dos impactos ambientais e econômicos causados.

Para propor medidas de controle e prevenção é necessário estudar o local em que o animal está estabelecido pois cada região tem características diferentes, plantas industriais que utilizam água *in natura* o tratamento físico é indicado. Criação de peixes em tanques-redes o método de tratamento será diversificado em função de outras espécies que estão envolvidas no processo por exemplo.

A prevenção ou a rápida detecção de invasões é economicamente viável comparando com gerenciamento pós-invasão, mas isso requer conhecimento detalhado das vias de introdução e tolerância ambiental (KRAMER et al., 2017; RIBOLLI et al., 2021). Uma das alternativas é modelar o potencial de distribuição da espécie em estudo com base em seu nicho ecológico tendo sido amplamente utilizado para prever a propagação de espécies invasivas (OLIVEIRA et al., 2011).

Para alcançar tais metas seria necessário conhecer a biologia e história de vida da espécie em pauta. Dessa forma o presente estudo se justifica pela necessidade de fomentar uma base de dados sobre o mexilhão dourado.

5 MÉTODOS

5.1 MÉTODOS UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTO DE DADOS E VALIDAÇÃO DE REFERÊNCIAS

Para o planejamento da revisão (tabela 1) e a questão de pesquisa a ser explorada foi formulada a partir da definição da população de interesse, das bacias hidrográficas infestadas com o mexilhão dourado e dos impactos causados (econômicos e ambientais).

Tabela 2: formulação da questão de pesquisa

População de interesse	Mexilhão dourado
Área de interesse	Bacias Hidrográfica Brasileiras
Resultados	Impactos Causados (ambientais e econômicos); Levantamentos Geográfico do mexilhão dourado; Medidas de Controle

Fonte: Do autor, 2023

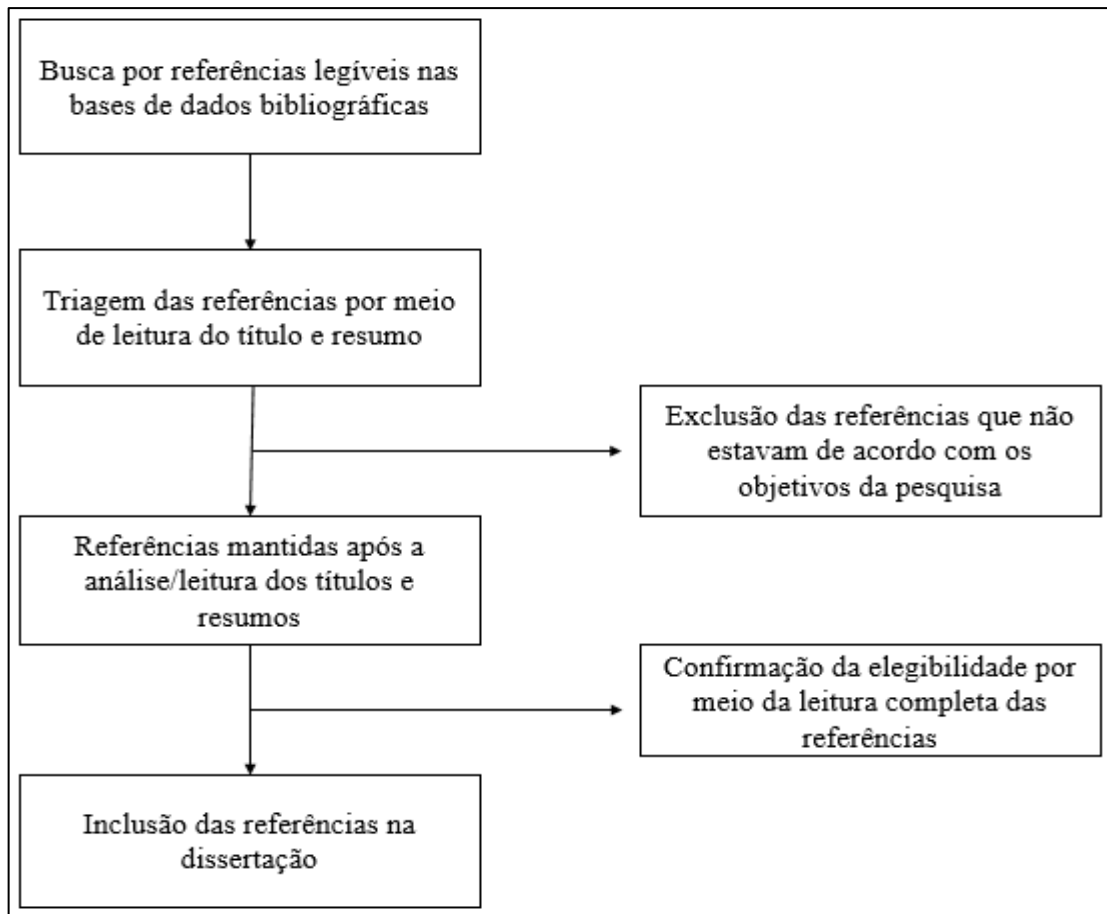
Para realizar a avaliação do mexilhão dourado entre as bacias hidrográficas brasileiras, foi realizado um levantamento de publicações nas bases de dados publicações de 2002 até 2023 em inglês, espanhol e português pelo Portal da CAPES, Scielo e Google Acadêmico.

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 do mexilhão dourado. Os documentos reunidos foram avaliados quanto a sua colaboração para o objetivo deste trabalho.

Foram selecionados trabalhos em que estariam relacionados a morfologia, historicidade, levantamentos geográficos, dispersão, incrustação, fisiologia, bioacumulação, toxicidade, antagonismo e ferramentas de controle desses organismos bioinvasores. O processo de avaliação de elegibilidade consistiu em duas fases: triagem documental com leitura do título e resumo, e fase de confirmação na qual foi lida a íntegra do artigo.

A triagem pela leitura do título e do resumo foi realizada pelo autor (figura 1) e serviu para excluir os documentos que claramente não atendiam aos critérios de elegibilidade e aos objetivos do trabalho e manter apenas os elegíveis.

Figura 6: Fluxograma do processo utilizado para a seleção das referências



Fonte: Do autor, 2023

5.2 CONDUÇÃO DA PESQUISA E LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para a elaboração da estratégia de busca, foram definidos termos de busca para cada domínio relevante da questão de pesquisa (população e área de interesse, levantamento bibliográfico e resultados). Os termos foram acrescentados por meio do operador booleano (Tabela 2). Os domínios, por sua vez, foram associados entre eles utilizando-se o operador booleano “AND”.

Tabela 3: Termos de busca utilizados para cada domínio da questão de pesquisa

População de interesse	<i>Limnoperna fortunei</i> ou mexilhão dourado
Área de interesse	geographic distribution ou distribuição geográfica
Revisão Bibliográfica	General characteristics; reproduction
Resultados	Economic and environmental impacts; control measures

Fonte: Do autor, 2023

5.3 MÉTODO UTILIZADO PARA O MAPEAMENTO GEOGRÁFICO DO MEXILHÃO DOURADO

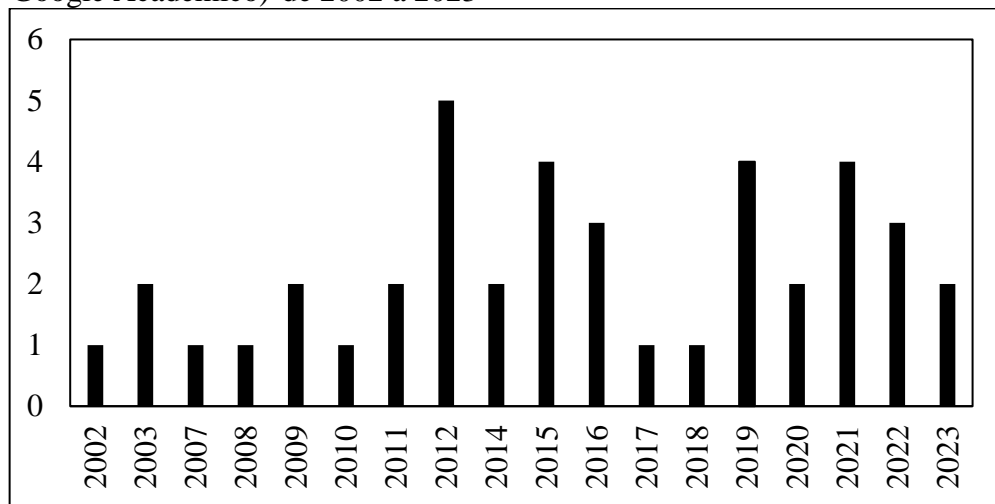
No mapeamento bibliográfico, resultado do levantamento geográfico, foi reportado os dados encontrados na revisão da literatura. O mapeamento sistemático foi composto por quatro estágios:

1. Identificação das bacias hidrográficas contaminadas com o mexilhão dourado (estudo primário).
2. Foi realizada triagem sobre os documentos e verificar se é mencionado a data que o corpo hídrico foi infestado com a praga. Caso não fosse mencionado, foi utilizado no mapa o ano de publicação da referência;
3. Averiguação da qualidade dos documentos selecionados na segunda etapa;
4. Disposição dos dados no mapa bibliográfico;

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro momento, são apresentados (Figura 7) e quantificados por ano os resultados do processo de pesquisa por referências nas bases de dado utilizadas, seguida por uma leitura e análise geral dos 41 documentos selecionados conforme descrito na metodologia.

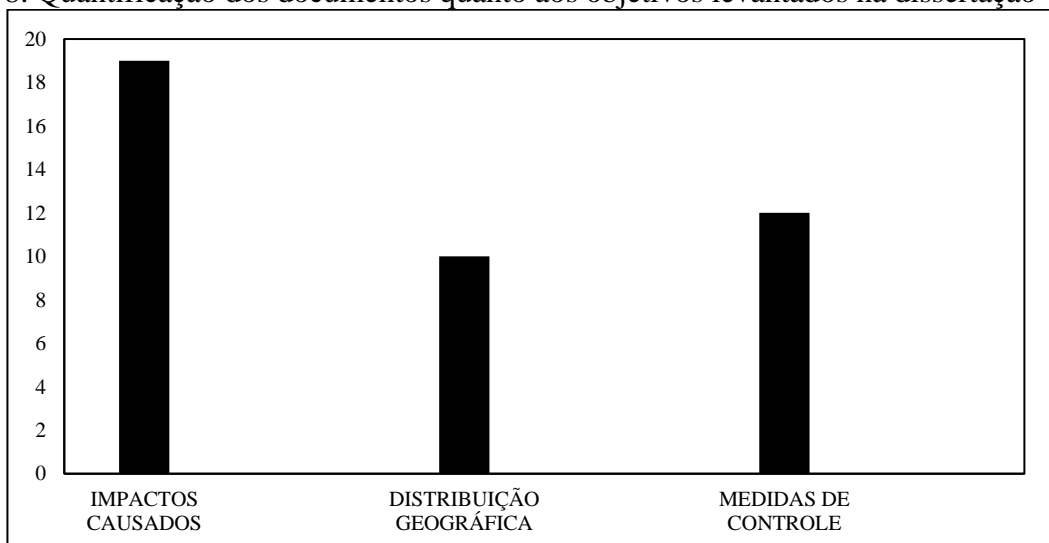
Figura 7: Resultado (quantificação) da busca por documentos nas bases de dados (da CAPES, Scielo e Google Acadêmico) de 2002 a 2023



Fonte: Do autor, 2023

Após a leitura os documentos foram segregados (figura 8) quanto a distribuição geográfica nas bacias hidrográfica para mapeamento geográfico, impactos ambientais e econômicos causados e medidas de controle para o mexilhão dourado.

Figura 8: Quantificação dos documentos quanto aos objetivos levantados na dissertação



Fonte: Do autor, 2023

6.1 MEXILHÃO DOURADO: IMPACTOS AMBIENTAIS

O mexilhão dourado 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 conseqüentemente nos processos ecossistêmicos (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011).

Boltovskoy et al. (2015b) 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. (2015), o mexilhão-dourado afeta o ciclo de nutrientes no ambiente aquático clarificando a coluna d'água.

Os moluscos podem remover substâncias tóxicas como metais pesados, agrotóxicos e toxinas presentes na água bioacumulando em seus tecidos e eventualmente de outros organismos aquáticos (ANTÔNIO; CAPILÉ; DURTE, 2016).

O mexilhão dourado apresenta um conjunto de atributos físicos e biológicos que influenciam a estrutura dos macros invertebrados. Deposita sedimentos como fezes e pseudofezes, esses biodepósitos fornecem alimento para outros invertebrados, esse enriquecimento orgânico de substratos altera a distribuição local e abundância das faunas bentônicas (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011).

Os indivíduos adultos do mexilhão 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 conseqüentemente, a morte (MANSUR et al., 2003; ROSA et al., 2019).

As colônias do mexilhão causam a destruição de habitats. Essas invasões biológicas são apontadas como a principal causa da perda da biodiversidade pela exploração do local colonizado (ÁVILA-SIMAS et al., 2019).

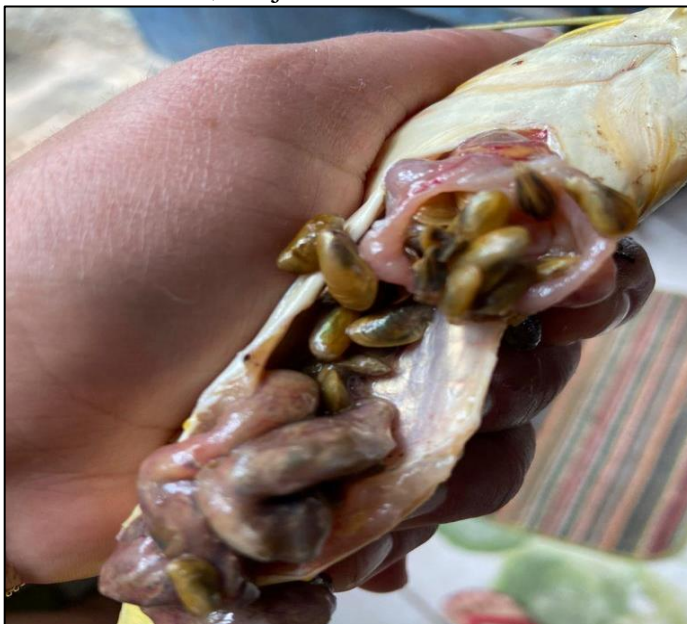
O mexilhão dourado tem causado impactos ecológicos significativos como modificação de habitat, reestruturação de comunidades e cadeias alimentares, mineralização de nutrientes, transferência de contaminantes, alteração da disponibilidade de oxigênio e taxas de sedimentação e promoção de crescimento excessivo de macrófitas e algas (HAUBROCK et al., 2022).

Os peixes também podem ser prejudicados por essa espécie invasora, pois se alimentam do mexilhão, sem, no entanto, realizar aproveitamento da biomassa. É comum encontrar o trato

digestivo de algumas espécies de peixe preenchido com bivalves (Figura 9), evidenciando que o molusco não foi digerido. As conchas permanecem inteiras, e acabam ferindo o animal ao ser excretado, com sua borda cortante. Podem eventualmente fragilizar o peixe, promovendo o surgimento de doenças (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011; RESENDE, 2014). Além disso, os peixes também podem se portar como vetores, promovendo ainda mais a dispersão dos moluscos.

O monitoramento do ambiente é uma importante ferramenta para determinar o nível de invasão, os períodos reprodutivos e o potencial de recrutamento, indicando o momento mais adequado para o uso de medidas de controle (AYROZA et al., 2021).

Figura 9: Exemplos íntegros de mexilhão dourado, 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.



Fonte: arquivo pessoal da Médica Veterinária Amanda Maria Siqueira Moreira

6.2 MEXILHÃO DOURADO: IMPACTOS ECONÔMICOS

As invasões biológicas representam uma grande ameaça ambiental, condicionando também perdas econômicas substanciais. O mexilhão vive em colônia tendo um comportamento gregário (Figura 10) que pode ocasionar corrosão e obstrução de superfícies e tubulações (BOLTOVSKOY et al., 2009; BRUGNOLI et al., 2011; CAMARGO et al., 2021).

A entrada e posterior fixação de *L. fortunei* nas instalações ocorre durante os estágios larvais e juvenis planctônicos (200 mm), que devido ao seu tamanho não são retidos pelos filtros de acesso aos sistemas hidráulicos (BRUGNOLI et al., 2011).

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 (CAMARGO et al., 2021).

Figura 10: Pedaco de madeira tratada utilizada em jirau, nas margens do Reservatório da UHE de Volta Grande, no Município de Miguelópolis, evidenciando o modo de vida gregário do mexilhão dourado.



Fonte: Do autor, 2023

As consequências do estabelecimento do mexilhão dourado incluem redução do diâmetro da tubulação, bloqueio da tubulação, diminuição do fluxo de água causado por atrito, acúmulo de conchas em tubulações, contaminação da água por mortalidade em massa dos indivíduos e obstrução dos sistemas de refrigeração (BRUGNOLI et al., 2011; LUDWIG et al., 2021).

Na captação de água ocorrem grandes problemas com o entupimento de válvulas, bombas e grades, diminuindo o fluxo de entrada, com isso a distribuição de água para as estações de tratamento também fica prejudicada devido ao entupimento das tubulações. O organismo invasor ainda pode entrar na estação de tratamento, onde, ao morrer em decorrência do processo de tratamento, gera resíduo orgânico (MANSUR et al., 2003). Em algumas situações mesmo a água permanecendo potável, algumas pessoas sentem um cheiro desagradável, como já relatado em Porto Alegre (Ricardo Motta Pinto-Coelho, comunicação pessoal, 2000).

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 (BESEN; MARENGONI, 2019).

Além disso, a incrustação diminui a vida útil dos tanques-rede, provocando aumento da massa das telas, causando danos às estruturas de flutuação, podendo resultar no rompimento das malhas (COSTA et al., 2012). Segundo Sousa e Ayrosa (2019) o modo de vida do mexilhão resulta em um aumento de 27% ou mais, nos custos de produção de peixes em tanques-rede.

De acordo com Costa, Martins e Ayrosa (2018), 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.

Segundo Oliveira (2003) no Pantanal foi certificado que o mexilhão dourado entra no sistema de refrigeração dos motores das embarcações dificultando que a água circule no sistema, causa superaquecimento do motor, que pode vir a apresentar mal funcionamento. Também foi observada no sistema de captação de água (bombas e tubulações) e na estação de tratamento de água das cidades de Corumbá e Ladário, cidade também localizada no Estado de Mato Grosso do Sul.

6.3 MEXILHÃO DOURADO: DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

6.3.1 Mexilhão dourado: Métodos de Detecção

Atualmente, no continente sul americano, além da Argentina o mexilhão dourado infestou países como o Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil (BOLTOVSKOY; CORREA, 2015).

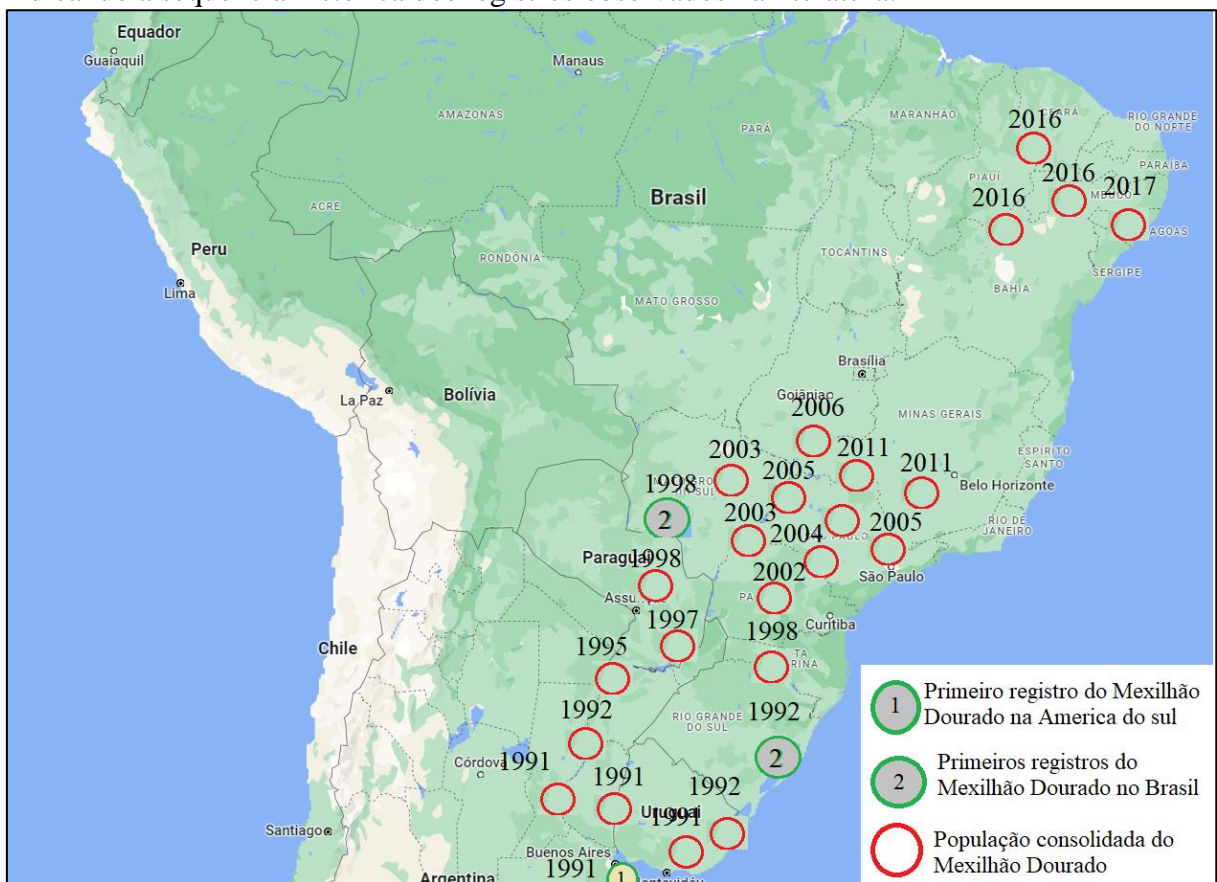
A distribuição geográfica do mexilhão dourado no Brasil tem sido avaliada por meio de diversos registros de sua presença nos ambientes. Os métodos de detecção da presença do mexilhão dourado mais utilizados foram a observação da presença de adultos por meio da inspeção de blocos submersos, realizada manualmente ou com uso de dragas, pela inspeção de exposições rochosas ao longo da costa e no leito do rio e/ou reservatório, além de serem coletados também em lagos e lagoas marginais (BOEGER et al., 2007).

O Brasil possui doze bacias hidrográficas, sendo que em sete delas (Uruguai, Atlântico Sul, Paraná, Paraguai, São Francisco, Atlântico Sudeste e Atlântico Nordeste Oriental) já foram

registradas a presença do animal (Figura 11) (HERMES-SILVA et al., 2021; RIBOLLI et al., 2021).

Outros métodos também são utilizados para a identificação do mexilhão dourado no ambiente. Os mais usuais após a identificação visual do animal adulto, é a coleta de plâncton e consequente identificação das diferentes fases de desenvolvimento do mexilhão, porém recentemente o uso da técnica do DNA ambiental tem revolucionado os estudos (CAPURRO et al, 2023).

Figura 11: Mapa do histórico da invasão do mexilhão dourado no Brasil e na América do Sul, indicando a sequência histórica dos registros observados na literatura.



Fonte: Do autor modificado a partir de imagem disponibilizada pelo Google, 2023

6.3.2 Mexilhão Dourado: Invasão na Bacia do Paraná e Atlântico Sul

De acordo com Hermes–Silva et al. (2021), entre 2016 a 2020 foram identificados três novos registros do mexilhão dourado nas 60 publicações disponíveis, este registro foi publicado em 2019 e refere-se a 10 espécimes do mexilhão dourado coletados em outubro de 2010 na baía-estúário complexo dos canais de Santos, São Vicente e Bertioga.

No estado de São Paulo, a presença do mexilhão dourado é relatada em hidrelétricas que

utilizam água do rio Paraná, como nas Usinas Hidrelétricas (UHE) Ilha Solteira, Porto Primavera e Jupia, e do Paranapanema, na UHE Rosana (MINILLO et al., 2016).

Dispersando-se ao longo do sistema hidroviário Paraná/Tietê, o mexilhão dourado expandiu em direção norte alcançando os estados de Minas Gerais e Goiás, no qual sua presença foi registrada em 2004 no rio Paranaíba (ROSA; ASSIS, 2020).

O mexilhão dourado foi registrado no rio Grande em 2011, no reservatório de Volta Grande SP/MG, embora o rio Grande não apresenta características de uma hidrovia navegável para embarcações comerciais devido à presença de barramentos em cascata, foram registrados a presença da espécie em grande parte do rio Grande, nos reservatórios de Porto Colômbia, Mascarenhas de Moraes e Marimbondo. Tal fato pode ser explicado por outros vetores de dispersão presentes nestes rios como barcos de pesca, piscicultura e uso de areia retirada de locais infestados (ROSA; ASSIS, 2020).

De acordo com Pestana et al, (2010) no Alto Paraguai em 2004 já havia sido detectada a presença do mexilhão dourado em toda a extensão desse rio, desde sua foz, em Pylar (Paraguai), até o rio Apa, que fica na extremidade da bacia estudada, comprovando que a dispersão da espécie é facilitada pela integração entre corpos hídricos de diferentes sistemas.

6.3.3 Mexilhão Dourado: Invasão na Bacia do São Francisco

O Rio São Francisco, é uma das mais importantes bacias hidrográficas do país, abastece mais de 500 municípios, desde a sua nascente, na Serra da Canastra, em Minas Gerais, até o Oceano Atlântico, percorrendo os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Grandes obras de engenharia foram e estão sendo realizadas em seu curso, sendo as mais importantes, as usinas hidroelétricas e as obras de transposição (SANTOS; JUNIOR; SOUSA, 2022).

Os registros de ocorrência do mexilhão dourado na bacia do São Francisco aceleram sua dispersão por águas de transposição, visto sua impressionante adaptabilidade e ciclos reprodutivos larvais bem sucedidos (SILVA et al., 2016).

Segundo Santos, Junior e Sousa (2022) foram encontradas espécimes de mexilhão nos sistemas de captação e transposição de água no Canal do Sertão, em 2021, nas estruturas metálicas da estação elevatória de bombeamento as margens do lago da UHE de Apolônio Sales e na ponte sobre o Canal.

6.4 MEXILHÃO DOURADO: MEDIDAS DE CONTROLE

As ações de prevenção são importantes para conter a dispersão do mexilhão-dourado para as bacias hidrográficas ainda não contaminadas no Brasil, envolvendo diferentes atores da sociedade e serem implementadas anteriormente à detecção da espécie invasora, com a finalidade de alertar para os principais vetores de dispersão, que são, em sua maioria, decorrentes de atividades humanas (DARRIGRAN; ARCHUBY; MANSUR, 2012).

De acordo com Darrigran e Damborenea (2009), o controle populacional do mexilhão-dourado é focado principalmente em instalações industriais, podendo ser planejado por meio de duas abordagens:

1. Tratamento proativo, no qual dosagens de moluscidas são aplicadas para controlar o assentamento de larvas, por meio de aplicações intermitentes, contínuas ou semicontínuas. Essa abordagem é adotada desde o início do período de liberação de larvas no plâncton;
2. Tratamento reativo, no qual o alvo são os indivíduos adultos. Pode ser aplicado no final de uma estação reprodutiva ou de forma periódica. Ambas as abordagens necessitam de monitoramento populacional para o acompanhamento das flutuações populacionais de larvas e adultos.

6.4.1 Controle Físico

O controle físico é feito por remoção mecânica como: bombas de alta pressão, ondas sonoras, radiação ultravioleta e por meio de revestimentos anti-incrustantes, sem biocidas. Os métodos mecânicos como raspagem, filtração, jateamento e turbulência são isentos de registro, porém, métodos físicos como os que envolvem radiação ultravioleta, ultrassom, corrente elétrica e campo magnético necessitam de registro junto ao Ibama, atendidas as diretrizes e exigências da Lei nº 7.802/1989 e normas complementares (ZURITA, 2012; PEREIRA, 2012).

O controle populacional por método físico desses invasores possui como vantagem causar menos impacto ambiental quando comparada com métodos químicos, pois não deixam contaminantes residuais no ambiente aquático ao serem utilizados (ZURITA, 2012; KOWALSKI; KOWALSKI, 2008).

6.4.1.1 Métodos Elétricos

De forma geral, nos métodos elétricos são utilizados eletrodos imersos na água onde é aplicada uma diferença de potencial elétrico, com o objetivo gerar um campo elétrico no meio entre eles (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008; PEREIRA, 2012).

A técnica utilizada é a de pulsos de campo elétrico de curta duração. Esta técnica tornou-se viável devido ao desenvolvimento de tecnologias que utilizam dispositivos eletrônicos rápidos de alta potência. Pulsos de campo elétrico, com duração de microssegundos até nano segundos podem ser gerados com potência na ordem de megawatts. Esse pulso aplicado produz variações rápidas do campo elétrico e, como consequência, leva corrente elétrica ao interior da larva causando mortalidade ou atordoamento, o qual evita que a larva se fixe nas paredes das tubulações (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008; PEREIRA, 2012).

Os custos operacionais dos dispositivos de pulsos de potência vão depender de variáveis como: taxa de repetição e amplitude e duração do pulso, as quais são fatores concomitantes para matar ou causar atordoamento nos organismos de interesse (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008).

6.4.1.2 Método Magnético

Estudos realizados em campo e laboratório apontam que o tratamento magnético na água causa degeneração do aparelho respiratório, e outras estruturas específicas ligadas à troca de gases e alimentação. Em sistemas fechados, os mexilhões expostos ao tratamento com campos eletromagnéticos de frequência baixa, indicam 100% de mortalidade. Segundo Kowalski; Kowalski (2008) essa mortalidade seria fundamentalmente atribuída à perda de cálcio pelo molusco; o que o autor considera pouco provável.

6.4.1.3 Método Acústico

O método acústico, basicamente se divide em três principais linhas: cavitação, tratamento sonoro e vibração (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008). Estudos realizados referentes ao uso da cavitação de forma contínua na faixa de frequências de 20 a 380 kHz, mostram que o processo mata o molusco (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008; PEREIRA, 2012). Segundo Kowalski e Kowalski (2008) a vibração tem sido aplicada para evitar que os mexilhões adultos e juvenis se fixem às estruturas.

Assis et al. (2023) em experimento realizado com dispositivo sonico, comprovou a eficácia de ondas ultrassônicas na dissociação e morte de mexilhões dourados, o que possibilita o seu controle a partir desse tratamento físico.

6.4.1.4 Radiações Ultravioletas UV

A radiação ultravioleta é letal a várias espécies de organismos, principalmente aos planctônicos (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008).

O Processo de tratamento consiste na irradiação da luz ultravioleta na água, induzindo mudanças fotoquímicas nos organismos que irão quebrar as ligações químicas no DNA. Isto acarreta problemas na sobrevivência dos organismos, ou seja, ocorrem mutações nocivas levando-os a morte (PEREIRA, 2012). Vale lembrar que este processo não tem o mesmo resultado para organismos maiores, em geral, combina as radiações U.V com a filtração da água (PEREIRA, 2012).

De acordo com Pelli et al (2022) o uso de luz na faixa de comprimento do Ultravioleta tem potencial para auxiliar no controle de organismos aquáticos, com as radiações ultravioletas – conhecidas como UVA (comprimento de onda de 315 a 400 nm), UVB (comprimento de onda na faixa de 280 a 315 nm) e UVC (comprimento de onda entre 100 e 280 nm), com baixo comprimento de onda e muita energia, possuem maior potencial de penetração nos tecidos, podendo ocasionar danos permanentes nos moluscos.

6.4.2 Controle Químico

A principal desvantagem de utilizar esse tipo de controle está nas limitações dos componentes químicos, na maioria das vezes considerados tóxicos, causando danos aos sistemas hídricos, como por exemplo, a alteração dos padrões de qualidade das águas e até a extinção de espécies. Portanto, seria necessário a adequação às regulamentações ambientais. Segundo Rodriguez (2012) seria prudente se eleger um produto químico de menor impacto no ambiente e que seja eficaz para impedir incrustação ou eliminar os mexilhões. Acredita-se que uma eventual redução já seria uma “vitória” contra essa espécie de elevado potencial biótico.

Controlar o estabelecimento é o maior desafio, pois interfere no ciclo de vida do organismo invasor, mas experimentos com estágio larval são mais trabalhosos e requerem maiores cuidados quanto à precisão dos resultados, sendo necessário avaliar a mortalidade retardada (CLAUDI; OLIVEIRA, 2015b).

A maioria dos estudos existentes foram realizados com mexilhões adultos, nos quais relataram que concentrações de cloro de 0,25 a 3,0 mg/L causaram mortalidade de indivíduos expostos. Esses resultados demonstraram eficiência do controlador onde os indivíduos de 10 mm de comprimento exposto a 0,25 mg/L tiveram um percentual de 100% de mortalidade em

1.080 horas e os expostos a 3,0 mg/L atingem esse percentual em 252 horas (RAJAGOPAL et al, 2002).

Claudi e Oliveira (2015b) usaram estratégias de controle químico do mexilhão dourado, testadas até o momento, listando 24 compostos químicos, seus efeitos, doses letais e o percentual de mortalidade. Das 88 avaliações de toxicidade de agentes químicos de controle do mexilhão-dourado compilados pelas autoras, a maioria foi realizada mediante a exposição de indivíduos adultos (91%), contra apenas 9% desses estudos sendo realizados mediante a exposição de estágio larval. Segundo o mesmo estudo de Claudy e Oliveira (2015b) a maioria dos agentes químicos de controle exige dosagens muito elevadas, conferindo riscos ao ambiente aquático e à biota, muitos deles carecendo de estudos ecotoxicológicos que aprofundem o conhecimento sobre a ecotoxicidade.

6.4.2.1 Método de indução Anóxia ou Hipóxia

A ausência total de oxigênio (anóxia) é eventualmente letal para os animais que vivem em meio aquático e uma quantidade insuficiente de oxigênio (hipóxia) enfraquece os indivíduos, deixando-os susceptíveis a diversas doenças e afetando sua capacidade de reprodução (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008; PEREIRA, 2012; RESENDE, 2014). Além da variável concentração de oxigênio, outra variável assume importante papel nesse processo é a temperatura (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008).

Geralmente tem se provocado a hipóxia ou anóxia, por meio da introdução de sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S); ou ainda outros compostos como o Metabissulfito de Sódio ($Na_2S_2O_5$). Também existem sistemas mecânicos que retiram o oxigênio da água através de um sistema a vácuo, porém sendo aplicável somente em sistemas de baixo fluxo ou de águas paradas ou em sistemas fechados que estão sendo habitados somente pelo mexilhão dourado, pois aplicando o método de controle em local aberto é provável que mate outras espécies no local (KOWALSKI; KOWALSKI, 2008).

6.4.3 Controle Biológico

Uma forma de regular a densidade populacional das espécies é por meio do controle biológico, no qual inimigos naturais atacam organismos considerados pragas; porém, os métodos deste tipo controle do mexilhão dourado ainda são incipientes (CARDOSO, 2014).

Algumas espécies de peixes se alimentam do mexilhão dourado, porém a introdução de predadores pode trazer um problema maior porque é difícil determinar o comportamento da nova espécie no ecossistema, o que representa o risco de introdução de outra praga no ambiente (ROSA et al., 2017).

Poucas espécies apresentam potencial para o controle do mexilhão dourado. Algumas espécies de peixes foram relatadas efetivamente consumindo mexilhões. Algumas espécies de peixes, em especial os que “mastigam” podem eventualmente quebrar a concha do animal e consumir esses moluscos. Entre as espécies que consomem os mexilhões dourados, pode-se citar o *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, popularmente denominado como pacu, o *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) ou piau-três-pintas e o *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824; popularmente denominado cará, acará-papa-terra ou acará-diadema (Afonso Pelli, comunicação pessoal, 2023).

7 CONCLUSÕES

Acredita-se que o mexilhão dourado, em virtude de suas características bióticas, apresenta a tendência de vir a se distribuir por toda a América do Sul, ocupando os mais diversos ambientes aquáticos. Os padrões atuais observados indicam que o mexilhão dourado deverá se distribuir pelas bacias mais caudalosas e nas calhas principais, sem eventualmente ocupar as nascentes ou ambientes de primeiras ordens.

Os impactos causados pelo mexilhão dourado são de diferentes ordens e magnitudes. Causa impactos ambientais, econômicos e sociais; prejudicando ou mesmo inviabilizando a sustentabilidade nas diversas esferas, talvez a mais afetada seja a ambiental. Em plantas industriais, que usam água *in natura*, existe uma grande possibilidade de ocorrer a infestação do mexilhão, pois é difícil detectar e controlar as larvas do animal. Nesse caso a ocupação do mexilhão dourado poderia se estabelecer em usinas hidrelétricas ou estações de aquicultura causando enorme prejuízo econômico. Porém, na esfera ambiental, os impactos são incalculáveis. A eventual extinção local ou biológica de uma espécie gera um impacto as vezes incalculável e, as vezes, sem precedentes.

Até o momento não existe mecanismo eficaz de controle o mexilhão dourado. Talvez em pequenos espaços é possível gerir o manejo e conviver com a situação. Após sua introdução pouco ou quase nada tem sido feito, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo.

O cenário atual indica que muita pesquisa básica e aplicada ainda deve ser realizada visando conhecer a biologia, história de vida e particularidades da espécie, que provavelmente apresenta populações extramamente heterogêneas e diversas em vários atributos.

Concluindo, pode-se dizer que após sua introdução, pouco ou quase nada pode ser feito, a não ser a mitigação de impactos locais e minimização dos prejuízos causados nas diferentes esferas do contexto mais amplo.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, Q. D. F. **Estudo do potencial de utilização do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) como bioindicador de genotoxicidade para avaliação da qualidade de ambientes aquáticos contaminados com mercúrio.** Tese: Ciências Farmaceuticas. Universidade Federal do Pampa. Uruguaiiana 2017.
- ASSIS, P.S.; PELLI, A.; GOIS, G. A.; CARVALHO, A. C.; ARAUJO, G. S. Ondas Ultrassônicas para o Controle do *Limnoperna Fortunei* – O Mexilhão Dourado. **CONCILIUM**, v. 23, n. 6, 2022.
- AVELAR, W. E. P.; CUNHA, A. D. The anatomy and functional morphology of *Diplodon rhombus fontainianus* (Orbigny, 1835) (Mollusca Bivalvia, Hyriidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 4, p. 1153-1163. 2009.
- ÁVILA-SIMAS, S.; MORATO, M. M.; REYNALTE-TATAJE, D. A.; SILVEIRA, H. B.; ZANIBONI-FILHO, E.; NORMEY-RICO, J. E. Model-based predictive control for the regulation of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). **Ecological Modelling**, v. 406, p. 84-97. 2019.
- AYROZA, D. M. M. R.; DE MELO, T. J.; FARAIA-PEREIRA, L. P.; PETESSE, M. L.; REBELO, M. F.; DO CARMO, C. F.; CATALDO, D. H. *Limnoperna fortunei* colonization and macrofouling on net cages in a subtropical reservoir (Brazil). **WILEY. Aquaculture Research**, p. 1-11, 2021.
- AYROZA, D. M. M. R.; DO CARMO, C. F.; CAMARGO, A. F. M., DE OLIVEIRA, M. D.; PETESSE, M. L. Net cages enhance golden mussel (*Limnoperna fortunei*) larval density and condition factor. **Freshwater Biology**, v.64, p. 1593–1602, 2019. DOI: 10.1111/fwb.13355.
- ANTÔNIO, L. L. C. P. S.; CAPILÉ, H. E.; DUARTE, R. **Mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) como bioindicador aquático.** Pesquisa e Educação a Distância N° 8. N° VIII - Anais - VI Semana de Extensão e Pesquisa. 2016
- AVELINO, P. G.; AVELINO, D. F. G.; SILVA, T. De A. Impactos provocados pelo descarte do *Limnoperna fortunei* em pisciculturas do submédio Rio São Francisco. **Interfaces**, v. 7, p. 282-288, 2019.
- BARBOSA, F. G.; MELO, A. S. Modelo preditivo de sobrevivência do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) em relação a variações de salinidade na Laguna dos Patos, RS, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 409-412, 2009.
- BARBOSA, N. P. U.; SILVA, F. A.; OLIVEIRA, M. D.; NETO, M. A. S.; CARVALHO, M. D.; CARDOSO, A. V. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River basin, Brazil. **Check List, the journal of biodiversity data**, v. 12, n. 1, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/12.1.1846> ISSN 1809-127X.
- BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, P. J. W.; GOLDING, D. W.; SPICER, J. I. **Os Invertebrados: Uma síntese.** 2ª Edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. 495 p.
- BELLAY, S.; ROSA, F. R.; BOZZA, A. N.; FERNANDES, S. E. P.; SILVEIRA, M. J. Introdução de espécies em ecossistemas aquáticos: causas, prevenção e medidas de controle. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, p. 181-201, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n1p181-201>.
- BELZ, C. E.; BOEGER, W. A.; ALBERTI, S. M.; PATELLA, L.; VIANNA, R. T. "Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em reservatórios e sistemas de usinas

hidrelétricas da Companhia Paranaense de Energia–Copel." **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 27, n. 2, p. 123-126, 2005.

BESEN, M. A.; MARENGONI, N. G. Incrustação de mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) nas telas de tanque-rede. **Acta Iguazu**. v. 8., p. 60-68, 2019.

BOEGER, W. A.; PIE, M. R.; FALLEIROS, R. M.; OSTRENSKY, A.; DARRIGRAN, G.; MANSUR, M. C. D.; BELZ, C. E. Testing a molecular protocol to monitor the presence of golden mussel larvae (*Limnoperna fortunei*) in plankton samples. **Journal of Plankton Research**. v, 29, p. 1015-1019, 2007.

BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N. Ecosystem impacts of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* (golden mussel) in South America. **Hydrobiologia**, v. 746, p. 81-95, 2015.

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**, p. 1968–1981, 2013. DOI:10.1111/fwb.12184

BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; SYLVESTER, F.; CATALDO, D. Nutrient recycling, phytoplankton grazing, and associated impacts of *Limnoperna fortunei*. **Switzerland: Springer**, v. 10 p. 153-176, 2015 (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).

BOLTOVSKOY, D.; MORTON, B.; CORREA, N.; CATALDO, D.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P. E.; SYLVESTER, F. Reproductive Output and Seasonality of *Limnoperna fortunei*. **Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology**, v. 10, p. 77-103, 2015 DOI: 10.1007/978-3-319-13494-9_5

BOLTOVSKOY, D.; SYLVESTER, F.; OTAEGUI, A.; LEITES, V.; CATALDO, D. H. Environmental modulation of reproductive activity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei*: implications for antifouling strategies. **Journal compilation. Ecological Society of Australia**, v. 34, p. 719–730. 2009. DOI:10.1111/j.1442-9993.2009.01974.x

BRUGNOLI, E.; DABEZIES, M. J.; CLEMENTE, J. M.; MUNIZ, P. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) en el sistema de embalses del Río Negro, Uruguay. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 576-592, 2011. DOI:10.4257/oeco.2011.1503.10

BRUGNOLI, E.; CLEMENTE, J.; BOCCARDI, L.; BORTHAGARAY, A.; SCABARINO, F. Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: update and predictions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 2, p. 235-244, 2005.

BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2007.

CALLIL, C. T.; GOMES, A. L. T.; PINILLOS, A. C.; SOARES, V. A gametogênese em *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). In M. C. D. Mansur, C. P. Santos, D. Pereira, I. C. P. Paz, M. L. L. Zurita, M. T. R. Rodriguez, M. V. Nehrke; P. E. A. Bergonci (Eds.), **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle** (pp. 111-118). Porto Alegre: Redes Editora, 2012.

CAMARGO, P. R. S.; BARREIROS, L. F. G.; BARBOSA, N. P. U.; CARDOSO, A. V.; ASSIS, P. S.; PELLI, A. Estado atual de conhecimentos das principais características dos moluscos. **Brasilian Journal of Development**, v. 7, p. 40950-40963. 2021.

CAMARGO, P. R. S.; NEVES, N. M.; DOS ANJOS, M. R.; BARBOSA, N. P. U.; CARDOSO, A. V.; ASSIS, P. S.; PELLI, A. Pode o mexilhão dourado reproduzir em laboratório? **Conjecturas**, v. 21, n. 7, p. 614-629, 2021.

- CARDOSO, C. C. **Predadores ou dispersores? A relação do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) com quatro espécies de quelônios (Reptilia, Testudines) da planície costeira do Brasil subtropical.** Dissertação. – Instituto Ciências Biológicas. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2014.
- CAPÍTOLI, R. R.; COLLING, L. A.; BEMVENUTI, C. E. Cenários de distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca – Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS – Brasil. **Atlântica**, v. 30, n. 1, p. 35-44, 2008.
- CAPURRO, L.; BRUGNOLI, E.; DÍAZ-FERGUNSON, E.; MARTÍNEZ, C. Detection of *Limnoperna fortunei* DNA From Plankton Samples: A New Protocol. **European Journal of Biology and Biotechnology**, v. 4, 2023. DOI: 10.24018/ejbio.2023.4.2.451
- CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; HERMOSA, J.L.; CANZI, C. Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (bivalvia: mytilidae). **Journal of Molluscan Studies**, v. 71(1), p. 41-46, 2005.
- CATALDO, H. D. Larval Development of *Limnoperna fortunei*. **Springer International Publishing Switzerland**. v, 10, 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-13494-9_2.
- CLAUDI, R.; DE OLIVEIRA, M. D. Chemical Strategies for the Control of the Golden Mussel (*Limnoperna fortunei*) in Industrial Facilities. **Springer International Publishing Switzerland**. v, 10, 2015 D DOI 10.1007/978-3-319-13494-9_23.
- CORREA, N.; SARDIÑA, P.; PEREPELIZIN, P.V.; 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. P. 119-143. (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10). 2015
- COSTA, F. M. C.; PASCHOAL, F.; ALCANTARA, A. A. Ocorrência de espécies de caramujos marinhos (Mollusca; Gastropoda) em costões rochosos das praias da Viola e Prainha, na Ilha de Itacuruçá, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 8, n. 2, p. 155-162. 2020.
- COSTA, J. I.; MARTINS, M. I. E.; AYROZA, D. M. M. R. 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.
- COSTA, J. M.; MANSKE, C.; SIGNOR, A. A.; LUCHESI, J. D.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; Incrustação de mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* em tanques-rede. **Cultivando o Saber**, v. 5, p. 37-46, 2012.
- DARRIGRAN, G.; ARCHUBY, F.; MANSUR, M. C. D. Manejo integrado de espécies invasoras. **Moluscos Límnicos Invasores no Brasil**. Porto Alegre: Redes Editora. p. 383-388. 2012.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. Ecosystem engineering impact of *Limnoperna fortunei* in South America. **Zoological Science**, v. 28, p. 1–7, 2011.
- DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions**, v. 4, p. 145-156, 2002.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, M. C. **Introdução à biologia das invasões. O mexilhão-dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle**. São Carlos: Cubo Editora. p. 89-110. 2009.

- 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. p. 89-110. 2009.
- DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P. E. Biología reproductiva de *Limnoperna fortunei*. In G. Darrigran; M. C. Damborenea (Eds.). **Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano**. La Plata: Edulp. p. 71-84. 2006.
- DE OLIVEIRA, J. L. **A abordagem dada aos moluscos nos livros didáticos de ciências naturais**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes Departamento de Ensino de Ciências e Biologia – UERJ. 2010.
- DE PAULA, R. S.; REIS, M. P.; ANDRADE, G. R.; SOUZA, C. C.; CARDOSO, A. V.; JORGE, E. C. A Case for the Continued Study of the Golden Mussel Invasion of Brazil: Efficient Detection and Containment of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) Dispersion Involves Multiple Approaches and Different Actors. **Oceanography & Fisheries Open access Journal**, v. 13, n. 4, 2021.
- DEI TOS, C.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; SARAH, T. M. Cellular development of the germinal epithelium during the gametogenic cycle of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). **Revista de Biologia Tropical**, v. 64(2), p. 521-536. 2016.
- DO AMARAL, Q. D. F.; DA ROSA, E.; WRONSKI, J. G.; ZURAVSK, L.; QUEROL, M. V. M.; DOS ANJOS, B.; DE ANDRADE, C. F. F.; MACHADO, M. M.; DE OLIVEIRA, L. F. S. Golden mussel (*Limnoperna fortunei*) as a bioindicator in aquatic environments contaminated with mercury: Cytotoxic and genotoxic aspects. **Science of the Total Environment**, v. 675, p. 343–35. 2019.
- ERNANDES DE AMO, V.; ERNANDES-SILVA, J.; MOI, D. A.; MORMUL, R. P. Hydrological connectivity drives the propagule pressure of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in a tropical river–floodplain system. **Hydrobiologia**, v. 848, p. 2043–2053, 2021.
- ERNANDES-SILVA, J.; PINHA, G. D.; MORMUL, R. P. Environmental variables driving the larval distribution of *Limnoperna fortunei* in the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, e108. 2017.
- ERNANDES-SILVA, J.; RAGONHA, F. H.; JATI, S.; TAKEDA, M. *Limnoperna fortunei* Dunker, 1857 larvae in different environments of a Neotropical floodplain: relationships of abiotic variables and phytoplankton with different stages of development. **Brazilian Journal of Biology. (Revista Brasileira de Biologia)**, v. 76, p. 154-161, 2016.
- FILHO, G. F. S.; TENÓRIO, D. O.; PINTO, S. L.; ALVES, M. S. Mollusca Scaphopoda Bronn, 1862 da costa nordeste do Brasil. **Tropical Oceanography, Recife**, v. 40, n. 1, p. 29-103, 2012.
- FREIRE, C. G.; MARAFON, A. T. Espécies de moluscos invasores nos ecossistemas aquáticos brasileiros e seu impacto no meio ambiente. **InterfaceHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, 2018.
- FREITAS, E.T. F.; MOREIRA, A. M. S.; PAULA, R. S.; ANDRADE, G. R.; CARVALHO, M. D.; ASSIS, P. S.; JORGE, E. C.; CARDOSO, A. V. Ultrastructure of the gill ciliary epithelium of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857), the invasive golden mussel. **BMC Zoology**, v. 7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40850-022-00107-y>
- GATTÁS, F.; DE STAFANO, L. G.; VINOCUR, A.; DORDET, F.; ESPINOSA, M. S.; 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**, v. 209, p. 748-757, 2018. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.129
- 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**, v. 201, 2020.
- GAZULA, V. **O mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1875) na presença de cianobactérias: taxa de filtração, comportamento alimentar e sobrevivência.** Tese – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.
- GIGLIO, M. L.; MANSUR, M. C. D.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P. E.; DARRIGRAN, G. Reproductive pattern of the aggressive invader *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in South America. **Invertebrate reproduction and Development**, v. 60, p. 175-184, 2016.
- GONZALES-BERGONZONI, I.; SILVA, I.; DE MELLO, F. T.; D'ANATRO, A. BOCCARDI, L.; STEBNIKI, S.; BRUGNOLI, E.; TESITORE, G.; VIDAL, N.; NAYA, D. E. Evaluating the role of predatory fish controlling the invasion of the Asian golden mussel *Limnoperna fortunei* in a subtropical river. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, p. 717-728, 2020. DOI: 10.1111/1365-2664.13573
- HAUBROCK, P. J.; CUTHBERT, R. N.; RICCIARDI, A.; DIAGNE, C.; COURCHAMP, F. Economic costs of invasive bivalves in freshwater ecosystems. **Diversity and Distributions**, p. 1010–1021, 2022.
- HASZPRUNAR, G.; WANNINGER, A. Molluscs. **Current Biology**, v. 22, n. 13, p.510-514, 2012.
- HERMES-SILVA, S.; RIBOLLI, J.; ÁVILA-SIMAS, S.; ZANIBONI-FILHO, E.; CARDOSO, G. F. M.; NUÑER, A. P. O. *Limnoperna fortunei* - Updating the geographic distribution in the Brazilian watersheds and mapping the regional occurrence in the Upper Uruguay River basin. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 3, 2021.
- HICKMAN JR, C. P.; ROBERTS, L. S.; KEEN, S.; EINSENHOUR, D. J.; LARSON, A.; ANSON, H. **Princípios integrados de zoologia**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 954 p.
- KARATAYEV, A. Y.; BOLTOVSKOY, D.; BURLAKOVA, L. E.; PADILHA, D. K. 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. p. 261-300. 2015.
- KRAMER, A. M.; ANNIS, G.; WITTMANN, M. E.; CHADDERTON, W. L.; RUTHERFORD, E. S.; LODGE, D. M.; MASON, L.; BELETSKY, D.; RISENG, C.; DRAKE, J. M. Suitability of Laurentian Great Lakes for invasive species based on global species distribution models and local habitat. **Ecosphere**. v. 8, n. 7, e01883, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1883>
- KOWALSKI, E. L.; KOWALSKI, S. C. Revisão sobre métodos de controle do mexilhão dourado em tubulações. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**. ISSN 1676 – 1901, v. 8, n. 2. 2008
- LI, S.; CHEN, Y.; GAO, Y.; XIA, Z.; ZHAN, A. Chemical oxidants affect byssus adhesion in the highly invasive fouling mussel *Limnoperna fortunei*. **Science of the Total Environment**, v. 646, p. 1367–1375, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.434>

LI, S.; XIA, Z.; CHEN, Y.; GAO, Y.; ZHAN, A. Byssus Structure and Protein Composition in the Highly Invasive Fouling Mussel *Limnoperna fortunei*. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 2018 DOI: 10.3389/fphys.2018.00418.

LIU, C.; HE, D.; CHEN, Y.; OLDEN, J. D. Species invasions threaten the antiquity of China's freshwater fish fauna. **Diversity and Distributions**, v. 23, p. 556–566, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12541>

LOPES, R. M.; VILLAC, M. C. Métodos. In Ministério do Meio Ambiente (ed.). **Informe Sobre Espécies Invasoras Marinhas no Brasil**. cap. 2, p. 19-28. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2009.

LUDWIG, S.; SARI, E. H. R.; PAIXÃO, H.; MONTRESOR, L. C.; ARAUJO, J.; BRITO, C. F. A.; DARRIGRAN, G.; PEPATO, A. R.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MARTINEZ, C. B. High connectivity and migration potentiate the invasion of *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Mytilidae) in South America. **Hydrobiologia**, v. 848, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-020-04458-w>

MANSUR, M.C.D. Bivalves invasores límnicos: morfologia comparada de *Limnoperna fortunei* e espécies de *Corbicula* spp. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. p. 61-74. 2012

MANSUR, M. C. D.; QUEVEDO, C. B.; SANTOS, C. P.; CALLIL, C. T. 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**, v. 22, n. 3, 2004.

MANSUR, M. C. D.; DOS SANTOS, C. P.; DARRIGRAN, G.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. 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**, v. 20, p. 75-84, 2003.

MANSUR, M. C. D.; PIMPÃO D. M.; BERGONCI P. E. A.; SANTOS C. P.; FIGUEIREDO G. C. S. Morfologia e ciclo larval comparados de bivalves límnicos invasores e nativos in: MANSUR, M. C. D.; SANTOS, C. P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C. P.; ZURITA, M. L. L.; RODRIGUEZ, M. T. M. R.; NEHRKE, M. V.; BERGONCI, P.E.A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Rede Editora, 2012. 412 p.

MANSUR, M. C. D.; SANTOS, C. P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C. P.; ZURITA, M. L. L.; RODRIGUEZ, M. T. M. R.; NEHRKE, M. V.; BERGONCI, P.E.A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Rede Editora, 2012. p. 412.

MELO, T. J. **Relação entre densidade de larvas de *limnoperna fortunei* na coluna d'água e sua colonização em tanques rede**. Dissertação – Aquicultura. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Jaboticabal, São Paulo. 2019

MINILLO, A.; CASALI, M. P.; ISIQUE, W. D.; LEITE, M. A.; ROCHA, O. Acumulação de microcistinas no mexilhão dourado *limnoperna fortunei* e riscos para a biota aquática. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 41, p. 42-57, 2016. DOI: 10.5327/Z2176-947820160051

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Planos de Prevenção, Erradicação, Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas Invasoras**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de>

conteudo/publicacoes/planos/Plano_de_EEI_MONA_Cagarras_15_06_21compactado.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.

MOLINA, F. R.; SUSANA, B.; PAGGI, J.; PAGGI, J.C. Impacts of *Limnoperna fortunei* on Zooplankton. In: Boltovskoy, D. *Limnoperna fortunei: The Ecology, Distribution and Control of a Swiftly Spreading Invasive Fouling Mussel*. p. 03-49, 2015.

OLIVEIRA, M. D.; AYROSA, D. M. R.; CASTELLANI, D.; CAMPOS, M.; MANSUR, M. C. Mexilhão-dourado nas pisciculturas em tanques-rede. **Panorama da Aquicultura**, v. 145, p. 23-29, 2014.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M.; HAMILTON, S. K. Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. **Biological Invasions**, v. 13, p. 717–729, 2011. DOI 10.1007/s10530-010-9862-0

OLIVEIRA, M. D. Ocorrência e Impactos do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) no Pantanal Mato-Grossense. **EMPRAPA**. Técnica Circular - ISSN 1517-1965, 2003.

OLIVEIRA, M. D.; TAKEDA, A. M.; BARROS, L. F.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, E. K. Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) of the Pantanal wetland, Brazil. **Biological Invasions (Impresso)**, v. 8, n. 1, p. 97-104. 2006.

PARESCHI, D. C.; MATSUMURA, T. T.; MEDEIROS, G. R.; LUZIA, A. P.; TUNDISI, J. G. First occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the Rio Tietê watershed (São Paulo States, Brazil). **Brasilian Journal Biology**, v. 68, n. 4, p. 1107-1114, 2008.

PARKHAEV, P. Y. **Origin and the Early Evolution of the phylum Mollusca**. *Paleontological Journal*, v. 51, n. 6, p. 663-686, 2017.

PELLI, A.; SANTOS, F. M.; ABRÃO, S. A. S.; CAMARGO, P. R. S.; BARBOSA, N. P. U.; ASSIS, P. S. Efeitos de lâmpadas, com diferentes comprimentos de onda, sobre o molusco gastrópode *Physa acuta*. **Research, Society and Development**, v. 11, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32126>

PENAFORTE, L. R. **Invasão do mexilhão dourado, *limnoperna fortunei* (dunker, 1857): impactos, métodos de controle e estratégias de gestão adotadas**. Universidade Federal De Minas Gerais - UFMG Instituto De Ciências Biológicas – ICB Especialização Em Recursos Hídricos. 2014.

PEREIRA, D. **Bivalves Límnicos em Regiões Hidrográficas e Ecorregiões na América do Sul e Subsídios para o Controle do Bivalve Invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

PEREIRA, N. N. **Alternativas de tratamento da água de lastro em portos exportadores de minério de ferro**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2012.

PESSOTTO, M. A.; NOGUEIRA, M. G. More than two decades after the introduction of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) in La Plata Basin. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, p. 773-784, 2018.

PESTANA, D.; OSTRENSKY, A.; TSCHÁ, M. K.; BOEGER, W. A. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 34, p. 553-559, 2010.

RAJAGOPAL S.; VAN DER GAAG M.; VAN DER VELDE G. AND JENNER H. A. Control of brackish water fouling mussel, *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad) with sodium hypochlorite. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 43, p. 296–300, 2002.

RELYEA, R.; RICKLEFS, R. E. A. **Economia da Natureza**. (8ª ed.): Guanabara Koogan, 2021.

RESENDE, M. F. **Interferências provocadas pela infestação do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) sobre bombas centrífugas e seu impacto em sistemas de bombeamento de água**. Tese: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

RIBOLLI, J.; CASSOL, S.; SILVA, S. H.; FILHO, E. Z.; ZACCHI, F. L.; MATTO, J. J.; CARDOSO, G. F. M.; NUÑER, A. P.O. Optimized and validated protocol to the detection of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* from eDNA plankton samples. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 33, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X7620>

RICO, E. A. M. **Influência da taxa de infestação de *limnoperna fortunei* no aumento da perda de carga em sistemas hidráulicos**. Tese: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

RODRIGUEZ, M.T.R. Controle Químico: Conceitos Básicos. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RODRIGUEZ, M.T.R.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI, P.E.A. **Moluscos Límnicos Invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle**. Porto Alegre, Redes Editora, 2012. 412 p.

RODRÍGUEZ-URIBE, M.; NÚÑEZ-CORNÚ, F.; PROL-LEDESMA, R.; SALAZAR-SILVA, P. Benthic infauna associated with a shallow-water hydrothermal system of Punta Mita (Mexico). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 103. 2023 DOI:10.1017/S0025315423000164

ROSA, A. P. S.; ROGRIGUES, N. A.; NEGREIRO, N. F.; MATOS, D. J. Mexilhão Dourado: impactos na piscicultura do Baixo Rio Tietê. **UNIVERSITAS - Revista Científica do UniSALESIANO de Araçatuba**, v. 9, p. 62-72, 2017.

ROSA, D. M.; ASSIS, P. S. *Limnoperna fortunei* no brasil: histórico de dispersão, biologia populacional, impactos e controle. **Ciências ambientais recursos hídricos**. 2020.

ROSA, D. M.; GASPAS, M. R. C.; SILVA, F. A.; POMPEU, P. S. Impactos da predação por piapara *Megaleporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837) sobre as densidades populacionais do mexilhão dourado invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). **Controle Biológico**, v. 129, p. 158-163, 2019.

SAFANA, A. I.; IMAM, T. S. Bioaccumulation of heavy metals and oxidative stress biomarkers response in *anodonta marginata* from river challawa kano state, Nigeria. **Biological and Environmental Sciences Journal for the Tropics**, v. 20, n. 1, p. 77-94, 2023.

SANTOS, A. M. E.; JUNIOR, N. T.; SOUZA, R. F. M. Ocorrência do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) no Canal do Sertão, Delmiro Gouveia-AL, Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21168/reg.v19e18>

SANTOS, C. P.; WÜRDIG, N. L.; MANSUR, M. C. D. Fases larvais do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 702-708, 2005.

SILVA, D. P. **Aspectos Bioecológicos do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) (Bivalvia Mytilidae) (Dunker, 1857)**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Brasil, p. 123, 2006.

SILVA, J. C. R.; DIAS, C. M.; PASTORE, D. H.; COSTA, A. R. C.; FIGUEIRA, R. M. A.; FORTUNATO, H. F. M.; BARBOSA, C. H. X. V.; CARVALHO, B. C. Crescimento populacional do

mexilhão dourado (*L. fortunei*) em usinas hidrelétricas: um estudo via modelagem matemática e computacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 27. 2022.

SILVA, V. F.; DANTAS, R. J. S.; CAETANO, C. H. S. Foraging tactics in mollusca: a review of the feeding behavior of their most obscure classes (aplacophora, polyplacophora, monoplacophora, scaphopoda and cephalopoda). **Oecologia Australis**, v. 17, n. 3, p. 358-373, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1703.04>

SMITH, S. A.; WILSON, N. G.; GOETZ, F. E.; FEEHERY, C.; ANDRADE, S. C. S.; ROUSE, G. W.; GIRIBET, G.; DUNN, C. W. Resolving the evolutionary relationships of mollusks with phylogenomic tools. **Nature**, v. 480, p. 364-367. 2011.

SOUSA, A. K. A.; AYROZA, D. M. M. R. **Incrustação do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei*, em piscicultura em tanques-rede**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO DE PESCA. São Paulo. Anais. Instituto de Pesca. 2019.

VALÉRY, L. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological invasions**. v. 10, p. 1345-1351, 2008.

VIDAL, F. S. **Uso de métodos químicos como ferramenta de prevenção e controle do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (dunker, 1857)**. Dissertação em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2019.

XIA, Z.; BARKER, J. R.; ZHAN, A.; Haffner, G. D. Hugh, J. M. Golden mussel (*Limnoperna fortunei*) survival during winter at the northern invasion front implies a potential high-latitude distribution. **Diversity and Distributions**, v. 27, p. 1422-1434, 2021.

ZHENG, J.; LI, Q.; ZHENG, X. Ocean acidification increases copper accumulation and exacerbates copper toxicity in *Amphioctopus fangsiao* (Mollusca: Cephalopoda): A potential threat to seafood safety. **Science of the Total Environment**, v. 891, 2023. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723030942?via%3Dihub>

ZURITA, M.L.L. Controle físico: conceitos básicos. In: MANSUR, M.C.D., SANTOS, C.P, PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI, P. E. A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora. p. 207-217, 2012.

PUBLICAÇÕES

- TOXICITY OF SEWAGE FROM THE CITY OF UBERABA TO THE GOLDEN MUSSEL:
Limnoperna fortunei (Dunker, 1857)
Eyes On Health Sciences: V 01 - Chapter 15;
- CARACTERÍSTICAS GERAIS DO BIOINVASOR *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857).
Revista: Acta Biologica Brasiliensia – QUALIS B2;

APÊNDICE – ARTIGOS UTILIZADOS NA REVISÃO

Referência	Título	Ano
1	Ondas Ultrassônicas para o Controle do <i>Limnoperna Fortunei</i> – O Mexilhão Dourado	2023
2	Model-based predictive control for the regulation of the golden mussel <i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857).	2019
3	<i>Limnoperna fortunei</i> colonization and macrofouling on net cages in a subtropical reservoir (Brazil).	2021
4	Mexilhão dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) como bioindicador aquático.	2016
5	Incrustação de mexilhão dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) nas telas de tanque-rede	2019
6	Testing a molecular protocol to monitor the presence of golden mussel larvae (<i>Limnoperna fortunei</i>) in plankton samples.	2007
7	Ecosystem impacts of the invasive bivalve <i>Limnoperna fortunei</i> (golden mussel) in South America.	2015
8	Nutrient recycling, phytoplankton grazing, and associated impacts of <i>Limnoperna fortunei</i> .	2015
9	Environmental modulation of reproductive activity of the invasive mussel <i>Limnoperna fortunei</i> : implications for antifouling strategies	2009
10	<i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker 1857) en el sistema de embalses del Río Negro, Uruguay.	2011
11	Pode o mexilhão dourado reproduzir em laboratório?	2021
12	Predadores ou dispersores? A relação do mexilhão dourado <i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) com quatro espécies de quelônios (Reptilia, Testudines) da planície costeira do Brasil subtropical.	2014
13	Detection of <i>Limnoperna fortunei</i> DNA From Plankton Samples: A New Protocol	2023
14	Chemical Strategies for the Control of the Golden Mussel (<i>Limnoperna fortunei</i>) in Industrial Facilities.	2015
15	Impact of control of the golden mussel on the production costs of tilapia bred in net cages.	2018
16	Incrustação de mexilhão dourado <i>Limnoperna fortunei</i> em tanques-rede	2012
17	Manejo integrado de espécies invasoras.	2012
18	Ecosystem engineering impact of <i>Limnoperna fortunei</i> in South America.	2011

19	Introdução à biologia das invasões. O mexilhão-dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle.	2009
20	Economic costs of invasive bivalves in freshwater ecosystems.	2022
21	<i>Limnoperna fortunei</i> - Updating the geographic distribution in the Brazilian watersheds and mapping the regional occurrence in the Upper Uruguay River basin.	2021
22	Parallels and constrasts between <i>Limnoperna fortunei</i> and species of <i>Dreissena</i> .	2015
23	Revisão sobre métodos de controle do mexilhão dourado em tubulações.	2008
24	High connectivity and migration potentiate the invasion of <i>Limnoperna fortunei</i> (Mollusca: Mytilidae) in South America.	2020
25	Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, <i>Limnoperna fortunei</i> (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.	2003
26	Acumulação de microcistinas no mexilhão dourado <i>limnoperna fortunei</i> e riscos para a biota aquática.	2016
27	Ocorrência e Impactos do Mexilhão Dourado (<i>Limnoperna fortunei</i> , Dunker 1857) no Pantanal Mato-Grossense.	2003
28	Efeitos de lâmpadas, com diferentes comprimentos de onda, sobre o molusco gastrópode <i>Physa acuta</i> .	2022
29	Alternativas de tratamento da água de lastro em portos exportadores de minério de ferro.	2012
30	Prospecção do molusco invasor <i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil.	2010
31	Control of brackish water fouling mussel, <i>Mytilopsis leucophaeata</i> (Conrad) with sodium hypochlorite.	2002
32	Interferências provocadas pela infestação do mexilhão dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) sobre bombas centrífugas e seu impacto em sistemas de bombeamento de água.	2014
33	Optimized and validated protocol to the detection of the invasive bivalve <i>Limnoperna fortunei</i> from eDNA plankton samples.	2021
34	Controle Químico: Conceitos Básicos	2012
35	<i>Limnoperna fortunei</i> no brasil: histórico de dispersão, biologia populacional, impactos e controle.	2020

36	Impactos da predação por piapara <i>Megaleporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1837) sobre as densidades populacionais do mexilhão dourado invasor <i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857).	2019
37	Ocorrência do mexilhão-dourado (<i>Limnoperna fortunei</i> , Dunker 1857) no Canal do Sertão, Delmiro Gouveia-AL, Brasil.	2022
38	<i>Limnoperna fortunei</i> Dunker, 1857 larvae in different environments of a Neotropical floodplain: relationships of abiotic variables and phytoplankton with different stages of development.	2016
39	Incrustação do mexilhão-dourado, <i>Limnoperna fortunei</i> , em piscicultura em tanques-rede	2019
40	Controle físico: conceitos básicos.	2012
41	Mexilhão Dourado: impactos na piscicultura do Baixo Rio Tietê.	2017

Fonte: Do autor, 2023