Conjecturas

DOI: 10.53660/CONJ-307-301

Pode o mexilhão dourado reproduzir em laboratório?*

Can the golden mussel reproduce in the laboratory?

Paulo Ricardo da Silva Camargo[1], Nataly Mendes Neves[1]; Marília Ribeiro dos Anjos[1]; Newton Pimentel Ulhoa Barbosa[2], Antônio Valadão Cardoso[3]; Paulo Santos Assis[4]; Afonso Pelli[1]**

RESUMO

O *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) é um bivalve invasor, nativo do Sudeste da Ásia, vem ganhando espaço ao redor do mundo. Apesar dos danos causados, poucos trabalhos relatam reprodução em laboratório. O presente trabalho tem como objetivo relatar eventual reprodução do *L. fortunei* em condições laboratoriais parcialmente controladas. As coletas dos colonizatórios ocorreram de janeiro a abril de 2021. As amostras foram aclimatadas em aquários com capacidade total de 30 a 500 litros. Foram observados filamentos brancos nos aquários de amostras recentes. Os autores associam essa substância com células gaméticas. Cerca de dois a cinco meses após a visualização dos filamentos, foram identificados indivíduos de diferentes tamanhos: 0,1 a 6 mm, enquanto os organismos da amostra colonizadora apresentavam tamanho entre 1 e 2 cm. O surgimento das substâncias brancas filamentosas e o achado de organismos de tamanhos distintos, associados à visualização microscópica de forma jovens, são indicativos de possível reprodução do mexilhão dourado em laboratório.

Palavras-chave: Bivalve dulcícola; Espécie invasora; Reprodução; Potencial biótico.

ABSTRACT

Limnoperna fortunei (Dunker, 1857) is an invasive bivalve, native from Southeast Asia, has been gaining ground around the world. Despite the damage caused, few studies report laboratory reproduction. The present study aims to report eventual reproduction of *L. fortunei* under partially controlled laboratory conditions. Collections from the colonies took place from January to April 2021. The samples were acclimated in aquariums with a total capacity of 30 to 500 liters. White filaments were observed in aquariums from recent samples. The authors associate this substance with gametic cells. About two to five months after viewing the filaments, individuals of different sizes were identified: 0.8 to 3 mm, while the organisms in the colonizing sample were between 1 and 2 cm in size. The appearance of white filamentous substances and the finding of organisms of different sizes, associated with microscopic visualization in a young way, are indicative of possible reproduction of the golden mussel in the laboratory.

Keywords: Freshwater bivalve; Invasive species; Reproduction; Biotic potential.

* Este artigo teve o apoio financeiro de: P&D CEMIG/ANEEL GT 604
[1] Universidade Federal do Triângulo Mineiro.
** E-mail: afonsopelli@gmail.com
[2] Centro Universitário de Belo Horizonte.
[3] Universidade do Estado de Minas Gerais.
[4] Universidade Federal de Ouro Preto.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) vem ganhando espaço ao redor do mundo. No continente Sul-Americano não foi diferente (DARRIGRAN, 2002; RICCIARDI, COHEN, 2007; BARBOSA et al., 2016). Esse bivalve é nativo de ambientes contentais do Sudeste asiático (OHTAKA et al., 2011). Sua presença em novos ambientes, pode acarretar pressões ambientais sobre as comunidades nativas, incluindo sistemas únicos encontrados apenas na América do Sul, como as Veredas (PIMENTA, PELLI, 2020; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011).

Esses animais podem influenciar a composição e estrutura das comunidades biológicas, como as planctônicas (FRAU; MOLINA; MAYORA, 2016) e bentônicas (LINARES; CALLISTO; MARQUES, 2017). A presença do *L. fortunei* pode favorecer a abundância relativa de determinados grupos, como Oligochaeta e Chironomidae (DUCHINI; BOLTOVSKOY; SYLVESTER, 2018).

Esse bivalve vive em colônias, processo denominado de incrustação, que pode acarretar corrosão e obstrução de superfícies e tubulações (ZHAO et al., 2019). Desta forma podem promover impacto econômico em plantas industriais que usam água *in natura*. Esse tipo de impacto é muito frequente em usinas hidroelétricas, especialmente em trocadores de calor. Nestes equipamentos, a vazão reduz paulatinamente, determinando redução da eficácia e consequente necessidade de manutenção. Os prejuízos somam milhões de dólares anuais (CAMARGO et al., 2021a; REBELO et al., 2018).

O *L. fortunei* está presente em águas brasileiras desde a década de 90 e atualmente sua ocorrência é registrada nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (BARBOSA et al., 2016; MMA, 2021; HERMES-SILVA et al., 2021; LEAL et al., 2021). Sua alta capacidade de dispersão pode estar associada à sua fase larval que é livre natante, juntamente a condições ambientais favoráveis (BOLTOVSKOY, 2015; AMO et al., 2021). Atividades antrópicas, como navegações que conectam distintas bacias hidrográficas, também contribuem na dispersão do bivalve (MANSUR et., 2012).

Os únicos trabalhos, que nosso grupo de pesquisa teve acesso, sobre história de vida, dinâmica de populações e em especial biologia reprodutiva de *L. fortunei*, foram: Morton (1977); Morton (1982); Choi, Kim (1985); Iwasaki, Uriu (1998); Boltovskoy,

Cataldo (1999); Darrigran, Penchaszadeh, Damborenea (1999); Maroñas et al. (2003); Cataldo et al. (2005); Guimarey et al. (2011); Mansur et al. (2012) e Giglio et al. (2016).

Alguns autores relatam a biologia e fases de desenvolvimento, desde a reprodução sexuada até a fixação do animal ao substrato, passando pela fase livre natante/planctônica (CATALDO et al., 2005; MANSUR et al., 2012).

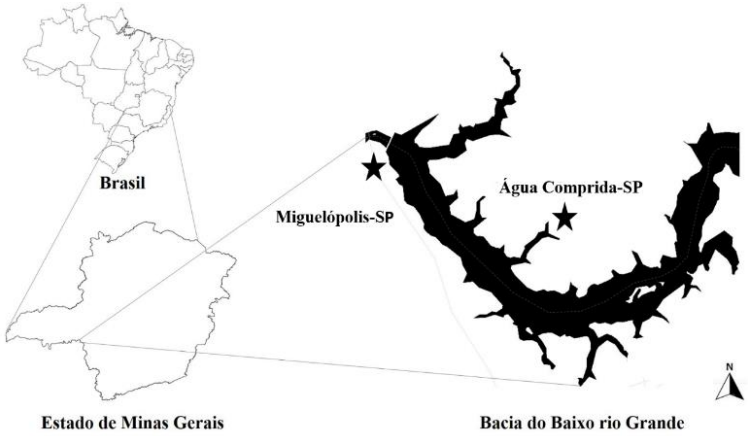
Manter populações viáveis de *L. fortunei*, em laboratório é viável, desde que os pré-requisitos mínimos sejam atendidos. Para outros moluscos essa etapa foi vencida (CAMARGO et al., 2021b). Porém, não existe um protocolo para induzir a reprodução de *L. fortunei*, de forma controlada. Esta etapa, caso venha a ser superada, irá constituir importante passo no conhecimento da biologia e história de vida da espécie. O cultivo em laboratório também irá viabilizar a realização de novas abordagens experimentais com a espécie, incluindo a fase de larva.

O presente estudo tem o objetivo de relatar prováveis episódios de reprodução de *L. fortunei* em condições laboratoriais parcialmente controladas.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de *L. fortunei* são provenientes de oito campanhas que ocorreram de janeiro a agosto de 2021, em dois trechos da Bacia do Baixo rio Grande, sendo um trecho localizado no município de Água Comprida/MG, nas coordenadas 20°05’33’’S e 48°06’18’’W; e outro no município de Miguelópolis/SP nas coordenadas 20°02’57’’S e 48°13’12’’W, conforme Figura 1.

FIGURA 1 – Bacia do Baixo Rio Grande destacando os pontos de amostragem do Mexilhão Dourado no Reservatório da UHE de Volta Grande.



Fonte: dos autores

As coletas ocorreram dentro de um transecto de 100 m, em intervalos de 10 m entre os pontos. Com auxílio de concha de mão (método de Dipping), foram coletadas rochas com incrustações de *L. fortunei.* As amostras de rochas foram recolhidas em sacos plásticos com água do próprio ambiente, depositadas em baldes e transportadas para o laboratório de Ecologia e Evolução Nico Nieser da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Todas as amostras que chegaram do campo foram lavadas com água corrente clorada potável, e depositadas em três tipos de ambientes distintos: aquário de vidro; estante com aquários de plástico e caixa d'água. Aqui são descritos separadamente os três experimentos.

EXPERIMENTO 1

As amostras dos meses de janeiro; fevereiro; março; maio e junho foram aclimatadas em sala climatizada, a 24°C, fechada. Para manter as amostras foram utilizados aquários de vidro com capacidade de 30 L, com temperatura não controlada e fotoperíodo artificial com 7 lâmpadas halógenas brancas mornas com 60W de potência, com 12 horas de claro/escuro. Também foram utilizadas lâmpadas artificiais brancas frias do tipo LED. Em cada aquário foi depositada uma rocha com incrustação de mexilhão. Foi utilizado aerador isento de óleo com pedra porosa nos aquários, com vazão estimada de 1 litro por minuto. Neste experimento ocorreram troca de água dos aquários, uma vez por semana, sempre antes da avaliação dos parâmetros físico-químicos.

EXPERIMENTO 2

Uma amostra de 23 de abril de 2021 foi lavada em laboratório com água corrente, clorada e potável. Os mexilhões foram arrancados do substrato, lavados e depositados em oito aquários, de uma estante, composta por doze aquários, com volume individual de 14 L, mais um filtro com capacidade de 30 L, totalizando, aproximadamente 198 L. A água de todos os aquários era drenada por um vertedouro superior central e direcionadas diretamente para o filtro na parte inferior. A água neste filtro era bombeada por moto bomba para os doze aquários, retornando por gravidade. A circulação estimada do sistema foi de 500 litros por hora (Figura 2).

O experimento ocorreu em uma sala climatizada a 24 °C. A temperatura nos aquários foi mantida por termostatos e aquecedores regulados para acionamento apenas com temperatura da água inferior a 24°C. Os organismos foram expostos a fotoperíodo natural, pois a sala possuiu pequena janela (80 cm x 120 cm) e; fotoperíodo artificial com

3 lâmpadas halógenas brancas mornas com 60W de potência, com 12 horas de claro/escuro. Foi utilizado aerador isento de óleo com pedra porosa nos aquários, com vazão estimada de 1 litro por minuto/aquário.

Foram introduzidos moluscos coletados nos locais citados na Figura 1, pertencentes aos gêneros *Pomacea*, *Physa*, *Melanoides*, *Corbicula* e *L. fortunei*. Os mexilhões introduzidos no sistema possuíam mais de 1,5 cm, garantido assim a maturidade sexual dos animais (Maroñas et al., 2003).

O propósito da introdução de diferentes grupos de moluscos é que sirvam de controle positivo. Estes animais iriam indicar se o ambiente está adequado ou não para moluscos dulcícolas.

Foi adicionada uma fêmea grávida de peixe da espécie *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846), nos aquários 1 a 4. Essa espécie é utilizada em estudos experimentais e aquariofilia, vulgarmente denominada de Molinésia. Nos aquários 1 e 3 nasceram 4 alevinos; enquanto nos aquários 2 e 4 nasceu 1 animal. Estes foram utilizados por serem considerados bons bioindicadores de qualidade da água, incluindo toxicidade e oxigenação.

Caso a reprodução dos moluscos tivesse êxito, esses aquários também poderiam servir de unidades experimentais quanto a eventual invasão de moluscos, já que nesses aquários estes não foram introduzidos.

Rochas coletadas nos ambientes naturais, incrustadas com mexilhões foram lavadas com escovas e deixadas de molho em solução aquosa de hipoclorito de sódio 5%. Após uma semana, o procedimento foi repetido e as amostras de rochas foram então depositadas como eventual substrato, para os mexilhões, nos aquários. Em seis aquários foram utilizados tijolos novos furados para construção civil e, nos demais aquários, substratos naturais previamente preparados e limpos.

Após a introdução dos moluscos e peixes, foram realizadas coletas de plâncton selvagem, com rede de arrasto com abertura de malha de 47 μm; do tipo “international standard net” cônica, sem sistema de fechamento. O plâncton selvagem foi utilizado como inóculo para a estante.

FIGURA 2 – Estante com doze aquários interligados e filtro, totalizando 198 litros, aproximadamente. Sistema montado com condições ambientais parcialmente controlados, em Uberaba/MG, no Laboratório da Disciplina de Ecologia & Evolução Nico Nieser.

Fonte: dos autores

Foram realizadas coletas em dois ambientes distintos, sendo um ambiente lótico, de pequeno porte, próximo a Uberaba e outro no Reservatório da UHE de Volta Grande.

Aparentemente os moluscos e peixes se adaptaram aos aquários, o que pode ser considerado indicativo de estabilidade do ambiente e qualidade de água.

Vale ressaltar que o monitoramento ambiental pode ser realizado por princípios diferentes, incluindo parâmetros físico-químicos, que retratam o ambiente instantaneamente; por bioindicadores, pelas comunidades biológicas e por testes de toxicidade. No presente estudo são conciliadso três princípios distintos: parâmetros físico-químicos, bioindicadores e comunidade malacológica. Para aumentar a alcalinidade total, foram disponibilizados carbonatos e bicarbonatos, através da adição de casca de ovo desidratada, seca até peso constante a 100°C e triturada.

Na saída de água de cada aquário, foi utilizada uma tela de sombrite, com 1 mm entre nós.

EXPERIMENTO 3

Amostras de abril e maio foram acondicionadas em caixas d'água com capacidade total de 500 l, em local externo. Em cada caixa foi colocada aeração, com 1 litro por minuto e um aquecedor com termostato. As caixas permaneciam parcialmente tampadas, expostas à temperatura ambiente. A temperatura no local não foi controlada, mas a oscilação foi amenizada pelo termostato Boyu®, com potência de 25 W.

Neste tipo de ambiente a possível desova não foi visualizada, o que não indica que não tenha ocorrido.

ALIMENTAÇÃO

De janeiro a junho foi ofertada alimentação nos três ambientes, composta por 0,15 g de ração, seis dias por semana. Foi utilizada ração para peixes de fundo, baseada em proteína texturizada de soja; farinha de trigo; farinha de peixe; leveduras; fibra vegetal; óleo de soja refinado; fécula de mandioca; espirulina desidratada; mistura vitamínica mineral (0,56 %), antioxidantes (Etoxiquin, Propilgalato, Ácido Cítrico e Hidroxitolueno Butilano).

Para o Experimento 2 também foi ofertada pequena porção de alface verde três vezes por semana e ração farelada 55% de proteína da Guabi® *ad libitum* para os molinésia.

De julho a agosto de 2021, além da ração foram adicionados na dieta dos mexilhões alga *Chorella* spp. Nos aquários com capacidade de 30 L foi oferecida 1 g de alga diluída em 500 ml de água. Para os Experimentos 2 e 3 foram adotadas 3 g de alga diluído em 500 ml de água do sistema. As porções de *Chrorella* spp. foram pesadas em balança de precisão Shimadzu®, modelo AX200.

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água foi realizado semanalmente. No Experimento 1, o monitoramento da qualidade da água, baseado em parâmetros físico-químicos, foi realizado no dia anterior à troca de água. Para essa análise foi utilizada a Sonda multiparâmetro HORIBA U50®. Os parâmetros analisados foram temperatura; pH; potencial de oxirredução; condutividade elétrica; turbidez; oxigênio dissolvido; sólidos totais dissolvidos e salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPERIMENTO 1

Em janeiro e março foi observado o aparecimento de substâncias brancas nos aquários. De acordo com MANSUR et al. (2012) esse material se assemelha à desova do mexilhão dourado (Figura 3). Porção da amostra foi coletada e montada em lâmina, a fresco, para observação em microscopia óptica de luz (Figuras 4 e 5).

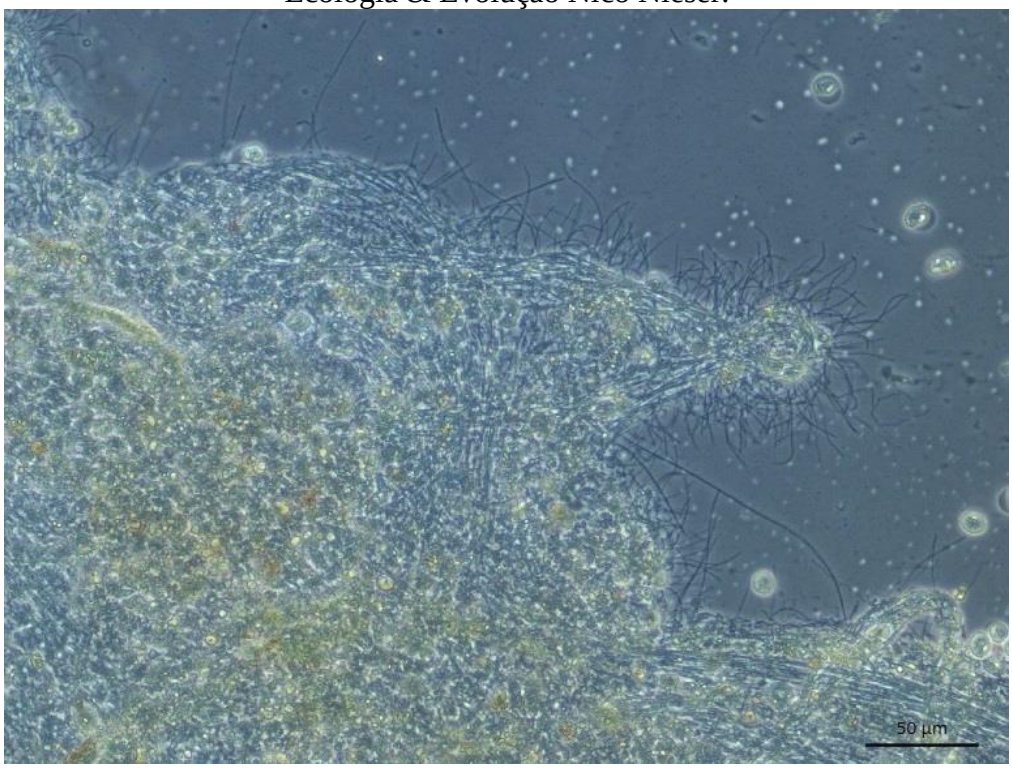
FIGURA 3 – Substância branca filamentosa observada nos aquários com mexilhões dourados.

Fonte: dos autores

FIGURA 4 – Coleta de amostra da suposta desova do mexilhão dourado, no dia 14 de julho de 2021, em laboratório, com condições parcialmente controladas, em Uberaba/MG, no Laboratório da Disciplina de Ecologia & Evolução Nico Nieser.

Fonte: dos autores

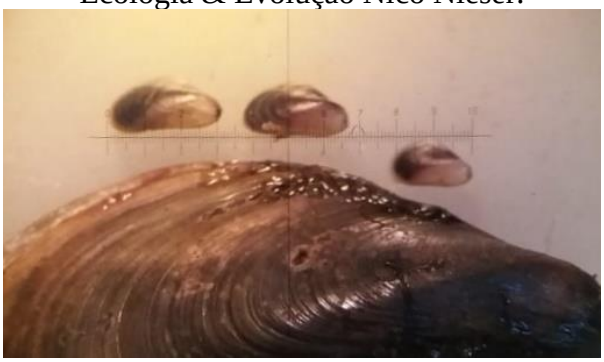
FIGURA 5 – Microscopia óptica de luz de amostra considerada desova do *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), o mexilhão dourado. Imagem obtida em Microscópio Óptico Zeiss AXIO VERT. A1, com magnificência de 100x. Desova obtida em condições de laboratório, parcialmente controladas, em Uberaba/MG, no Laboratório da Disciplina de Ecologia & Evolução Nico Nieser.



Fonte: dos autores

No aquário com amostra de março, em junho, foram identificados três animais pequenos, com tamanhos entre 4 e 5,5 mm. Esses organismos eram menores que os demais e, portanto, pode ser um indicativo de recrutamento (Figura 6).

FIGURA 6 – Eventuais recrutas, com tamanhos entre 4 e 5,5 mm, identificados em aquários, parcialmente controlados, em Uberaba/MG, no Laboratório da Disciplina de Ecologia & Evolução Nico Nieser.



Fonte: dos autores

Em agosto, no aquário com amostra de junho, foram encontrados alguns organismos de mexilhão, relativamente pequenos, comparado aos demais da mesma amostra, com 1,4 mm a 2,2 mm (Tabela 1).

EXPERIMENTO 2

Cinco dias após a transferência dos animais para a estante, foi observada a liberação de substância branca filamentosa. Material esse considerado como compatível com a descrição de desova do mexilhão dourado, segundo Mansur et al. (2012).

Após montado, o experimento foi acompanhado e avaliado durante 4 meses. O alimento fornecido e os manejos realizados conforme a necessidade. Entre os manejos estão incluídos apenas completar o nível da água semanalmente e limpeza das telas de sombrite. As telas foram utilizadas nas saídas de água de cada aquário. Dessa forma animais maiores que 1 mm não teriam acesso ao recipiente inferior e, consequentemente, aos demais aquários.

Considerando a data da provável desova e a idade dos animais, os autores consideram os animais menores como eventuais recrutas (Tabela 1).

Neste delineamento experimental, o número total de indivíduos recrutas foi maior que nos aquários individuais; e superior às três caixas d'água, que totalizam 1.500 litros de água. Os autores acreditam que o efeito sinérgico de variáveis deve ter favorecido o observado. Entre eles citam 1) a recirculação de água pode promover melhores condições ambientais; 2) a casca de ovo triturada adicionada ao sistema favoreceu o desenvolvimento de sistema tampão e elevou ligeiramente o pH, propiciando a formação da concha; 3) o plâncton selvagem utilizado como inóculo propiciou alimento de qualidade aos mexilhões; 4) não trocar a água do sistema impede a perda de formas jovens livres e, 5) a circulação de água propiciou melhor qualidade de água e o desenvolvimento de plâncton em maior densidade.

EXPERIMENTO 3

A área externa apresentou pouca manutenção, sendo o nível da água reposta a cada duas semanas devido a evaporação. Para evitar a uma possível proliferação de larvas de dípteros foi utilizada em cada caixa dois exemplares de *Poecilia reticulata* Peters 1859.

Em agosto, após inspeção foram observados possíveis recrutas nas amostras dos meses de abril e maio, de ambos os locais de amostragem. Os novos recrutas apresentaram tamanhos que variavam de 0.1 mm a 6.0 mm (Tabela 1).

Em relação aos parâmetros físico-químicos, não foram evidenciadas variações significativas entres os três experimentos. A temperatura média oscilou entre 21 e 23°C; o pH entre 7,5 e 8,4 e a turbidez entre 13 e 33 NTU.

Sabe-se que os organismos apresentam distintas estratégias durante a história de vida. Alguns como os mamíferos possuem um tamanho definido na fase adulta. Outros como os peixes e moluscos podem continuar a crescer, mesmo depois de atingir a maturidade sexual (RELYEA, RICKLEFS, 2021).

Os moluscos, por sua vez, possuem alguns atributos que, dependendo das condições ambientais podem ser considerados como grandes trunfos. O crescimento compensatório, também observado em peixes, pode ser definido como um período de grande ganho de biomassa, após fase de êxtase no crescimento. Apenas organismos que não possuem elevada taxa metabólica, possuem essa capacidade. A necessidade de aclimatação, à baixa taxa metabólica, é um pré-requisito para desempenhar crescimento compensatório. Os moluscos, em condições inadequadas, com alimentação deficitária, podem reduzir a taxa metabólica e simplesmente não crescer. Dessa forma apenas o reduzido tamanho não garante que os animais sejam realmente novos recrutas (Oliveira et al., 2020; Souza et al., 2021). Crescer, mesmo em moluscos, está diretamente relacionado a atingir a maturidade sexual. Essa fase da história de vida pode ter importante impacto na dinâmica de populações do *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), o Mexilhão Dourado (SILVA, PELLI, 2019).

A reprodução sexuada envolve elevado custo energético, sendo um processo dispendioso aos indivíduos (RELYEA; RICKLEFS, 2021). O armazenamento de energia para essa finalidade é uma estratégia utilizada pelos organismos, incluindo animais sésseis com fertilização externa (MENDO et al., 2016). Nesse caso o custo é um pouco mais elevado, pois requer elevada produção de ambos os gametas. De acordo com Mendo et al. (2016), os organismos gonocorísticos ou dióicos, também necessitam de condições ambientais favoráveis para obter sucesso. O resultado da fertilização externa depende sobretudo do sincronismo dos organismos dentro das populações (LEVITAN, 1995).

Mesmo que as condições laboratoriais sejam diferentes do ambiente natural, elas foram suficientes para que os mexilhões tivessem algum sucesso na desova. Entre as variáveis consideradas, os autores apontam para os parâmetros físico-químicos da água e a alimentação (BOLTOVSKOY et al., 2015; GIGLIO et al., 2016). De acordo com Cataldo et al. (2005) em condições laboratoriais a mortalidade das larvas de *L. fortunei*

pode ser superior a 90%; o que deve estar associado com o baixo número de recrutas encontrados neste trabalho.

Tabela 1 – Número, comprimento e idade aproximada (dias) de mexilhões encontrados nas unidades experimentais, em condições parcialmente controladas de laboratório.

Origem	Exp.	Idade (dias)	Nº de Indiv.	Comp. (média ± DP) mm
Água Comprida	1	93	3	4,0 a 5,5 (4,8)
Água Comprida	1	97	10	(4,1)
Água Comprida	1	63	5	1,4 a 2,2 (1,8)
Água Comprida	2	125	20	3,4 a 10,9 (6,5 ± 2,5)
Miguelópolis	3	===	10	0,1 a 6,0 (1,1)

Fonte: dos autores

CONCLUSÕES

As substâncias brancas visualizadas em laboratório apresentam características semelhantes com às descritas na literatura para a desova do mexilhão dourado. As características do ambiente foram compatíveis com os ambientes naturais e aparentemente, propiciaram as condições mínimas necessárias para a reprodução da espécie.

Os recrutas, de tamanho reduzido, são compatíveis com as taxas de crescimento apontadas pela literatura.

Considera-se pertinente a replicação do experimento, preferencialmente sem renovação da água, mantendo as condições físico-químicas estáveis e, dentro de faixa considerada razoável; fornecendo alimento de qualidade e substratos adequados.

Considerando o impacto e custo associado com a introdução mexilhão dourado, buscar compreender o ciclo reprodutivo é umas das formas de construir conhecimento, visando a mitigação de impactos, sejam ambiental, social ou econômico.

AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos ao Instituto de Ciências Biológicas e Naturais da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, por viabilizar o desenvolvimento do presente trabalho e pelas facilidades concedidas. Ao Projeto de P&D UFOP/ANEELGT-604, gerido pela Fundação Gorceix da Universidade Federal de Ouro Preto, pelo provimento de Bolsas de estudo. Ao Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas (CBEIH) pelo apoio financeiro e, ao Programa de Pós-

Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

REFERÊNCIAS

AMO, V.E.; 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,** p. 1-12, 2021.

BARBOSA, N.P.U., SILVA, F.A., OLIVEIRA, M.D., SANSTOS NETO, M.A., CARVALHO, M.D.; CARDOSO, A.V. 2016. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River basin, Brazil. **Check List**, v. 12, n. 1, p. 1842-1846, 2016.

BOLTOVSKOY D, MORTON B, CORREA N, CATALDO D, DAMBORENEA C, PENCHASZADEH PE, SYLVESTER F. 2015. Reproductive output and seasonality of Limnoperna fortunei. In: BOLTOVSKOY D. (Ed). *Limnoperna fortunei*. The ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. NewYork, Springer, 2015. p. 77–103.

BOLTOVSKOY, D. Distribution and Colonization of Limnoperna fortunei: Special Traits of an Odd Mussel. In: Boltovskoy, D. (Ed) *Limnoperna fortunei*. Springer, Berlin, 2015.p. 301-311.

BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the Lower Paraná River (Argentina). **Biofouling,** v. 14, p. 255-263, 1999.

BOLTOVSKOY, D.; SYLVESTER, F.; OTAEGUI, A.; LEYTES, V.; CATALDO, D. Environmental modulation of the reproductive activity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* in South America. **Austral Ecology**, v. 34, p.719–730, 2009b.

BRUGNOLI, E.; DABEZIES, M.J.; CLEMENTE, J.M.; MUNIZ, P. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) en el sistema de embalses del Rio Negro, Uruguay. **Oecologia Australis,** v. 15, p. 576–592, 2011.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; HERMOSA, J.L.; CANZI, C. Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). **Journal of Molluscs Studies,** v.71, n.1, p.41-46, 2005.

CHOI, S.S.; KIM, J.S. Studies on the metamorphosis and the growth of larva in *Limnoperna fortunei*. **The Korean Journal of Malacology**, v. 1, p.13-18, 1985.

DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions,** v. 4, p. 145–156, 2002.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. Ecosystem engineering impact of *Limnoperna fortunei* in South America. **Zoological Science,** v. 28, p. 1–7, 2011.

DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, M. C. The life cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) from a Neotropical temperate locality. **Journal of Shellfish Research**, v. 18, p. 361-365, 1999.

DUCHINI, D.; BOLTOVSKOY, D.; SYLVESTER, F. The invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in South America: multiannual changes in its predation and effects on associated benthic invertebrates. **Hydrobiologia,** v. 817, p. 431-446, 2018.

FRAU, D.; MOLINA, F.R.; MAYORA, G. Feeding selectivity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) on a natural phytoplankton assemblage: what really matters? **Limnology,** v.17, p.47-57, 2016.

GIGLIO, M.L.; MANSUR, M.C.D.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P.E.; DARRIGRAN, D. Reproductive pattern of the aggressive invader *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in South America. **Invertebrate reproduction and Development,** p. 1-10, 2016.

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 & Development**, v. 60.n. 3, p. 175-84, 2016.

GUIMAREY, P.C.; DARRIGRAN, G.A.; DAMBORENEA, M.C.; PENCHASZADEH, P.E. Assessment of gonadal follicle size in the invading bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae). **Biocell**, v. 35, n. 2, p. 59-62, 2011.

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**, 21, n. 3, p. 1-6, 2021.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-Dourado (*Limoneperna fortunei*) no Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/mexilhaodourado/2020/2020-11-10-Plano Mexilhao Dourado.pdf>. Acesso em: 30 jun 2021.

IWASAKI, K.; URIU, Y. Life cycle of a freshwater mytilidae mussel, *Limnoperna fortunei*, in Uji River, Kyoto. **Venus**, v. 57, p. 105-113, 1998.

LEAL, M.F.; SIMONE, L.R.L.; LACERDA, A.C.F.; SILVA, E.L.; PINHEIRO, T.G. Current distribution of the invasive mollusk *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) (Bivalvia, Cyrenidae) in Brazil, including a new record from the state of Piauí. **Check List,** v. 17, n. 1, p. 151-157, 2021.

LEVITAN, D.R. The ecology of fertilization in free spawning invertebrates. In: McEdward L (Ed) **Ecology of marine invertebrate larvae.** CRC Press, Boca Raton, 1995. p. 123–156.

LINARES, M.S.; CALLISTO, M.; MARQUES, J.C. Invasive bivalves increase benthic communities complexity in neotropical reservoirs**. Ecological Indicators,** v. 75, p. 279-285, 2017.

MANSUR, M.C.D et al. **Molusco Límnicos Invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.

MAROÑAS, M.E.; DARRIGRAN, G.A.; SENDRA, E.D.; BRECKON, G. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia, v.** 495, p. 41-45, 2003.

MENDO, T.; SEMMENS, J.M.; LYLE, J.M.; TRACEY, S.R, MOLTSCHANIWSKYJ, N. Reproductive strategies and energy sources fueling reproductive growth in a protracted spawner. **Marine Biology,** v. 163, n. 1, p. 2-11, 2016.

MORTON, B. The populations dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. **Malacologia,** v. 16, p. 165-182, 1977.

MORTON, B. The reproductive cycle in *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) fouling Hong Kong's raw water supply system. **Oceanologia et Limnologia Sinica, v**.13, p. 312-325, 1982.

OHTAKA A.; NARITA, T.; KAMIYA, T.; KATACURA, H.; ARAKI, Y.; IM, S.; CHHAY, R.; TSUKAWAKI, S. Composition of aquatic invertebrates associated with macrophytes in Lake Tonle Sap, **Cambodia. Limnology,** v. 12, p. 137–144, 2011.

OLIVEIRA, G.R.; GEMAQUE, T.C; MELO, K.D.M; SILVA, S.R; OLIVEIRA, A.V; FREATO, T.A; COSTA, D.P. Restrição alimentar na piscicultura: fisiologia, metabolismo e sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28224-28244, 2020.

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, n.3, p. 717-729, 2011.

REBELO, M.F.; AFONSO, L.F.; AMERICO, J.A.; SILVA, L.; NETO, J.L.B; DONDERO, F.; ZHANG, Q. A sustainable synthetic biology approach for the control of the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*). **PeerJPreprints.** 2018. Acesso em; < https://peerj.com/preprints/27164.pdf>. 25 maio 2021.

RELYEA, R.; RICKLEFS, R.E. 2021. **A Economia da Natureza**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

RICCIARDI, A.; COHEN, J. The invasiveness of an introduced species does not predict its impact. **Biological Invasions,** v. 9, p. 309–315, 2007.

SOUZA, D.M; GARCIA, L.W.; FONSECA, J.P.; MENDONÇA, G.; COSTA, C.M.; BALLESTER, E.L.C.; ROBALDO, R.B. Compensatory growth of tilapias

(*Oreochromis niloticus*) reared in earthen ponds in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research,** v. 4, n. 2, p. 1895-1901, 2021.

ZHAO, N.; XU, M.; BLANCKAERT, K.; QIAO, C.; ZHOU, H.; NIU, X. Study of factors influencing the invasion of Golden Mussels (*Limnoperna fortunei*) in water transfer projects. **Aquatic Ecosystem Health & Management,** p. 1-9, 2019.

Recebido em: 01/11/2021

Aprovado em: 25/11/2021

Publicado em: 30/11/2021