

Trabalho de Conclusão de Curso

Laila Freitas Oliveira de Assis

RECRUTAMENTO DE *Limnoperna fortunei* NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE ITÁ-SC.

Florianópolis

2019



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Ciências Agrárias
Curso Engenharia de Aquicultura

Laila Freitas Oliveira de Assis

**RECRUTAMENTO DE *Limnoperna fortunei* NO RESERVATÓRIO DA
USINA HIDRELÉTRICA DE ITÁ-SC.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Assis, Laila Freitas Oliveira
Recrutamento de *Limnoperna fortunei* no reservatório da
Usina Hidrelétrica de Itá-SC. / Laila Freitas Oliveira de
Assis ; orientador, Marcos Caivano Pedroso de
Albuquerque, 2019.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Recrutamento
Limnoperna fortunei. 3. Reservatório Usina Hidrelétrica Itá
SC.. 4. Bioinvasão. I. Caivano Pedroso de Albuquerque,
Marcos . II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Aquicultura. III. Título.

Laila Freitas Oliveira de Assis

**RECRUTAMENTO DE *Limnoperna fortunei* NO RESERVATÓRIO DA USINA
HIDRELÉTRICA DE ITÁ-SC.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira de Aquicultura e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Engenharia de Aquicultura.
Florianópolis, 04 de julho de 2019.

Prof. Dr. Vinícius Ronzani Cerqueira
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio
Membro da Banca
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Sunshine Ávila-Simas
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha mãe e ao time 2J2L.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer do fundo do meu coração à minha família. Meus filhos e companheiro, pela compreensão e por todas as adaptações que fizemos para que eu pudesse estudar.

Agradeço ao meu orientador professor Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque, vulgo 300, por aceitar o desafio de orientar e guiar os passos da figura que sou, agradeço pela paciência e parceria.

Às professoras Anita Rademaker Valença (UFSC) e Josimeire Leandrini (UFFS) que me inspiraram e auxiliaram durante a minha jornada acadêmica e deram muito apoio.

Obrigado muito especial à Renata Maria Guerreschi e Carolina Antonieta Lopes pela incansável dedicação e confiança.

Meu eterno agradecimento a todos os meus amigos que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica. Obrigada por me ouvirem, pelos conselhos, palavras de apoio, grupos suspeitos e risadas. Só tenho a agradecer e dizer que tirando as aulas, eu faria tudo de novo.

O meu eterno obrigado a todas as pessoas que passaram pelo meu caminho ou fizeram parte desta jornada e realização de um sonho. Agradeço aos meus amigos da minha primeira turma na UFFS. E a minha turma seleta da UFSC: Carol (Fala bonito), Dexter (Meu segurança), Rafa Elvis (Dona de Goiás), Rebeka (a Normal), Tayna (Binha) e Yasmin (Pão com falta).

Agradeço com muito carinho Banda Cores de Aidê por me fornecer um lar e segunda família na Ervilha da Magia, Bê, Carla, Cau, Cris, Dands, Fê, Nat, Nine e Sarah. Obrigada por tudo, meninas.

A Cris Fernandes por me emprestar a atenção e o carinho da nossa mãe.

Continue a nadar.
(Dory, 2003)

RESUMO

O *Limnoperna fortunei* popularmente conhecido como mexilhão-dourado é uma espécie invasora que impacta fortemente o meio ambiente em que se insere e provoca danos ambientais, sociais e econômicos. Este molusco está se alastrando nos países da América do Sul e atualmente encontra-se em importantes bacias hidrográficas brasileiras e tem prejudicado fortemente os setores de abastecimento de água e geração de energia elétrica. Diferentes estudos estão sendo realizados buscando entender a dinâmica populacional do *L. fortunei*, para desenvolver medidas que possam conter e/ou reduzir o avanço nos ambientes onde ele foi introduzido. Entre as metodologias aplicadas está a avaliação do recrutamento, que consiste na inserção de substratos no meio ambiente para que as formas jovens do mexilhão-dourado se fixem. O objetivo deste estudo foi avaliar o recrutamento do mexilhão-dourado e sua distribuição espaço-temporal no reservatório da usina hidrelétrica de Itá-SC, durante os meses de fevereiro, março e abril de 2019. Uma estrutura utilizada pela maricultura no cultivo do mexilhão marinho *Perna perna*, chamada long-line, foi adaptada e instalada no reservatório formado pela hidrelétrica. Essa estrutura teve como finalidade manter suspensos na coluna d'água, coletores do tipo árvore de natal com 20 cm de tamanho em três diferentes profundidades, através de cordas presas ao long-line. Foram avaliadas três dessas cordas as quais foram removidas e substituídas mensalmente. Como resultado quantitativo-temporal os coletores do mês de fevereiro totalizaram 1.129 mexilhões, 7.159 em março e 176 em abril, demonstrando assim, uma variação temporal. Para as diferentes profundidades avaliadas, as amostras coletadas a 1 m apresentou baixas quantidades de mexilhão-dourado. As amostras coletadas a 8 m de profundidade foram mais abundantes nos meses de fevereiro e abril. As amostras de 13 metros apresentaram valores aproximados dos encontrados a 1 metro. A ANOVA não apresentou diferenças significativas entre as profundidades avaliadas, rejeitando-se, desta forma, a hipótese de variação espacial. A estrutura utilizada durante o estudo provou-se eficaz para o recrutamento do mexilhão-dourado. Sugere-se o estudo de outras profundidades e levantamentos de mais parâmetros limnológicos, assim como, acompanhamento temporal para o melhor entendimento da dinâmica populacional do *L. fortunei* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá.

Palavras-chave: Distribuição. Espaço-temporal. Long-line. Hidrelétrica. Molusco. Invasor. Recrutamento.

ABSTRACT

The *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) popularly known as golden mussel is an invasive species that strongly impacts the environment in which it enters and causes environmental, social and economic damages. This mollusk is spreading in the countries of South America and is currently located in important Brazilian watersheds and has severely damaged the sectors of water supply and electricity generation. Different studies are being carried out to understand the population dynamics of *L. fortunei*, to develop measures that may contain and / or reduce the advance in the environments where it was introduced. Among the applied methodologies is the evaluation of recruitment, which consists of the insertion of substrates in the environment so that the young forms of the golden mussel settle on them. The objective of this study was to evaluate the recruitment of the golden mussel and its spatio-temporal distribution in the reservoir of the Itá-SC hydroelectric power plant during the months of February, March and April of 2019. A structure used by mariculture in the cultivation of the sea mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758), called long-line, was adapted and installed in the reservoir formed by the hydroelectric plant. This structure had the purpose of keeping suspended in the water column, collectors of the type Christmas tree with 20 cm of size in three different depths, through cords attached to the long line. Three of these cords were evaluated and removed and replaced monthly. As a quantitative-temporal result the collectors of the month of February totaled 1,129 mussels, 7,159 in March and 176 in April, thus demonstrating a temporal variation. For the different depths evaluated, the samples collected at 1 m presented low amounts of golden mussel. Samples collected at 8 m depth were more abundant in the months of February and April. The samples of 13 meters presented approximate values of those found at 1 meter. The ANOVA did not present significant differences between the evaluated depths, thus rejecting the hypothesis of spatial variation. The structure used during the study proved to be effective for the recruitment of the golden mussel. It is suggested the study of other depths and surveys of more limnological parameters, as well as, temporal monitoring for a better understanding of the population dynamics of *L. fortunei* in the reservoir of the Itá Hydroelectric Power Plant.

Keywords: Distribution. Space-time. Long-line. Hydroelectric. Mollusc. Invader. Recruitment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do long-line para cultivo de mexilhões marinhos.....	18
Figura 2: Imagem satélite do reservatório e da barragem da UHE Itá-SC.....	19
Figura 3: Vista aproximada local de instalação do long-line.	20
Figura 4: Sistema long-line instalado no reservatório da UHE Itá-SC.....	21
Figura 5: Tamanhos encontrados após a primeira triagem em 52µm.....	22
Figura 6: Diferenças das características das amostras e tamanhos encontrados.	29
Figura 7: Amostras filtradas na peneira de 300 µm. Profundidades: 1 metro (esquerda), 8 metros (centro) e 13 metros (direita).	30

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Instalação da estrutura long-line no reservatório.....	35
Imagem 2: Detalhe do coletor de 20 cm de comprimento na corda anti-incrustante.	35
Imagem 3: Estrutura instalada no local.	36
Imagem 4: Coletores de 20 cm retirados a campo e armazenados em álcool 96%. ..	36
Imagem 5: Primeira etapa de triagem e processamento.	36
Imagem 6: Segunda etapa de triagem e processamento.	37
Imagem 7: Modelo de lupa utilizada para contagem.	38
Imagem 8: Material auxiliar utilizado para contagem.	38
Imagem 9: Material coletado com variações de tamanhos.....	39
Imagem 10: ciclo de vida <i>L. fortunei</i>	40
Imagem 11: ciclo de vida <i>C. fluminea</i>	41
Imagem 12: Estágios larvais e morfologia de concha do <i>L. fortunei</i> e <i>C. fluminea</i> . .	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Unidades encontradas de mexilhão-dourado por amostra.	23
Tabela 2: Médias dos parâmetros limnológicos aferidos nos momentos de coletas.	27
Tabela 3: Comprimento médio (mínimo – máximo) dos mexilhões coletados.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBEIH - Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas

LAPAD - Laboratório de Biologia de peixes de água doce

LMM - Laboratório de Moluscos Marinhos

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PCR - Polymerase Chain Reaction (Reação em Cadeia da Polimerase)

UHE - Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral.....	18
1.1.2	Objetivos Específicos.....	18
2	MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.1	LOCAL DE ESTUDO.....	19
2.2	ESTRUTURA LONG-LINE	20
2.3	PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	21
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	22
3	RESULTADOS.....	23
4	DISCUSSÃO.....	29
5	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS	33
	IMAGENS COMPLEMENTARES.....	35

1 INTRODUÇÃO

Espécies invasoras impactam o meio ambiente onde se inserem e provocam danos ambientais, sociais e econômicos. O Ministério do Meio Ambiente, em seu livro *Espécies Invasoras de Águas Continentais do Brasil* (2016), revela que as espécies invasoras são a segunda maior causadoras de diminuição da biodiversidade, perdendo apenas para impactos antropogênicos sobre o habitat. O sucesso na propagação e estabelecimento de espécies invasoras está, entre outros fatores, na ausência de predadores naturais que possibilitem o controle biológico dessas espécies (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009). A completa eliminação ou impedimento do avanço de espécies invasoras sobre os ecossistemas aquáticos exigem intensas ações mitigadoras e de sensibilização de diferentes setores envolvidos, gerando muitas vezes custo de manejo elevado e que nem sempre, são eficientes (MMA, 2016).

Os continentes americanos vêm sofrendo com espécies exóticas de águas continentais principalmente com moluscos, na América do Norte o mexilhão zebra *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), não só se tornou um bio-incrustante de altíssimo impacto em tubulações e outros materiais, como alterou totalmente a ecologia de alguns corpos de água. Na América do sul temos a presença dos moluscos invasores *Corbicula sp.* (berbigão de água doce) e do *Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado), este muito semelhante nos impactos gerados quando comparado ao mexilhão zebra da América do Norte.

O mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) é um molusco bivalve de água doce da ordem *Mytilida*. Originário da China e sudeste da Ásia aparece na lista das principais espécies invasoras dos ambientes aquáticos de água doce e tem como motivo principal para sua dispersão bem-sucedida a globalização econômica. A integração entre os países impulsiona as transações comerciais, o que aumenta o fluxo de mercadorias por vias marítimas - fluviais. A hipótese mais aceita é que o mexilhão-dourado tenha chegado a América do Sul através do despejo de água de lastro realizado por navios cargueiros vindos da sua região de origem (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009).

O *L. fortunei* foi registrado pela primeira vez na América do Sul no início da década de 90 na foz do Rio de La Plata na Argentina (BRUGNOLI *et al.*, 2005), após sua introdução no estuário do Rio de La Plata, o mexilhão-dourado se adaptou e se alastrou pelas bacias hidrográficas dos países sul americanos, estando presente principalmente na Argentina, Brasil, Uruguai, Paraguai e Bolívia. No ano de 1998 os primeiros registros oficiais da ocorrência de

mexilhão-dourado em águas brasileiras ocorreram no lago Guaíba (MANSUR *et al.*, 1999; 2003). Desde o seu registro, o *L. fortunei* passou a ser a primeira espécie da família *Mytilidae* presente em águas continentais americanas. Antes da invasão, esta família tinha representantes apenas em águas estuarinas ou marinhas (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009).

Além da adaptabilidade e grande capacidade de proliferação, outra característica do mexilhão-dourado que o torna um invasor de alto impacto é o seu modo de fixação. Este molusco consegue se fixar em diferentes superfícies e formar grandes agregados, ameaçando ambientes e populações de plantas aquáticas, peixes e outros animais (MANSUR, 2012).

Na economia, os impactos são sentidos na manutenção de equipamentos náuticos, tubulações de estações de tratamento de água e de geração de energia elétrica através de potencial hidráulico (DAGUANO; SIMÃO, 2018). Estas usinas enfrentam reduções em sua capacidade de geração de energia devido ao número de manutenções empregadas para a retirada de mexilhões-dourados incrustados ou até mesmo necessitam substituir as turbinas. Essas manutenções requerem a parada de turbinas e, como reflexo, as usinas acabam operando em um grande espaço de tempo com a sua capacidade de fornecimento reduzida (NETTO, 2011).

Dessa forma, devido ao grande potencial invasor e os prejuízos que o estabelecimento dessa espécie acarreta para os ambientes aquáticos de água doce e principalmente para o setor hidrelétrico, diversos projetos, como os desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pelas Usinas Hidroelétricas (UHEs), têm sido realizados em busca de estratégias que possam gerar medidas de controle do mexilhão-dourado em águas brasileiras. Desde a constatação da presença do molusco na região Sul do Brasil, pesquisadores buscam desenvolver metodologias que auxiliem na detecção e monitoramento do avanço geográfico da espécie para estabelecer medidas que atenuem seu impacto e dispersão para outras bacias hidrográficas (BRASIL, 2017).

Um método para detectar previamente espécies invasoras é através da coleta de suas formas jovens. Porém, esse método quando aplicado ao mexilhão-dourado se mostra ineficiente, uma vez que suas larvas são planctônicas e muito similares às de outras espécies de moluscos também invasores. Na região do estudo além dos moluscos bivalves nativos, há a ocorrência de outra espécie exótica a *Corbicula fluminea* (Muller, 1774), a qual as fases iniciais possuem morfologia semelhante às fases larvais do *L. fortunei* (MACKIE; CLAUDI, 2009). Assim, a detecção e confirmação quanto à presença do mexilhão-dourado, em suas

formas planctônicas, é comprovada através de análises moleculares (TAKEDA; FUJITA, 2005).

Os materiais para obtenção de dados quantitativos e qualitativos comumente empregados em diferentes estudos variam entre amostragem de elementos que compõem a paisagem no meio ambiente, como plantas (macrófitas) e rochas; e substratos artificiais como artefatos de cerâmica, madeira, e outros materiais (MANSUR, 2012). O método que melhor se destaca para avaliar a presença do mexilhão-dourado é a utilização de substratos artificiais. Através deles é possível padronizar as amostragens e, assim, avaliar a presença da espécie, estimar as densidades populacionais, a interação com o meio inserido e as dinâmicas comportamentais. Os substratos artificiais permitem resultados satisfatórios devido à própria característica da espécie de se fixar em diferentes materiais, o que permite a elaboração de coletores conforme a necessidade ou recursos disponíveis; pela a possibilidade de inserção em diferentes locais de estudos e versatilidade. Além das vantagens mencionadas, a utilização de substratos possibilita padronizar a amostragem, reduzir a variabilidade e o tempo investido no processamento de amostras (GIBBONS *et al.*, 1993).

O mexilhão-dourado é classificado reprodutivamente como dióico, com ciclo de vida dividido em fases planctônicas e fases bentônicas. A fecundação é externa e as fases planctônicas constituídas por estágios larvais denominados por trocófora, larva D, veliconcha e pedivéliger, podendo esta fase levar de 15 a 20 dias dependendo da temperatura da água. A partir da fase de pedivéliger é que se inicia o processo de metamorfose, o qual a larva passa a ser plantígrada (semente); (Imagem 10) (MACKIE; CLAUDI, 2009).

A miticultura convencional realizada no Estado de Santa Catarina e na região Sudeste do Brasil, utiliza-se de uma estrutura adaptada da pesca para a coleta de sementes de mexilhão marinho *Perna perna* (Linnaeus, 1758), chamada de long-line (espinhel) e trata-se de um cabo fixado pelas extremidades por poitas mantido flutuante através de bóias; já os cabos secundários, presos à ele, estão dispostos na forma vertical na coluna d'água. Os cabos secundários são adaptados e inseridos no mar para que as larvas do mexilhão se fixem e se desenvolvam (**Figura 1**). Esses coletores utilizados são retirados quando os indivíduos se encontram adultos e prontos para a comercialização e consumo (FERREIRA; MAGALHÃES, 2004). O mexilhão *Perna perna* cultivado pela maricultura nacional pertence à família *Mytilidae*, a mesma família a que pertence o *L. fortunei*, tendo como característica familiar a secreção de bisso, que permite sua fixação ao substrato, e o formato da concha que possibilita aglomeração de indivíduos.

Desta forma, foi instalada a estrutura adaptada de long-line com coletores no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá com a finalidade de analisar e acompanhar o recrutamento de mexilhão-dourado, através da obtenção de dados quantitativos e qualitativos sobre a presença e fixação nos primeiros meses de instalação do long-line para as diferentes profundidades.

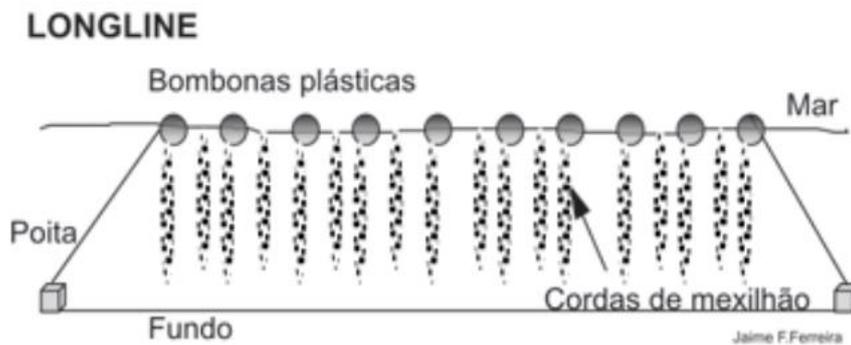


Figura 1: Representação do long-line para cultivo de mexilhões marinhos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar o recrutamento do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* e sua distribuição espaço-temporal no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá-SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a distribuição espacial do *L. fortunei* em diferentes profundidades;
- b) Avaliar a distribuição temporal através de comparações mensais;
- c) Confirmar a presença de *L. fortunei* nos coletores através de análises moleculares;

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.12.1 MATERIAL BIOLÓGICO

mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) é um molusco bivalve de água doce da ordem *Mytilida*.

FOTO COM ESCALA, CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA,

2.2 LOCAL DE ESTUDO

O rio Uruguai é formado pela confluência dos rios Pelotas e Canoas. Neste ponto o rio assume a direção Leste-Oeste e demarca a divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Delimita também a fronteira entre o Brasil e a Argentina, Além da Argentina e Uruguai. A região do Alto rio Uruguai apresenta uma forte declividade, dando à região condições ideais para implantação de hidrelétricas (ZANIBONI-FILHO; SCHULZ, 2003). A primeira usina hidrelétrica (UHE) instalada na região foi a UHE Itá, que entrou em operação no ano de 2000 (**Figura 2**). Após essa pioneira, mais três usinas foram instaladas: UHE Machadinho (2002), UHE Barra Grande (2005) e UHE Foz do Chapecó (2010) (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2012). Atualmente a usina de Itá está na lista de hidroelétricas monitoradas pelo Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas (CBEIH) e tem como classificação a presença do mexilhão-dourado em seu reservatório.



Figura 2: Imagem satélite do reservatório e da barragem da UHE Itá-SC.

Fonte: googlemaps.com

Para o desenvolvimento deste estudo foi instalada no início de fevereiro de 2019 no reservatório da UHE Itá, próximo ao cordão de isolamento da barragem na coordenada geográfica - 27° 17'3"S; -52° 22'32"W, uma estrutura elaborada pela equipe do Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) em conjunto com membros da equipe do Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), constituída por um long-line com quinze bóias, as quais três foram sorteadas ao acaso para serem retiradas e substituídas mensalmente (**Figura 3**).

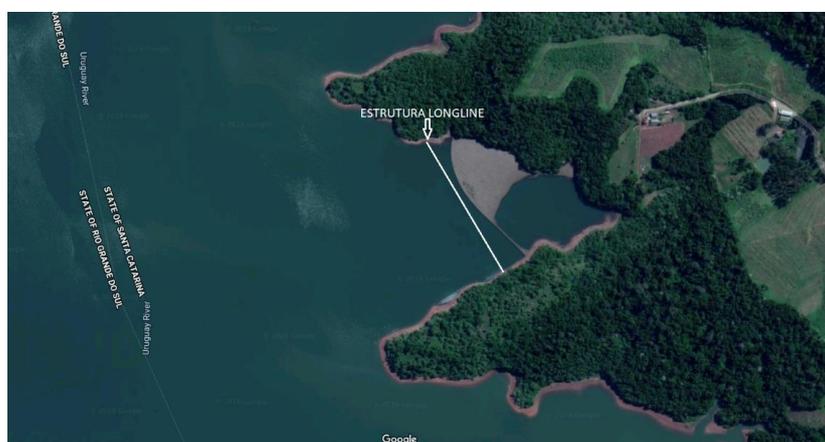


Figura 3: Vista aproximada local de instalação do long-line.

2.3 ESTRUTURA LONG-LINE

O long-line desenvolvido para este estudo conta com bóias que foram numeradas e amarradas a uma corda mantida na vertical com auxílio de uma poita. A bóia presa ao long-line mantém a corda à superfície, a corda possui 15 metros e em determinadas profundidades (1, 3, 5, 8, 11, 13 metros) ela traz presa a si, um coletor (desenvolvido para coleta de mexilhões marinhos) de 20 cm.

Os coletores foram instalados e após um mês, foram retirados e substituídos por novos nos meses seguintes. No presente estudo, foi avaliado o recrutamento do mexilhão-dourado nos três meses iniciais de experimento (fevereiro, março e abril). Para as profundidades, 1, 8 e 13 metros. Foram retirados três coletores de três bóias sorteadas (bóias 1, 9 e 10) totalizando 27 amostras. O modo em que o long-line adaptado foi inserido no

ambiente possibilitou o monitoramento margem á margem, região mediana do curso de água, da superfície e do fundo do local inserido (13 m) (**Figura 4**).

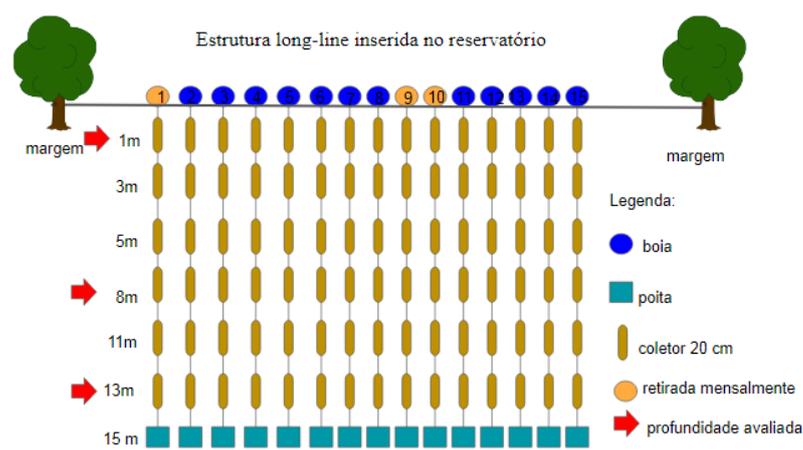


Figura 4: Sistema long-line instalado no reservatório da UHE Itá-SC.

O material coletado foi acondicionado em frascos plásticos e fixados em álcool 96% e transportados para o laboratório. Antes da retirada, os parâmetros limnológicos (pH, temperatura da água, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido) foram aferidos com uma sonda multiparâmetros e a transparência aferida com disco de Secchi.

2.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

No laboratório, os coletores de 20 cm foram desmontados em três seções para que pudessem ser lavados de forma adequada, possibilitando a retirada dos indivíduos presos aos coletores. Após a limpeza, os resíduos resultantes dos coletores foram primeiramente filtrados em peneira de 52 μm para reter todo o material envolto e preso ao coletor. Este material apresentou moluscos de tamanhos e formas variadas, gerando insegurança sobre a constatação das espécies encontradas (**Figura 5**).

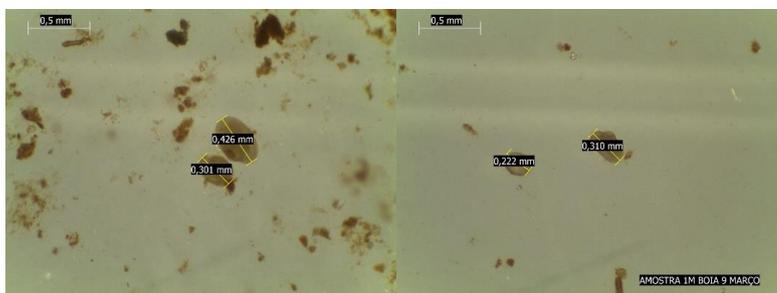


Figura 5: Tamanhos encontrados após a primeira triagem em 52 μ m.

Posteriormente, o material foi filtrado em peneira de 300 μ m para separar os indivíduos em estágios de pós-larva (fase em que se fixam ao substrato) do restante do material (SANTOS *et al.*, 2005). Em estereó-microscópio sobre placa de Bogorov, as pós-larvas de mexilhão-dourado com tamanho acima de 300 μ m foram quantificadas com auxílio de contador mecânico. Para cada amostra dez indivíduos foram **medidos longitudinalmente** aleatoriamente através do software de captura de imagem e medição Leica LAS EZ. Quando as amostras tinham menos que dez indivíduos, um número maior de medidas foi realizado das amostras que tinham mais indivíduos.

Formatado: Fonte: Negrito

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A variação espaço-temporal (profundidades e meses) das quantidades encontradas de mexilhões-dourados foi avaliada através da análise de variância (ANOVA). Quando os resultados foram significativos ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey com o objetivo de discriminar estas diferenças.

Os dados foram, previamente, transformados pela equação $\log_{10}(x + 1)$ para diminuir a diferença entre os valores e alcançar os pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias avaliadas através dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente (PETERS, 1986). Quando a transformação não foi suficiente para alcançar o pressuposto, foi utilizada a análise não paramétrica de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn, quando os resultados de Kruskal-Wallis foram significativos para detectar as diferenças entre as médias. A Correlação de Pearson foi utilizada para analisar a existência de relação entre as variáveis abióticas e as quantidades de mexilhões-dourado.

3 RESULTADOS

As amostras obtidas na primeira etapa de triagem resultaram em um *pool* de indivíduos que foram enviadas para análise molecular com a finalidade de verificar a presença de outros moluscos de água doce presos ao substrato. Algumas amostras foram analisadas com apenas um único indivíduo, entretanto a amplificação do DNA não foi satisfatória devido à pequena quantidade de DNA, não sendo possível a identificação de outro molusco. A análise molecular obtida em PCR e eletroforese confirmou como sendo o *Limnoperna fortunei* os indivíduos encontrados nas amostras.

Durante a segunda etapa de triagem foram processadas 27 amostras que juntas contabilizaram 8.434 mexilhões-dourados com tamanho acima ou igual a 300 μm . De modo geral não se observou grande diferença entre as repetições nas quantidades de mexilhões encontradas para a mesma profundidade (**Tabela 1**).

Tabela 1: Número de indivíduos encontrado por amostra.

Fevereiro									
Bóia	B1	B1	B1	B9	B9	B9	B10	B10	B10
Profundidade	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m
Unidades MD	14	219	4	11	389	42	45	363	42
Março									
Bóia	B1	B1	B1	B9	B9	B9	B10	B10	B10
Profundidade	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m
Unidades MD	911	1220	217	1354	995	249	1070	982	161
Abril									
Bóia	B1	B1	B1	B9	B9	B9	B10	B10	B10
Profundidade	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m	1 m	8 m	13 m
Unidades MD	16	50	8	14	40	0	5	35	8

Apesar das contagens nas diferentes profundidades apresentarem variação nos números de indivíduos contabilizados, a ANOVA não foi significativa ($F=3,2$; $p=0,059$) para as profundidades. Já para o fator mês, a análise mostrou diferença significativa entre as quantidades de mexilhão-dourado contabilizadas ($F=22,8$; $p<0,05$).

O teste de Tukey evidenciou que todos os meses foram significativamente diferentes entre si (Tukey; $p<0,05$). No mês de março foram contabilizados 7.159 indivíduos e, desta

forma, demonstrou ser o mês mais abundante. Já os meses de fevereiro e abril contribuíram, respectivamente, com 1.129 e 176 indivíduos.

Gráfico 1: quantidades encontradas de mexilhão-dourado por mês.



Em relação às variáveis abióticas, medidas durante a retirada dos coletores, a transparência da água foi maior no mês de março e menor no mês de fevereiro. A temperatura da água variou, sendo fevereiro o mês com a temperatura mais alta, e abril com a média mais baixa. Observou-se que com o aumento das profundidades houve uma diminuição dos valores de alguns parâmetros, sendo eles a temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido. Em contrapartida, a condutividade elétrica aumentou seus valores com o aumento da profundidade (**Tabela 2**).

Para o número de indivíduos a correlação foi alta e significativa entre todas as variáveis abióticas, com exceção da temperatura da água ($r=0,08$; $p>0,05$). A transparência da água ($r=0,77$; $p<0,05$) e oxigênio dissolvido ($r=0,77$; $p<0,05$) apresentaram correlação positiva. Porém, a condutividade elétrica ($r=-0,77$; $p<0,05$) e o pH ($r=-0,78$; $p<0,05$) apresentaram correlação negativa. Os dados podem ser conferidos nos gráficos a seguir:

Gráfico 4: correlação entre oxigênio dissolvido e o número de indivíduos.

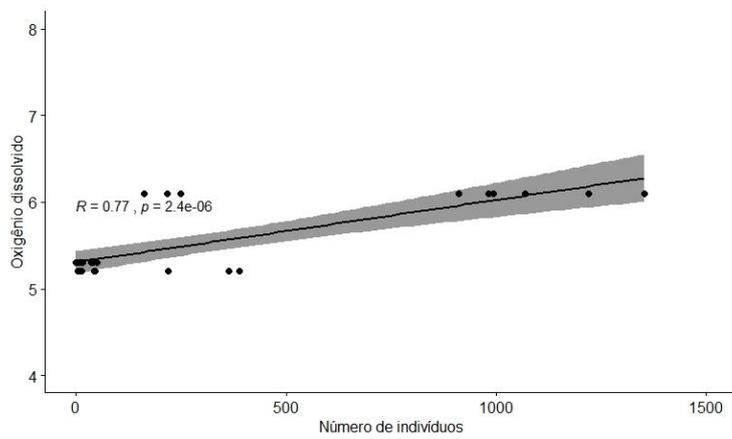


Gráfico 5: correlação entre a condutividade elétrica e o número de indivíduos.

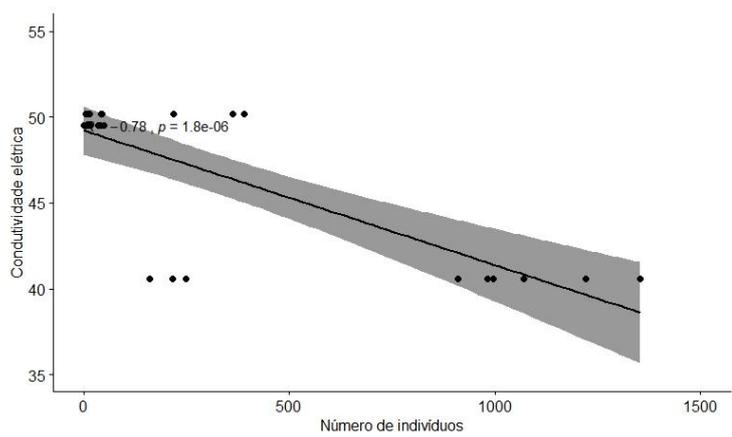
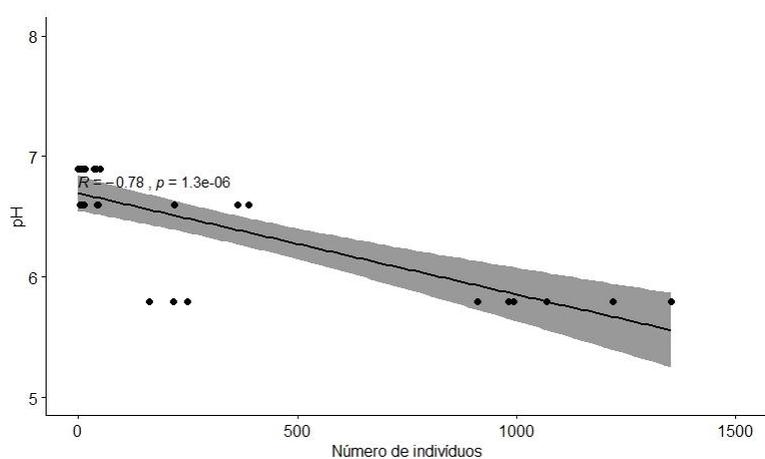


Gráfico 6: correlação entre o pH e o número de indivíduos.**Tabela 2:** Médias dos parâmetros limnológicos aferidos nos momentos de coletas.

Profundidades	Transparência (cm)	Temperatura da água (°C)	Condutividade elétrica (us/cm)	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Fevereiro					
1 m		27,0	47,5	6,7	6,6
8 m	207,5	25,9	55,6	6,6	5,2
13 m		25,3	52,9	6,5	3,3
Média/mês	207,5	26,1	52,0	6,6	5,1
Março					
1 m		25,4	41,3	6,0	7,0
8 m	230,0	24,6	42,0	5,8	5,7
13 m		24,2	43,7	5,9	5,5
Média/mês	230,0	24,7	42,3	5,9	6,1
Abril					
1 m		23,6	48,8	7,0	5,8
8 m	210,0	23,5	49,0	7,0	5,5
13 m		23,4	51,6	6,9	4,3
Média/mês	210,0	23,5	49,8	6,9	5,2

Os tamanhos dos mexilhões-dourados encontrados durante a contagem variaram entre 0,3 e 3,5 mm, sendo o maior exemplar encontrado na profundidade de 13 metros em abril. Para a comparação das médias dos comprimentos dos mexilhões-dourados o teste de Kruskal-Wallis não foi significativo para os meses (Chi-squared=2,5; $p>0,05$). Entretanto, entre as profundidades o teste foi significativo (Chi-squared=51,2; $p<0,05$) sendo o tamanho dos mexilhões-dourados encontrados nas profundidades estudadas diferentes entre si (Dunn; $p<0,05$); (**Tabela 3**).

As amostras de 1 metro de profundidade mantiveram em média 0,7 mm de comprimento entre os meses. As amostras de 8 metros apresentaram no mês de março a menor média de tamanho de concha dos indivíduos, mesmo este mês tendo apresentado o maior número de moluscos encontrados. Na profundidade de 13 metros a maior média foi no mês de abril, 0,9 mm. Em geral, a profundidade com maior média foi a de 1 metro (0,7 mm), as demais profundidades apresentaram média de 0,6 mm de comprimento (**Tabela 3**).

Tabela 3: Comprimento médio (mínimo – máximo) dos mexilhões-dourados coletados.

Profundidade	Comprimento (mm)
<u>Fevereiro</u>	
1 m	0,7 (0,3-1,3)
8 m	0,6 (0,3-0,9)
13 m	0,4 (0,3-0,5)
Média/mês	0,6 (0,3-1,3)
<u>Março</u>	
1 m	0,7 (0,3-1,2)
8 m	0,5 (0,3-0,8)
13 m	0,5 (0,3-1,1)
Média/mês	0,5 (0,3-1,2)
<u>Abril</u>	
1 m	0,7 (0,3-1,6)
8 m	0,6 (0,3-1,8)
13 m	0,9 (0,3-3,5)
Média/mês	0,7 (0,3-3,5)

Dos três meses de coletas, o mês de abril, apesar de ter apresentado o menor valor total de mexilhão-dourado aderido aos coletores, foi o mês que teve a maior média entre os tamanhos contabilizados e foi o mês onde se encontrou os maiores indivíduos (**Figura 6**).



Figura 6: Diferenças das características das amostras e tamanhos encontrados.

4 DISCUSSÃO

A correlação positiva do oxigênio dissolvido e a transparência da água com a quantidade de indivíduos mostra que o oxigênio pode ser um limitador para a sobrevivência do mexilhão. Nos meses com menor valor de oxigênio o número de indivíduos foi menor, assim como entre as profundidades também. Entretanto, o mexilhão-dourado apesar de ter preferências por concentrações mais elevadas de oxigênio, ele tolera bem concentrações de até 1mg/L (RICCIARD, 1998). A transparência da água influi indiretamente no número de indivíduos de mexilhão. Esse parâmetro está diretamente relacionado com a produção primária, que pode servir de alimento para o molusco. A correlação negativa da condutividade elétrica e o pH podem estar relacionadas aos níveis de outros parâmetros não aferidos pelo estudo, como níveis de cálcio e avaliações do plâncton.

Os parâmetros abióticos aferidos pelo estudo estavam dentro dos níveis requeridos pela espécie, o que nos leva a afirmar que o reservatório fornece condições ideais para o estabelecimento da espécie (RICCIARDI, 2008). O maior número de mexilhões-dourados no mês de março pode ter relação com os maiores valores de oxigênio dissolvido e transparência da água e menores valores de condutividade elétrica e pH registrados neste mês. A menor transparência da água no mês anterior (fevereiro) tem relação direta com maior quantidade de material em suspensão na água. Com a filtração desse material pelos moluscos aumentou a transparência no mês de março.

Os menores valores no número de indivíduos encontrados em abril podem ter relação com o pH que apresentou valores baixos em todas as profundidades. Segundo (RICCIARD,

1998. FULANO et al., 2000) valores de pH acima de 6,4 são ideais para o mexilhão-dourado, entretanto no presente estudo, as maiores quantidades foram em pH mais ácido (5,9) o que mostra a capacidade do mexilhão em se adaptar a diferentes condições ambientais.

Mesmo com o total de molusco coletado seis vezes menos, que o mês de fevereiro e quarenta vezes menor que o mês de março, abril apresentou também, um número maior de indivíduos nos coletores posicionados na profundidade de oito metros.

Apesar de não encontrar diferenças estatísticas para as profundidades, visivelmente as amostras de 1 metro apresentaram uma carga maior de material orgânico e outros sólidos presos aos coletores, como argila (**Figura 7**).



Figura 7: Amostras filtradas na peneira de 300 µm. Profundidades: 1 metro (esquerda), 8 metros (centro) e 13 metros (direita).

Por se localizar na região fótica onde há maior abundância de organismos planctônicos como as microalgas e zooplâncton que servem de alimento para os mexilhões, as amostras de 1 metro de profundidade geraram certa expectativa, porém, esta profundidade com exceção do mês de março, não foi a que apresentou a maior quantidade de indivíduos no estudo. No trabalho de Xu *et al.* (2015), observou-se que nas superfícies de substratos artificiais rígidos que tiveram acúmulo de argila a densidade de mexilhões era de apenas 10% das densidades nas superfícies sem acúmulo de argila. Na profundidade de 1 metro no presente estudo, foi observado maior quantidade de argila no momento da lavagem dos coletores, o que pode ser um indicativo das menores abundancia de mexilhões-dourados nessa profundidade. A concentração de argila pode interferir na filtração, respiração e fixação do mexilhão (RICCIARDI, 1998). Além disso, nas fases iniciais mesmo depois de se fixarem os mexilhão-dourado estão sujeitos a predação. O formato e a posição na coluna de água em que se encontra o coletor de profundidade a 1 metro talvez tenham favorecido a predação dos indivíduos fixados no mesmo.

As amostras de 8 metros de profundidade apresentaram maior abundância de moluscos e foram mais heterogêneas em relação ao comprimento dos indivíduos. O estudo

sobre a variação espaço-temporal da abundância relativa e tamanho de *L. fortunei* realizado no canal de São Gonçalo-RS em profundidades variando entre 3 a 6 metros, encontrou uma variação de 0,4 a 3,2 cm no tamanho dos moluscos encontrados, revelando que a estrutura da população adulta de *L. fortunei* neste local estava composta, em sua maioria, por indivíduos pequenos (<1,4 cm), os quais representavam até 74% da população coletada (LOPES, 2010).

Os resultados encontrados na profundidade máxima (6 metros) verificada no estudo citado acima, se aproximam dos dados encontrados na profundidade de 8 metros, o que pode demonstrar ser o comportamento populacional em ambientes ocupados pelo *L. fortunei*.

Os moluscos encontrados nas amostras de 13 metros estavam em sua maioria no estágio plantígrado (**Imagem 10**). Em 2009 um estudo realizado na Usina Hidroelétrica Yacyretá no rio Paraná (Argentina-Paraguai), em que o objeto de estudo era as paredes de concreto da tomada de água com profundidade de 30 metros, como resultados notou-se que as maiores densidades das populações foram encontradas a 10 metros. A população de mexilhões a 20 metros diminuiu em 65% e a 30 metros de profundidade, 80%. O aumento da profundidade neste estudo constatou mudanças na dinâmica populacional com as porcentagens encontradas de juvenis de 60% a 1 metro, 90% a 10 metros, 60% a 20 metros e apenas 18% a 29 metros, apenas 1 metro do fundo (CODINA *et al.*, 2009).

Mesmo com as retiradas e reposições mensais dos coletores foram encontrados mexilhões na maioria das amostras analisadas, com exceções a profundidade 13 m de abril. Esta frequência pode estar relacionada com a taxa de reprodução do mexilhão-dourado no reservatório de Itá. O *L. fortunei* em seu habitat de origem (Ásia) tem registrada uma média de duas reproduções por ano e estão condicionadas a mudanças de temperatura da água (MORTON, 1977). Na América do Sul foram registrados ciclos reprodutivos entre seis a nove meses por ano (CATALDO; BOLTOVSKOY, 2000).

A flutuação na densidade de mexilhões-dourados reflete a atividade reprodutiva desde molusco. Incremento na fixação pode indicar que ocorreram condições ideais para que a reprodução acontecesse. Uma densidade mais baixa mensalmente pode indicar que a reprodução não ocorreu (Xu *et al.*, 2015).

Quando utilizado na maricultura os coletores são instalados no mínimo um mês antes para a formação de uma camada de perífíton propiciando a fixação das sementes de *P. perna* (FERREIRA *et al.*, 2006). O emprego destes coletores para avaliar o recrutamento do *L. fortunei* provou que o molusco adere ao material e, dessa forma, não exige a formação de uma camada perífítica para a sua fixação, como o mexilhão *Perna perna*. O recomendado para a

colonização de substratos pelo mexilhão-dourado é de um tempo mínimo entre três e cinco meses para a visualização de incrustações por indivíduos adultos, o que pode variar em função da disponibilidade de larvas no plâncton. Quando se objetiva apenas avaliar o recrutamento do mexilhão-dourado, colonizações resultantes de um mês de exposição são suficientes (MANSUR, 2012).

5 CONCLUSÕES

O método adotado proveniente dos cultivos comerciais de mexilhões marinhos se mostrou adequado e eficiente para avaliar o recrutamento do mexilhão dourado. Além disso, foi evidente a diferença mensal em relação à abundância dos mexilhões estando assim atrelada a variáveis abióticas amostradas.

Em relação às profundidades, que no presente estudo não foram significativas, a avaliação de outras profundidades não realizadas neste estudo pode contribuir para melhorar a compreensão acerca da relação entre a abundância de mexilhões e as profundidades.

A presença de material orgânico preso ao coletor pode ser um indicativo de que os mexilhões se fixam mais ou menos dependendo desse material.

Este trabalho sugere ainda avaliar outros parâmetros ambientais que possam influenciar na fixação e crescimento dos mexilhões, como circulação de água no reservatório, tempo e velocidade da água de vazão vertida pelas barragens, qualidade e quantidade de plâncton (fitoplâncton, zooplâncton) presente, entrada de nutrientes na água, como fósforo e nitrogênio e predação por peixes.

Portanto, o presente estudo comprovou a eficácia do coletor de sementes de mexilhões marinhos como substrato para a coleta de sementes e juvenis de mexilhão-dourado.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Diagnóstico sobre a invasão do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil: Consulta Pública. Brasília: MMA, 2017. 112 p.
- BRUGNOLI, Ernesto *et al.* Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) distribution in the main hydrographic basins of Uruguay: update and predictions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 77, n. 2, p. 235-244, 2005.
- CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Río de la Plata estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, v. 34, n. 3, p. 307-317, 2000.
- CATALDO, Daniel *et al.* Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Molluscan Studies*, v. 71, n. 1, p. 41-46, 2005.
- MACKIE, G. L.; CLAUDI, R. Monitoring and control of macrofouling mollusks in fresh water systems. CRC Press, 2009.
- CODINA, R., *et al.* 1999. Pautas Científicas para el Control de *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) en la Central Hidroeléctrica Yacyretá, río Paraná (Argentina-Paraguay). IV Congreso Latinoamericano de Malacología. Coquimbo, Chile. 6-10 de setembro de 1999. Resumen: 15. in DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. Introdução a biologia das invasões. O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. Cubo Editora, São Carlos, p. 1-245, 2009.
- DARRIGRAN, G; PASTORINO, G. Bivalvos invasores en el Río de la Plata, Argentina. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, v. 7, n. 64-65, p. 309-313, 1993.
- DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of a freshwater Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *Veliger*, v. 38, n. 2, p. 171-175, 1995.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. Introdução a biologia das invasões. O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. Cubo Editora, São Carlos, p. 1-245, 2009.
- FERREIRA, J. F. *et al.* Coletores de sementes de mexilhões: a opção do miticultor catarinense para retomar o crescimento da produção. *Panorama da Aqüicultura*, v. 96, p. 43-48, 2006.
- FERREIRA, J. F.; MAGALHÃES, A. R. M. Cultivo de mexilhões. *Aqüicultura-experiências brasileiras* (CR Poli, ATB Poli, E. Andreatta, & E. Beltrame, eds.). Multitarefa, Florianópolis, 2004.

- GIBBONS, W.N., Munn, M.D.; Paine, M.D. 1993. Guidelines for monitoring benthos in freshwater environments. Report prepared for Environment Canada, North Vancouver, BC. EVS Consultants, North Vancouver, British Columbia. 81p.
- LATINI, A. O. *et al.* Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil. Brasília: MMA, 2016.
- LOPES, M. N. Abundância de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em zonas profundas do canal São Gonçalo, Lagoa Mirim–RS Brasil, com ênfase na sua importância na dieta da ictiofauna. 2010. Dissertação de Mestrado. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande.
- MACKIE, G. L.; CLAUDI, R. Monitoring and control of macrofouling mollusks in freshwater systems. CRC Press, 2009.
- MANSUR, M. C. Dreher *et al.* Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.
- MANSUR, M. C. Dreher *et al.* 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 novo ambiente. Rev. Bras. Zool., Curitiba, v. 20, n. 1, p. 75-84, Mar. 2003 .
- NETTO, O. S. M. Controle da incrustação de organismos invasores em materiais de sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas. Universidade federal do Paraná, 2011.
- PETERS, R. K. The role of prediction in limnology. Limnology and Oceanography, v. 31, n. 5, p. 1143- 1159, 1986
- POLI, C. Rogério *et al.* Aquicultura: experiências brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, p. 456, 2004.
- SIMAS, S. de Á. *et al.* Interações e recursos alimentares para a comunidade de peixes: a invasão do mexilhão-dourado no alto rio Uruguai. 2018.
- RICCIARDI, A. Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): another fouling threat to freshwater systems. Biofouling, v. 13, n. 2, p. 97-106, 1998.
- TAKEDA, A.M.; Fujita, D.S.; Experiência da procura e monitoramento no início da invasão de mexilhão-dourado no Rio Paraná e no reservatório de Itaipu. pp 207-217. in MC Dreher et al. (org) Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.
- XU, Mengzhen et al. Experimental study on control of *Limnoperna fortunei* biofouling in water transfer tunnels. **Journal of hydro-environment research**, v. 9, n. 2, p. 248-258, 2015.
- ZANIBONI-FILHO, E. & U. H. Schulz. 2003. Migratory fishes of the Uruguay river. Pp. 135-168. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, A. Baer & C. Ross (Eds.). Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status. Victoria, World Fisheries Trust, 372p

IMAGENS COMPLEMENTARES

Imagem 1: Instalação da estrutura long-line no reservatório.



Imagem 2: Detalhe do coletor de 20 cm de comprimento na corda anti-incrustante.



Imagem 3: Estrutura instalada no local.



Imagem 4: Coletores de 20 cm retirados a campo e armazenados em álcool 96%.



Foto: L. F. O. A.

Imagem 5: Primeira etapa de triagem e processamento.



Foto: L. F. O. A.

Imagem 6: Segunda etapa de triagem e processamento.



Imagem 7: Modelo de lupa utilizada para contagem.



Foto: L. F. O. A.

Imagem 8: Material auxiliar utilizado para contagem.

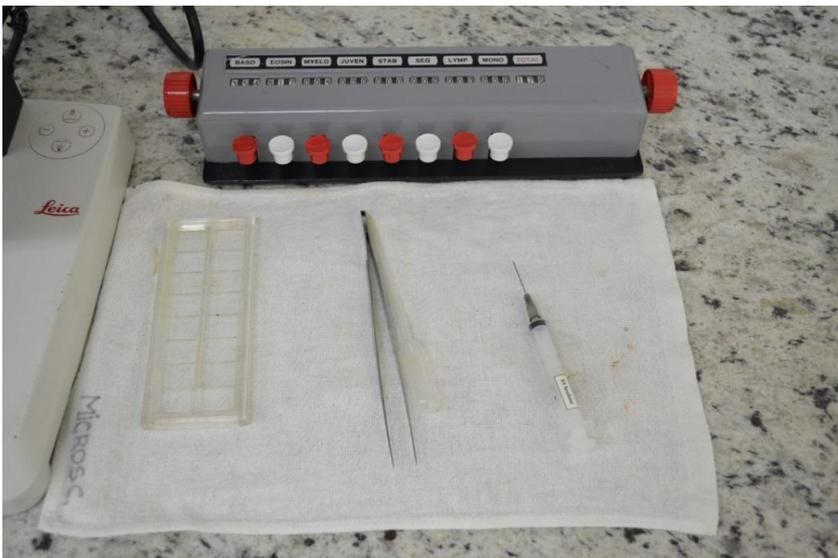


Foto: L. F. O. A.

Imagem 9: Material coletado com variações de tamanhos

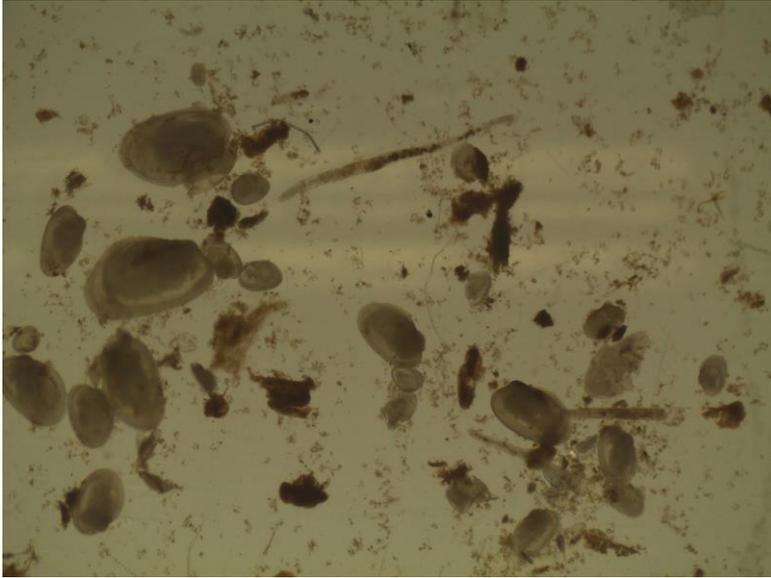
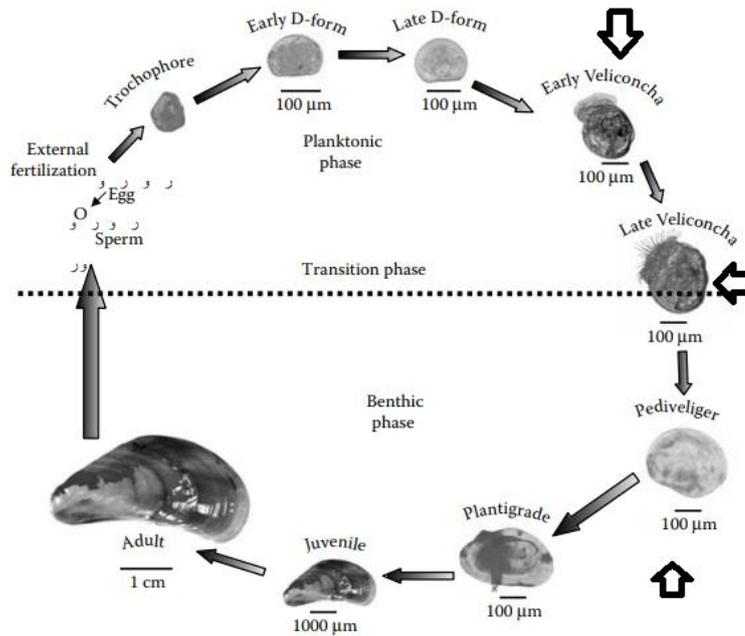


Foto: L. F. O. A

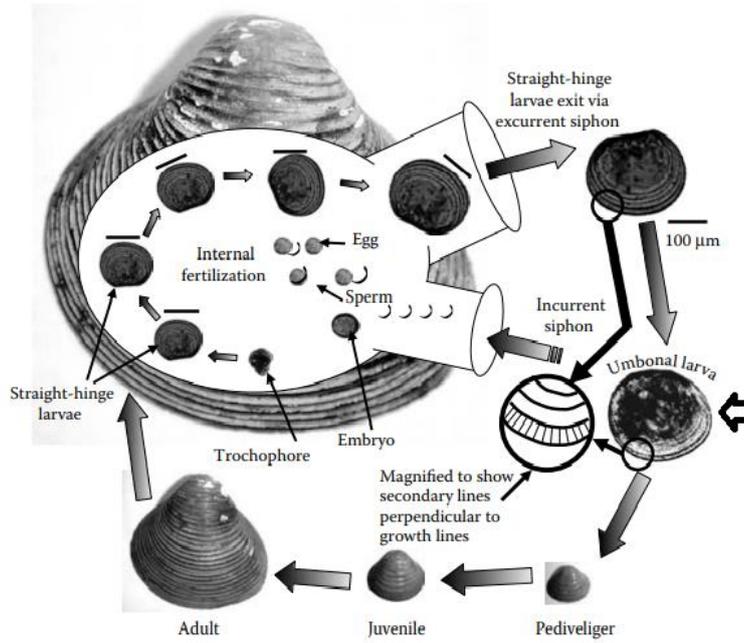
Imagem 10: ciclo de vida *L. fortunei*



As setas vasadas indicam as fases larvais em que o mexilhão-dourado pode ser confundido com o *C. fluminea*.

Retirado e adaptado de (MACKIE; CLAUDI, 2009).

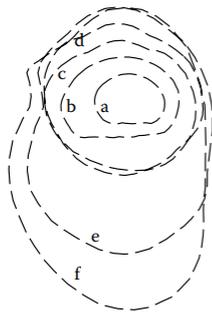
Imagem 11: ciclo de vida *C. fluminea*



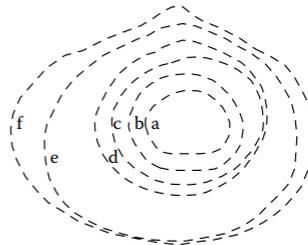
Retirado e adaptado de (MACKIE; CLAUDI, 2009).

Imagem 12: Estágios larvais e morfologia de concha do *L. fortunei* e *C. fluminea*.

- a. Early D-form
- b. Late D-form
- c. Umbonal or veliconcha stage
- d. Pediveliger stage
- e. Late plantigrade stage
except Asian clam = early pediveliger stage
- f. Late plantigrade stage
except Asian clam = late pediveliger stage



Golden mussel



Asian clam

Fonte: (MACKIE; CLAUDI, 2009).