



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
CENTRO DE FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, AMBIENTE E  
QUALIDADE DE VIDA**

**LARISSA DE SOUZA BARROS**

**MOLUSCOS DE LAGOS PERIURBANOS AMAZÔNICOS: RESPOSTA EM  
AMBIENTES COM ANTROPOPRESSÃO, CHAVE PICTÓRICA DE  
IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE TAXONÔMICA INTEGRATIVA**

**Santarém-PA  
2023**

**LARISSA DE SOUZA BARROS**

**MOLUSCOS DE LAGOS PERIURBANOS AMAZÔNICOS: RESPOSTA EM  
AMBIENTES COM ANTROPOPRESSÃO, CHAVE PICTÓRICA DE  
IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE TAXONÔMICA INTEGRATIVA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida como critério para obtenção do título de mestre; Universidade Federal do Oeste do Pará, Centro de Formação Interdisciplinar; Linha de pesquisa: Biodiversidade.

**Orientadora:** Sheyla R. M. Couceiro

**Co-orientador:** Bruno Braulino Batista

**Santarém-PA  
2023**

**LARISSA DE SOUZA BARROS**

**MOLUSCOS DE LAGOS PERIURBANOS AMAZÔNICOS: RESPOSTA EM  
AMBIENTES COM ANTROPOPRESSÃO, CHAVE PICTÓRICA DE  
IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE TAXONÔMICA INTEGRATIVA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida como critério para obtenção do título de mestre; Universidade Federal do Oeste do Pará, Centro de Formação Interdisciplinar; Linha de pesquisa: Biodiversidade.

Conceito: Aprovada

Data de aprovação: 08 / 03 / 2023

Documento assinado digitalmente  
 SHEYLA REGINA MARQUES COUCEIRO  
Data: 28/04/2023 16:47:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Sheyla Regina Marques Couceiro – Orientadora  
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

Documento assinado digitalmente  
 HELENA MATTHEWS CASCON  
Data: 25/04/2023 15:27:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Helena Matthews-Cascon  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Documento assinado digitalmente  
 JOSE MAX BARBOSA DE OLIVEIRA JUNIOR  
Data: 27/04/2023 13:51:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior  
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

**Santarém-PA  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

B277m Barros, Larissa de Souza  
Moluscos de lagos periurbanos amazônicos: resposta em ambientes com antropopressão, chave pictórica de identificação e análise taxonômica integrativa./ Larissa de Souza Barros. – Santarém, 2023.  
60 p. : il.  
Inclui bibliografias.

Orientadora: Sheyla Regina Marques.

Coorientador: Bruno Braulino Batista.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Centro de Formação Interdisciplinar, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.

1. Moluscos. 2. Sistemas lacustres. 3. Malacofauna. 4. Bioindicadores. 5. Antropização. 6. Gastropoda. 7. Bivalvia. 8. Planorbídeos. 9. Homem – Saúde. 10. Ecossistemas amazônicos. I. Marques, Sheyla Regina, *orient.* II. Batista, Bruno Braulino, *coorient.* III. Título.

---

CDD: 23 ed. 592

Bibliotecária - Documentalista: Cátia Alvarez – CRB/2 843

“A todos que com amor, carinho e incentivo, me trouxeram até aqui.”

## AGRADECIMENTO

*Ao meu bom Deus e amigo, pois sua graça me sustenta*

À universidade Federal do Oeste do Pará e ao PPGSAQ pela estrutura física e todo seu suporte acadêmico.

Aos meus orientadores Dra. Sheyla Regina Marques Couceiro e Dr. Bruno Braulino Batista, pela partilha de conhecimento que apoiou o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os colegas do Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Invertebrados Aquáticos – LETIA, com quem tive o prazer de compartilhar conhecimento, carinho e incentivo. Em especial aos colegas Marcos Santana, Suzane Evaristo e Marcelo Lucas, que com seu talento natural, tornaram esta jornada mais divertida.

Aos professores André Canto e Lincoln Rabelo, grata pelos conselhos, ajuda e suporte durante esta jornada.

E imensamente aos meus familiares, que sempre me incentivaram e apoiaram durante minha vida acadêmica, em especial a minha mãe Uzilene de Souza Barros e a minha mãe/avó Antonete Nascimento Barros. Todo o suporte, carinho e educação que vocês me deram ao longo de todos estes anos jamais poderá ser recompensado por mim, eu só tenho a agradecer por tudo. Amo vocês.

Aos meus irmãos maravilhosos que tanto amo, Jéssica Aires, Hannah Barros e Felipe Barros. A existência de vocês em minha vida é uma das maiores dádivas de Deus para comigo. E para além disso, quero agradecer profundamente a minha irmã Jéssica que nunca deixou de estar presente em todas as lágrimas e sorrisos, sem o seu apoio eu jamais chegaria até aqui. Obrigada por tudo, estou certa de que nunca vou conseguir agradecer o suficiente.

E ao meu melhor amigo, Breno Cardoso, por toda a paciência e incentivo. O amor, respeito e admiração que você me dedica é recíproco.

Todos que citei, e aqueles que não citei, tem seu lugar especial no meu coração e eu só tenho a agradecer por tudo. O meu mais profundo e sincero...

*Muito obrigada!*

“Cada vez que você faz uma escolha, está transformando sua essência em alguma coisa um pouco diferente do que era antes.”

C. S. Lewis

## APRESENTAÇÃO

A presente Dissertação de Mestrado é composta por três capítulos. O primeiro capítulo aborda **“Avaliação da qualidade ambiental de lagos periurbanos amazônicos e a resposta da fauna de moluscos frente ecossistemas de maior antropopressão”**, o segundo trata **“Chave pictórica para identificação de moluscos em lagos periurbanos de Santarém, Pará, Brasil”** e o terceiro e último capítulo trata de uma **“Análise taxonômica integrativa de *Biomphalaria* Preston, 1910 na Amazônia brasileira”**. Os capítulos são apresentados na forma de manuscrito a serem submetidos ao periódico *Perspectives in Ecology and Conservation* (ISSN: 2530-0644) com Fator de Impacto 5,652.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Mapa dos pontos de amostragem (lagos) ao longo da orla de Santarém-PA.....15
- Figura 2.** Análise de Componentes Principais oriundos de variáveis ambientais (TEMP = temperatura, TURB = turbidez, COND = condutividade elétrica, OD = Oxigênio dissolvido) medidos em lagos de inundação (Verde, Piranhas, Mapiri e Maicá) amostrados ao longo da orla de Santarém-PA.....19
- Figura 3.** Modelo Broken Stick em função dos componentes da Análise de Componentes Principais com seleção para os dois primeiros componentes.....20
- Figura 1.** Resultado gráfico das diferenças médias das variáveis abióticas para cada lago. (A) pH; (B) condutividade; (C) temperatura; (D) oxigênio dissolvido; (E) turbidez.....21
- Figura 5.** Análise da comunidade de moluscos entre lagos de inundação amostrados ao longo da orla de Santarém-PA.....23
- Figura 6.** Moluscos coletados em lagos de inundação amostrados ao longo da orla de Santarém-PA.....23

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Mapa de coleta indicando os cinco lagos amostrados nas imediações da cidade de Santarém, no estado do Pará, Brasil.....34
- Figura 2.** Chave de identificação da fauna de moluscos em lagos periurbanos de Santarém-PA.....36
- Figura 3.** Espécies de bivalves encontrados durante este estudo. (A) *Triplodon corrugatus*, 60 mm (B) *Paxyodon syrmatophorus*, 35 mm (C) *Castalia ambigua*, 37 mm (D) *Castalia* sp., 26 mm (E) *Diplodon* sp., 19 mm (F) *Monocondylea eaea franciscana*, 26 mm (G) *Anticorbula fluviatilis*, 14 mm (H).....37
- Figura 4.** Espécies de gastrópodes encontrados durante o estudo. (A) *Pomacea lineata*, 50 mm; (B) *Pomacea diffusa*, 45 mm; (C) *Asolene* sp., 20 mm; (D) *Pomacea* sp., 3 mm; (E) *Heleobia* sp., 3 mm; (F) *Drepanotrema* sp., 2 mm; (G) *Biomphalaria* sp., 2 mm; (H) *Gundlachia* sp., 3 mm; (I) *Omalonyx* sp., 15 mm.....38

### CAPÍTULO III

- Figura 1.** Mapa localizando o lago Mapiri em Santarém-PA.....49
- Figura 2.** Aspecto da massa de ovos em estereomicroscópio (A) 200  $\mu$ m; Ilustração esquemática das massas de ovos (B), sendo: cápsula (Cp), ovo (Ov), embrião (Em).....52
- Figura 3.** Representação esquemática do ciclo observado para os espécimes de *Biomphalaria* encontradas no lago Mapiri em Santarém-PA e as principais fases de desenvolvimento observadas em laboratório. Ambiente aquático e bancos de macrófitas (A); espécime adulto de *Biomphalaria* (B); massa de ovos em blástula (C) no primeiro dia do ciclo; gástrula (D)

após 24 horas; trocófora (E) no quarto dia de ciclo; véliger (F) no quinto dia de ciclo; hipo (G) no sexto dia de ciclo, jovens caramujos pós eclosão (H).....53

**Figura 4.** Aspectos do caramujo recém-nascido. Cabeça (A); concha (B); tubo renal (C); tentáculos (D); pigmentos (E); olhos (F); abertura da concha (G); pé (H).....53

**Figura 5.** Representante de *Biomphalaria amazonica* coletado no lago Mapiri. Lado direito da concha (A); abertura da concha (B); lado esquerdo (C); aspectos do manto (D); aspectos do complexo peniano (E): canal deferente (cn), bolsa do pênis (bp), músculo retrator (mr), prepúcio (pp); aspectos do complexo vaginal (F): espermateca (sp), bolsa vaginal (bv), útero (ur), vagina (va).....54

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.</b> Protocolo de Avaliação Rápida para corpos hídricos adaptado de Radtke (2015) .....	16
<b>Tabela 2.</b> Resultado do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para corpos hídricos modificado de Radtak (2015), a condição ambiental dos lagos.....	19
<b>Tabela 3.</b> Resultado da ANOVA efetuada com os dados ambientais dos lagos Mapiri, Piranhas, Verde, Juá e Maicá, localizados ao longo da orla de Santarém-PA .....	20
<b>Tabela 4.</b> Lista de espécies de moluscos coletadas em cinco lagos, localizados ao longo da orla de Santarém, Pará, Brasil.....	22
<b>Tabela 5.</b> Resultados GLMs com variáveis de influência significativa sobre a abundância e riqueza de espécies de moluscos entre os lagos de inundação, ao longo da borda de Santarém-PA.com variáveis de influência significativa sobre a abundância e riqueza de espécies de moluscos entre os lagos de inundação, ao longo da borda de Santarém-PA.....	24

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Lista das espécies coletadas e o lago de ocorrência.....	35
---	----

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I: Avaliação da qualidade ambiental de lagos periurbanos amazônicos e a resposta da fauna de moluscos frente ecossistemas de maior antropopressão</b> .....	13
<b>Material e Métodos</b> .....	15
<b>Resultados</b> .....	19
<b>Discussão</b> .....	24
<b>Conclusão</b> .....	27
<b>Referências</b> .....	27
<b>CAPÍTULO II: Chave pictórica para identificação de moluscos em lagos periurbanos de Santarém, Pará, Brasil</b> .....	32
<b>Introdução</b> .....	32
<b>Material e Métodos</b> .....	33
<b>Resultados</b> .....	34
<b>Discussão</b> .....	38
<b>Conclusão</b> .....	42
<b>Referências</b> .....	42
<b>CAPÍTULO III: Análise taxonômica integrativa de <i>Biomphalaria preston</i>, 1910 na Amazônia brasileira</b> .....	47
<b>Introdução</b> .....	47
<b>Material e Métodos</b> .....	49
<b>Resultados</b> .....	51
<b>Discussão</b> .....	55
<b>Conclusão</b> .....	56
<b>Referências</b> .....	56
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	59
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	60

## RESUMO GERAL

O filo Mollusca é um importante grupo zoológico distribuído pelos mais variados ambientes, sendo o segundo grupo com maior diversidade após os Arthropoda. Em água doce, o filo Mollusca é representado pelas classes Gastropoda e Bivalvia, sendo importantes na manutenção e ciclagem de nutrientes dos ecossistemas em que estão inseridos, além de indicadores de condições ambientais por se tratar de organismos que respondem bem as alterações em seus ecossistemas. Apesar de sua importância ecológica, o conhecimento sobre a diversidade e ocorrência do filo Mollusca em ecossistemas amazônicos ainda não é satisfatório, havendo um baixo número de pesquisadores que atuam com o grupo na região. Essa realidade torna-se preocupante quando consideramos os impactos em que os ecossistemas dulcícolas vêm sofrendo ao longo dos anos, principalmente os lagos periurbanos, que sofrem com os impactos derivados da proximidade com os grandes centros urbanos. Impactos que podem influenciar no declínio da biodiversidade, especialmente em organismos como os moluscos, e na vida de muitas comunidades que se estabelecem as margens desses lagos e deles retiram sua subsistência. Dentro desse cenário, estudos envolvendo moluscos em lagos periurbanos podem contribuir não apenas no conhecimento sobre a fauna de moluscos ocorrentes na Amazônia, como também na compreensão da saúde ambiental desses lagos, gerando informações úteis na busca por atenção pública para o cuidado ambiental desses ecossistemas. Com objetivo de ampliar o conhecimento sobre a fauna de moluscos ocorrentes na Amazônia, e de gerar informações sobre saúde ambiental em lagos periurbanos amazônicos, a presente dissertação conta com três trabalhos desenvolvidos em cinco lagos periurbanos de Santarém, oeste paraense, e aqui apresentados em capítulos com os seguintes títulos: “*Avaliação da qualidade ambiental de lagos periurbanos amazônicos e a resposta da fauna de moluscos frente ecossistemas de maior antropopressão*”, “*Chave pictórica para identificação de moluscos em lagos periurbanos de Santarém, Pará, Brasil*” e “*Análise taxonômica integrativa de Biomphalaria Preston, 1910 na Amazônia brasileira*”.

## **Avaliação da qualidade ambiental de lagos periurbanos amazônicos e a resposta da fauna de moluscos frente ecossistemas de maior antropopressão**

Larissa de S. Barros\*<sup>1</sup>, Bruno B. Batista<sup>2</sup> e Sheyla R. M. Couceiro <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Programa de Pós-graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida. Avenida Vera Paz, s/n- Salé, CEP 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Laboratório de ecologia e taxonomia de invertebrados aquáticos. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

**Resumo:** Os lagos periurbanos são ecossistemas importantes na manutenção das comunidades humanas da Amazônia. No entanto, sofrem com os impactos antrópicos agravados pela proximidade com os centros urbanos, e que podem afetar as comunidades biológicas como a fauna de moluscos. Nossa pesquisa teve como principal objetivo avaliar a a qualidade ambiental de cinco lagos periurbanos em Santarém (Maicá, Mapiri, Juá, Verde e Piranhas), na Amazônia brasileira, e a resposta da fauna de moluscos frente a antropopressão. Coletas manuais da fauna de moluscos e medidas das variáveis abióticas foram realizadas considerando o período menos chuvoso da região. Foram identificadas oito famílias, 16 gêneros e 19 espécies, com maior abundância da espécie exótica *Corbicula fluminea* (n=333), e a espécie *Pomacea lineata* (n=133). Os lagos Mapiri e Maicá apresentaram maiores valores de temperatura, turbidez e condutividade elétrica, além de baixos valores de oxigênio dissolvido, sendo os lagos mais próximos da zona urbana de Santarém.

**Palavras-chave:** Sistemas lacustres; Malacofauna; Bioindicadores; Antropização.

### **Introdução**

Os lagos são ecossistemas aquáticos importantes como reservas superficiais de água doce (Pinto-Coelho et al., 2016; De Moraes & Lopes, 2019), atuando como enormes centros de biodiversidade, onde prestam serviços ambientais à biosfera e às populações que habitam seu entorno (Pinto-Coelho et al., 2016; De Moraes & Lopes, 2019).

Na Amazônia, muitos lagos são influenciados pela subida e descida das águas de grandes rios como o Tapajós e o Amazonas, sendo considerados lagos de inundação (Ponte et al., 2019). Tal influência gera mudanças significativas nas características ambientais dos lagos e na disponibilidade de recursos para a fauna, incluindo (entre outros fatores) o fornecimento de nutrientes (Oviedo et al., 2015).

Os lagos amazônicos também fazem parte da vida de muitas comunidades humanas que se instalam em seu entorno, onde realizam atividades como pesca, agricultura e pecuária (Fraxe et al., 2007). Esses ecossistemas são de extrema importância para sua manutenção e

sobrevivência, o que reforça ainda mais os cuidados com a saúde ambiental dos lagos amazônicos (Gama et al., 2018).

Apesar de sua importância ecológica, econômica e social, os lagos, assim como outros ecossistemas aquáticos, estão listados entre os ambientes mais degradados do planeta, com redução não só na qualidade da água, mas também no volume de água, devido à descarga de esgoto, destinação de resíduos sólidos e efluentes industriais e agrícolas (ANA, 2013).

Todas essas práticas antrópicas afetam não apenas a água para uso das atividades humanas, mas também a sobrevivência dos organismos vivos presentes nesses ambientes, resultando na perda de biodiversidade, especialmente naqueles ecossistemas próximos às áreas urbanas (Artaxo, 2014). Assim, em diferentes momentos, os lagos amazônicos estão em situações de conflito entre as dimensões cultural, econômica, sanitária e ecológica (Oviedo et al., 2015).

Dentre os organismos aquáticos que podem ser afetados pelas atividades antrópicas em lagos, estão os macroinvertebrados, dos quais o filo Mollusca é um representante (França & Callisto, 2007). Esses animais geralmente são afetados por fatores bióticos e abióticos de seus ecossistemas e podem ser utilizados como indicadores de condições ecológicas (sanitária e ambiental) devido a um conjunto de características que os tornam adequados a esse fim, incluindo: ampla distribuição, facilidade de manuseio, relativamente permanentes no ambiente (com organismos que podem viver por longos períodos no sedimento) e capacidade de acúmulo (Callisto et al., 2005; Shimabukuro & Henry, 2011; Barbosa et al., 2016).

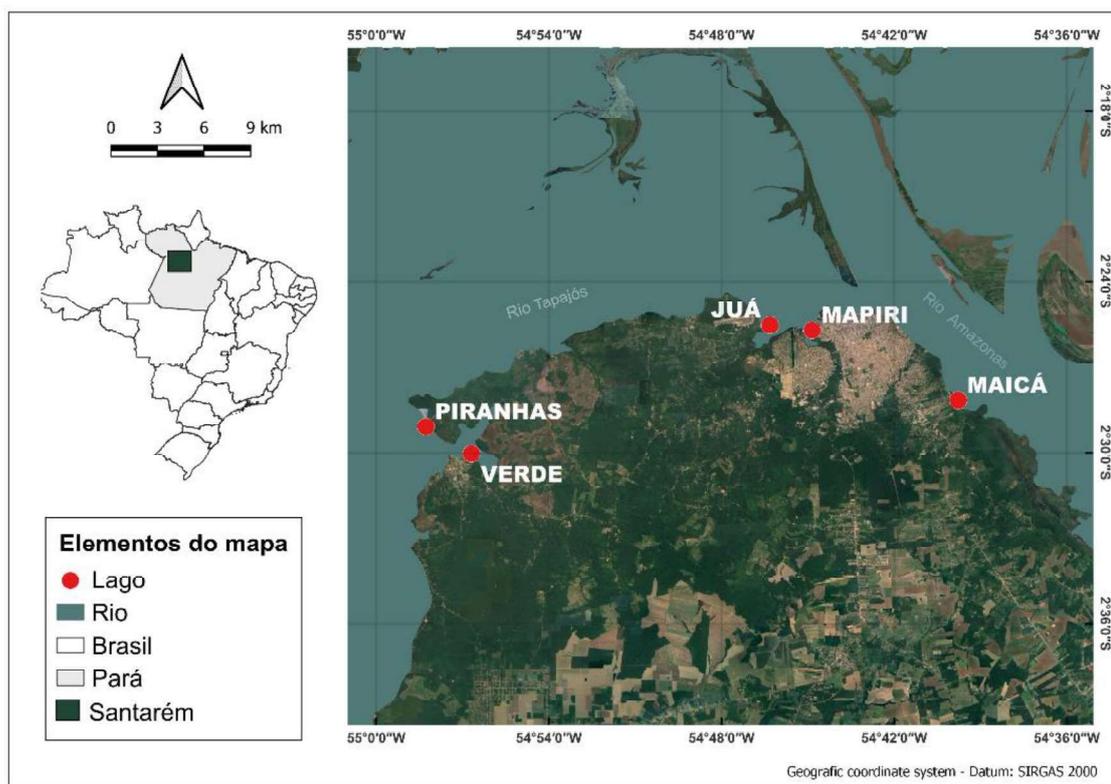
O uso de moluscos como indicadores parte do princípio simples de que, frente aos impactos em seus ecossistemas, os organismos se adaptam ou morrem (Callisto et al, 2005), refletindo as condições de preservação de onde vivem). Porém, um ponto que vem sendo abordado nos últimos anos é que é possível que ambientes que sofrem impactos antrópicos (em especial aos próximos de zonas urbanas) suportem uma alta diversidade e riqueza de espécies, incluindo até mesmo a ocorrência de espécies raras (Kiviat & MacDnonald, 2004; Sowa et al., 2019), e esta realidade estaria pautada no incremento de recursos a manutenção das espécies devido. pressão antrópica (Connel, 1978). Assim, a fauna de moluscos em ambientes com antropopressão poderia não refletir saúde ambiental, mas ser um reflexo da condição de impacto.

Dentro desse contexto, e considerando a importância ecológica e social dos lagos amazônicos, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade ambiental de cinco lagos periurbanos de Santarém, importante centro urbano da região do baixo Amazonas, através de

variáveis abióticas associadas a fauna de moluscos, considerando a resposta da abundância e riqueza de moluscos frente a antropopressão nesses ecossistemas,

## Material e Métodos

Foram amostrados cinco lagos (Maicá, Mapiri, Juá, Verde e Piranhas), que se encontram em uma área periurbana da cidade de Santarém, estado do Pará, Brasil (Figura 1). O clima nesta região é equatorial úmido, com temperatura média anual de 25° e 28°C e precipitação média anual de 1.920 mm (Andrade & Corrêa, 2014).



**Figura 2.** Mapa dos pontos de amostragem (lagos) ao longo da orla de Santarém-PA

Os lagos amostrados apresentam sazonalidade ambiental, podendo ser inundados durante o período de chuvas, entre os meses de dezembro a junho (Ponte et al., 2019) ou estar mais isolados durante o período menos chuvoso. Os lagos Mapiri, Juá, Verde e Piranhas são influenciados pela inundação do rio Tapajós, um rio de águas claras que nasce do encontro entre os rios Teles-Pires e Juruena, na região central do Brasil, banhando parte do estado do Pará e desaguando no rio Amazonas (Júnior, 2014). As águas do Tapajós costumam ter um pH ácido por estarem em um embasamento cristalino e por grande parte de sua bacia drenar rochas sedimentares cretáceas (Monte et al., 2021).

Por outro lado, o lago Maicá é influenciado pelas cabeceiras de diferentes igarapés, e pela inundação do Rio Amazonas, um rio de águas brancas que possui uma enorme

quantidade de material em suspensão de processos erosivos (Silva et al., 2013) e, portanto, tem pH mais básico em comparação com o Rio Tapajós (Silva et al., 2019).

#### *Período de coleta*

As coletas foram realizadas no período menos chuvoso, com coletas quinzenais entre os meses de outubro e novembro de 2021. Apesar da sazonalidade ambiental devido ao pulso de inundação dos rios Tapajós e Amazonas, o período seco foi escolhido por facilitar o acesso aos lagos e a captura dos moluscos devido o menor volume de água (Pimpão, 2009).

#### *Variáveis ambientais*

Utilizando-se uma sonda multiparamétrica (Akso, modelo AK88) as variáveis ambientais pH, turbidez, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$ ) foram medidas em seis pontos de cada lago, considerando as margens acessíveis pelos portos comunitários na porção de desembocadura do lago para os rios Tapajós ou Amazonas, considerando três pontos a margem esquerda e três pontos a margem direita de cada lago.

Em cada ponto também foi aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAF) para corpos d'água de Radtke (2015), com as seguintes adaptações: inclusão das variáveis espuma, vegetação nativa no entorno e influência urbana (Tabela 1).

**Tabela 4.** Protocolo de Avaliação Rápida para corpos hídricos adaptado de Radtke (2015).

Variável	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipo de ocupação das margens do lago (principal atividade)	Vegetação natural	Turismo, pastagem, agricultura, monocultura, pesca	Residencial, comercial, industrial
2. Impactos antrópicos na margem	Pouco ou ausente.	Moderado.	Acentuado (fábricas, siderúrgicas, canalização, lixo, esgoto, embarcações)
3. Espuma	Ausente.	Moderada	Acentuada
4. Odor da água e/ou do sedimento	Ausente	Moderado	Acentuada (cheiro de material em decomposição ou de rejeitos)
5. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Acentuada

6. Plantas aquáticas	Pouco ou ausente (pequenas macrófitas ou musgos distribuídos pelo leito)	Moderada (pequenos bancos de macrófitas)	Acentuada (grandes bancos de macrófitas. Ex: aquapé)	
7. Tipo de fundo	Argila, pedras, cascalho, areia	Lama, areia, argila	Cimento	
8. Diversidade de habitats	<b>4 pontos</b>	<b>3 pontos</b>	<b>2 pontos</b>	<b>0 pontos</b>
	+50% pedaços de troncos, cascalho, folhiço e outros	De 30 a 50% pedaços de troncos, cascalho, folhiço e outros	De 10 a 30% pedaços de troncos, cascalho, folhiço e outros	Menos de 10% pedaços de troncos, cascalho, folhiço e outros
9. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama	25 a 50% do fundo coberto por lama	50 a 75% coberto por lama	Mais de 75% coberto por lama
10. Alterações na delimitação	Sem obstruções ou construções.	Alguma obstrução presente	Alguma modificação presente nas margens, de 40 a 70%	Margens alteradas, mais de 70% de modificação
11. Vegetação nativa no entorno.	Acentuada presença de vegetação nativa.	Moderada presença de vegetação nativa	Pouca vegetação nativa	Solo exposto
12. Influência urbana	Pouca ou nenhuma influência.	Alguma influência, porém, pouco perceptível	Moderada e perceptível	Acentuada
<b>Pontuação</b>		<b>Condições ambientais</b>		
0 – 22		Impactado		
23 – 32		Alterado		
> 32		Natural		

### *Coleta de moluscos*

As coletas foram realizadas sob autorização SISBIO nº 49255-1, com os espécimes de moluscos sendo coletados manualmente (catação) com o auxílio de uma rede aquática (puçá

ou rapiché) nos seis pontos de amostragem de cada lago, realizando busca ativa na vegetação, troncos submersos e outros substratos, durante o período de duas horas em cada lago.

Após a coleta, os moluscos foram acondicionados em sacos plásticos com água, devidamente etiquetados e transportados para triagem no Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Invertebrados Aquáticos (Letia) da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa) onde os moluscos menores foram triados com o auxílio de um estereomicroscópio (Leica S8AP0). No laboratório, o material com partes moles foi fixado álcool 70% e as conchas vazias foram limpas com um pincel de cerdas finas e armazenadas a seco.

Para a identificação, sempre que possível até o nível de espécie, foram utilizados guias de identificação de moluscos de água doce, como Simone (2006), Ohlweiler et al (2010) e Damborenea et al. (2020), além de comparações com informações disponíveis em bases de dados como o Mussel project (Musselp) e SpeciesLink. Caracóis menores foram vistos sob um para ajudar a identificar os animais. O material identificado encontra-se disponível na coleção didática de macroinvertebrados do Letia na Ufopa.

#### *Análise de dados*

Uma análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para relacionar os lagos Juá, Mapiri, Maicá, Piranhas e Verde com base em suas variáveis abióticas, seguindo padronização dos dados e utilizando o critério de Broken Stick na análise dos componentes da ACP. Uma ANOVA e teste de Tukey também foram utilizados para identificar se as variáveis abióticas também diferenciam estatisticamente ( $p < 0,05$ ) os lagos.

Em relação à fauna de moluscos, a abundância foi calculada pela contagem de espécimes para cada lago amostrado. Para o cálculo de riqueza, a contagem das espécies. E para relacionar abundância e riqueza de espécies com variáveis abióticas, foram aplicados Modelos Lineares Generalizados (GLMs), utilizando-se a família Binomial negativa, que foi mais bem ajustada aos modelos (tendo como parâmetro o valor da razão mais próximo de um). Para uma melhor apresentação dos resultados, os modelos foram reduzidos, retirando-se as variáveis que não contribuíram significativamente para os ensaios.

Uma análise de agrupamento foi realizada com um o objetivo de avaliar o grau de similaridade entre a composição dos moluscos nos lagos estudados, utilizando-se o método de ligação média (UPPGMA) e o índice de Jaccard, considerando uma matriz de presença e ausência. Uma ANOVA também foi realizada para identificar diferenças significativas na abundância e riqueza de espécies entre os lagos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2022) versão 4.2.1.

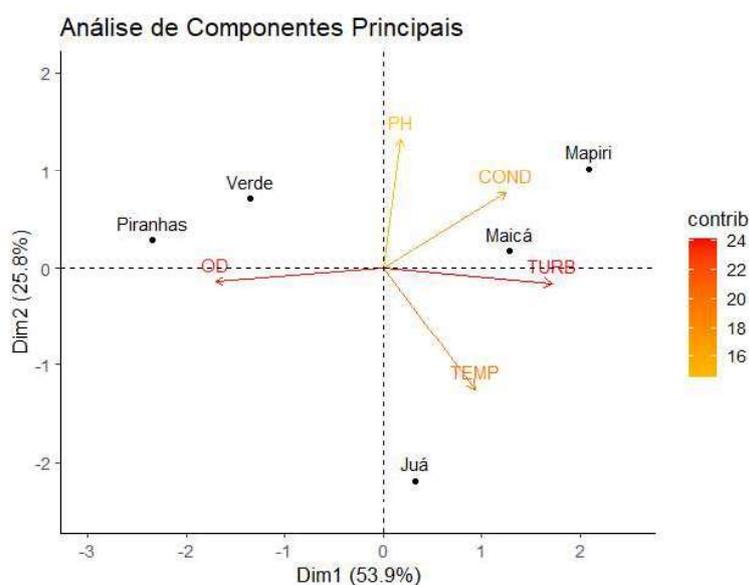
## Resultados

Os lagos Juá, Mapiri e Maicá apresentaram maiores níveis de antropização, segundo o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), sendo os lagos Maicá e Juá classificados como alterados e o lago Mapiri como impactado (Tabela 2).

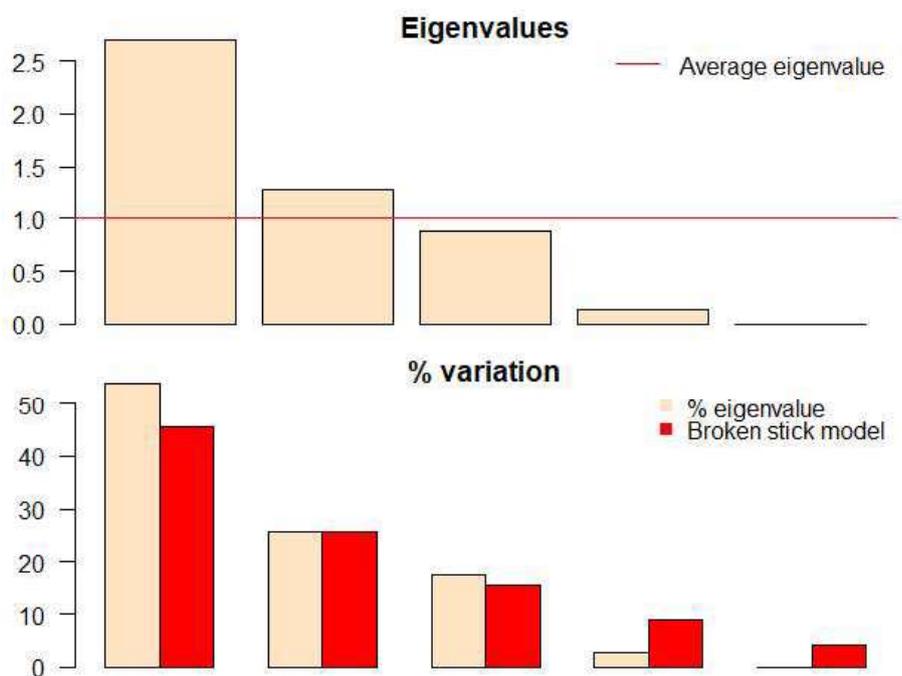
**Tabela 5.** Resultado do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para corpos hídricos e sua classificação dos lagos.

Lagos	Pontuação do PAR	Condição ambiental
Juá	29,3	Alterado
Maicá	24,6	Alterado
Mapiri	12	Impactado
Verde	39,8	Natural
Piranhas	44	Natural

O oxigênio dissolvido, a turbidez e a temperatura foram as principais variáveis abióticas caracterizar a organização dos lagos na Análise de Componentes Principais (Figura 2), considerando os dois primeiros eixos da ACP, segundo o critério do modelo Broken Stick (Figura 3). Juntos, os componentes 1 e 2 explicaram 79,62% da variação dos dados, com os lagos Piranhas e Verde mais bem relacionados a variável oxigênio dissolvido, enquanto os lagos Juá, Maicá e Mapiri, estiveram mais bem relacionados a pH, condutividade, turbidez e temperatura. lagos (Figura 4).



**Figura 3.** Análise de Componentes Principais oriundos de variáveis ambientais (TEMP = temperatura, TURB = turbidez, COND = condutividade elétrica, OD = Oxigênio dissolvido) medidos em lagos de inundação (Verde, Piranhas, Mapiri e Maicá) amostrados ao longo da orla de Santarém-PA.

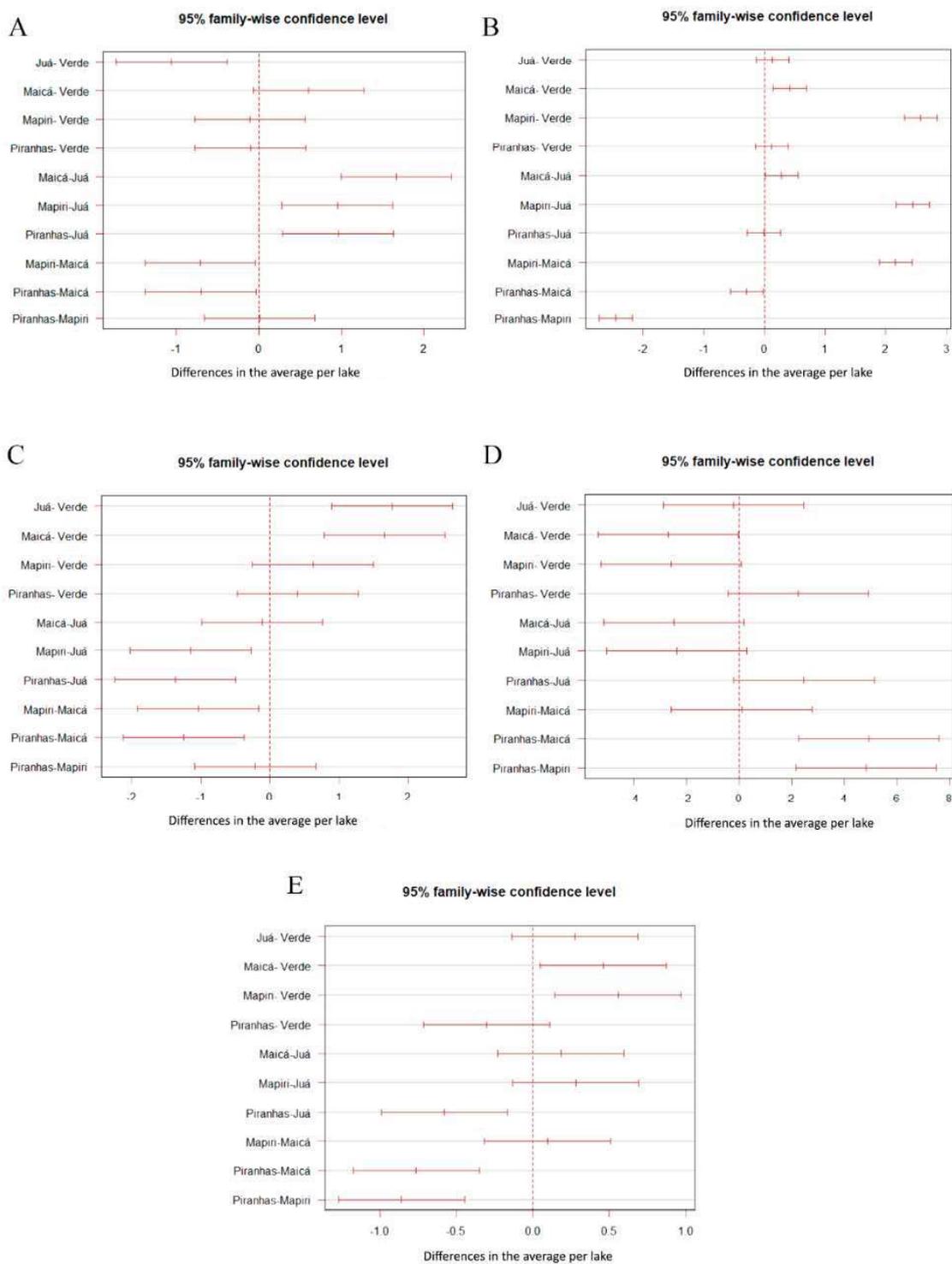


**Figura 4.** Modelo Broken Stick em função dos componentes da Análise de Componentes Principais com seleção para os dois primeiros componentes

**Tabela 6.** Resultado da ANOVA efetuada com os dados ambientais dos lagos Mapiri, Piranhas, Verde, Juá e Maicá, localizados ao longo da orla de Santarém-PA.

<b>Variável</b>	<b>p-valor</b>	<b>F</b>	<b>Grau de liberdade</b>
Condutividade elétrica	<0.0001	274.5	4
Temperatura	<0.0001	13.86	4
Turbidez	<0.0001	12.53	4
Oxigênio dissolvido	<0.0001	10.25	4
pH	<0.0001	13.55	4

As diferenças observadas pela PCA foram corroboradas pelos testes anova, demonstrando que as variáveis abióticas são estatisticamente diferentes para os lagos (Tabela 3). Tais diferenças encontram-se em especial entre os lagos Mapiri e Maicá com os demais



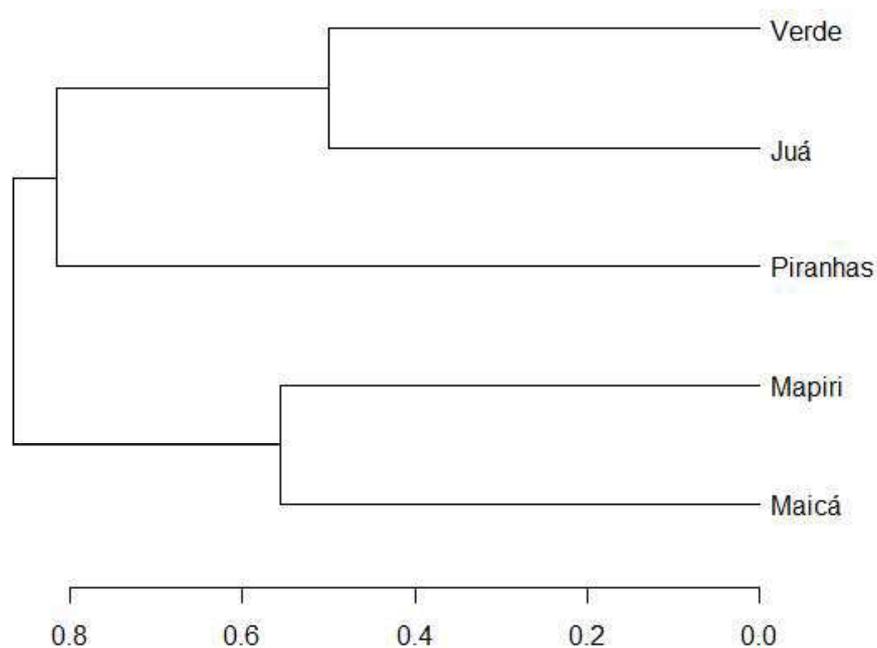
**Figura 5.** Resultado gráfico das diferenças médias das variáveis abióticas para cada lago. (A) pH; (B) condutividade; (C) temperatura; (D) oxigênio dissolvido; (E) turbidez.

Quanto aos moluscos, foram coletados 597 espécimes de moluscos, distribuídos em oito famílias, sendo 16 gêneros e 19 espécies (Tabela 4).

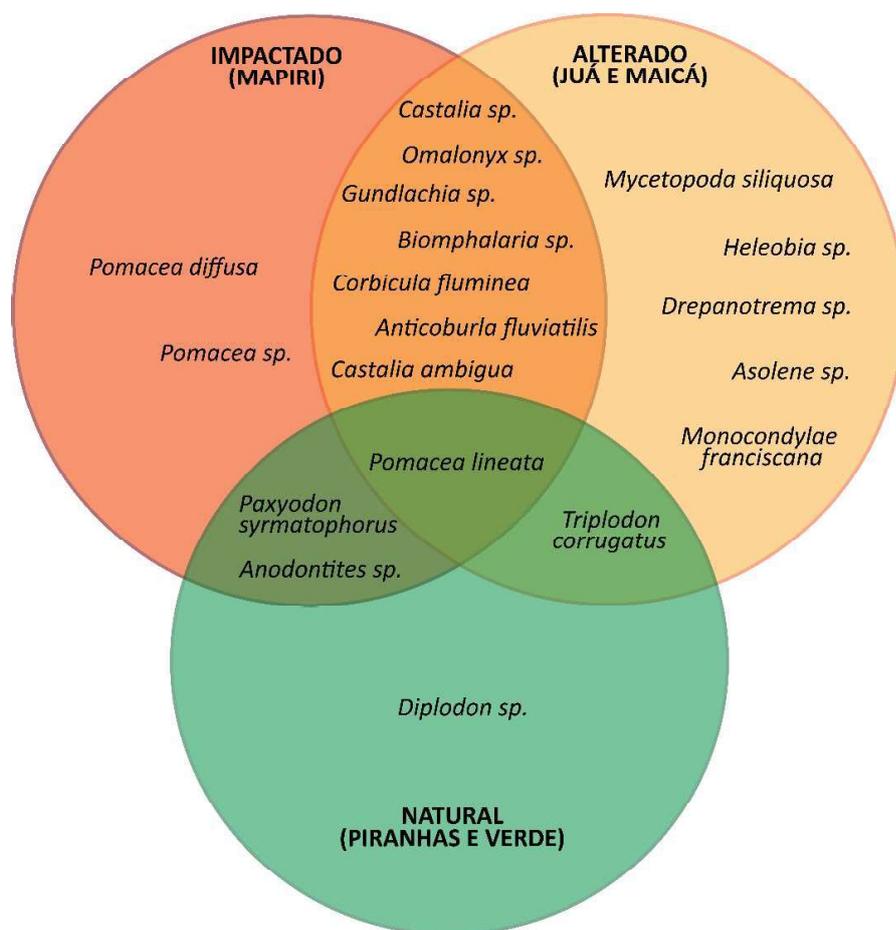
**Tabela 7.** Lista de espécies de moluscos coletadas em cinco lagos, localizados ao longo da orla de Santarém, Pará, Brasil.

<b>Classe</b>	<b>Família</b>	<b>Espécie</b>
Bivalvia	Corbulidae	<i>Anticorbula fluviatilis</i> (H. Adams, 1860)
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)
Bivalvia	Hyriidae	<i>Castalia ambigua</i> Lamarck, 1819
Bivalvia	Hyriidae	<i>Castalia</i> sp. Lamarck, 1819
Bivalvia	Hyriidae	<i>Paxyodon syrmatophorus</i> (Meuschen em Gonovius, 1781)
Bivalvia	Hyriidae	<i>Triplodon corrugatus</i> (Lamarck, 1819)
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Anodontites</i> sp. Bruguière, 1729
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Diplodon</i> sp. Spix 1827
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Monocondylaea franciscana</i> (Moricand, 1836)
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Mycetopoda siliquosa</i> (Spix, 1827)
Gastropoda	Ampullaridae	<i>Pomacea diffusa</i> Blume, 1957
Gastropoda	Ampullaridae	<i>Pomacea lineata</i> (Spix, 1827)
Gastropoda	Ampullaridae	<i>Pomacea</i> sp. Perry, 1811
Gastropoda	Ampullaridae	<i>Asolene</i> sp. (d'Orbigni, 1837)
Gastropoda	Cochliopidae	<i>Heleobia</i> sp. Stimpson 1865
Gastropoda	Planorbidae	<i>Biomphalaria</i> Preston, 1910
Gastropoda	Planorbidae	<i>Drepanotrema</i> sp Crosse & FISsher, 1880
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gundlachia</i> sp. Pfeiffer, 1849
Gastropoda	Succineidae	<i>Omalonyx</i> sp. Orbigny, 1837

Dentre as espécies, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) foi a mais abundante (n=333), seguida da espécie *Pomacea lineata* (Spix, 1827) (n=133). Os testes anova executados com a composição da malacofauna apresentou diferenças significativas na abundância de moluscos entre os lagos (p-valor = 0,0009 e F = 7,81), bem como na riqueza de espécies (p-valor <0,001 e F = 12,37). Essas diferenças, juntas, fizeram com que os lagos tivessem duas comunidades de moluscos na análise de agrupamentos (distância Jaccard), apresentando correlação cofenética de 0,96. Uma comunidade relacionada aos lagos Mapiri e Maicá e outra relacionada aos demais lagos (Figura 4 e 5). Esses resultados também são corroborados pelas relações com efeito significativo do oxigênio dissolvido (relação negativa) e da temperatura (relação positiva) sobre a abundância e riqueza de moluscos (Tabela 6).



**Figura 6.** Análise da comunidade de moluscos entre lagos de inundação amostrados ao longo da orla de Santarém-PA. Correlação cofenética de 0,96.



**Figura 7.** Moluscos coletados em lagos de inundação amostrados ao longo da orla de Santarém-PA.

**Tabela 8.** Resultados GLMs com variáveis de influência significativa sobre a abundância e riqueza de espécies de moluscos entre os lagos de inundação, ao longo da borda de Santarém-PA.

<b>Modelo usando abundância</b>	<b>Coefficiente de variação</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor Z</b>	<b>Valor de p</b>
Oxigênio dissolvido	-0.931	0.267	-3.487	0.0004
Temperatura	0.856	0.262	3.264	0.001
<b>Modelo usando riqueza</b>	<b>Coefficiente de variação</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor Z</b>	<b>Valor de p</b>
Oxigênio dissolvido	-0.470	0.160	-2.936	0.003
Temperatura	0.318	0.148	2.140	0.032

## Discussão

Os dados apontam para condições de impacto nos lagos Juá, Mapiri e Maicá, os mais próximos da área urbana de Santarém. Suportado principalmente pelos altos valores de temperatura e turbidez, além de baixos valores de oxigênio dissolvido, tendo sido as variáveis que melhor contribuíram para caracterização dos lagos em termos físico-químicos. Em contraponto, os dados apontam melhores condições ambientais para os lagos Verde e Piranhas.

Os lagos Juá, Mapiri e Maicá vivem uma realidade forte de antropopressão. O alerta sobre a saúde ambiental desses lagos vem sendo apontado em diversos outros trabalhos (Ponte et al., 2019; Rocha et al., 2020; Carmo et al., 2022). Dentre os impactos antrópicos que sofrem esses ecossistemas, estão o descarte de esgoto, lixo sólido, resíduos químicos, assoreamento, supressão da vegetação, terraplanagem, expansão urbana sem planejamento e o fluxo de grandes embarcações (Ponte et al., 2019; Rocha et al., 2020; Carmo et al., 2022).

Apesar de suas condições de impacto, os lagos Juá, Mapiri e Maicá refletiram uma alta riqueza e abundância de moluscos se comparados aos lagos de menor impacto (Piranhas e Verde), estando a abundância e riqueza mais bem relacionados aos ambientes com menor oxigenação e maior temperatura. Todavia, a composição da fauna de moluscos para esses lagos foi majoritariamente de espécies com maior resistência em ambientes eutróficos.

As principais espécies registradas nessa pesquisa foram *Pomacea lineata* e *Corbicula fluminea*, encontradas em sua maioria nos lagos Juá, Maicá e Mapiri (*C. fluminea* apenas para Maicá e Mapiri). Essas espécies são mais tolerantes aos ecossistemas que sofrem interferência antrópica, sendo capaz de suportar ambientes altamente poluídos, como os que recebem águas provenientes dos esgotos da área urbana (Vidigal et al., 2005; Agostinha,

2020). No entanto, diferente de *Pomacea lineata*, *Corbicula fluminea* é de origem asiática, sendo uma espécie exótica invasora no Brasil (Mansur et al., 1999).

Exemplares de *Corbicula* teriam sido disseminados pelo mundo através da água de lastro (Mansur & Garces, 1988), tendo sido documentada para o Brasil pela primeira vez em 1981, na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul (Veitenheimer-Mendes, 1981). Na região do baixo Amazonas, a invasão por *Corbicula fluminea* teria ocorrido entre os anos de 1997 a 1998 (Beasley et al., 2003).

A espécie *C. fluminea* já esteve documentada como indicador de condições da qualidade da água, estando relacionadas a ambientes degradados (Marques e Barbosa, 2001). Sua ocorrência também é uma ameaça a diversidade da fauna de moluscos, por conferir risco aos moluscos da região (Vidigal et al., 2005), dada a sua alta capacidade de reprodução e adaptação, colonizando rapidamente os substratos e competindo com as espécies nativas (Levandowski et al., 2016).

Outras espécies também registradas para os lagos Juá, Maicá e Mapiri reforçam a compreensão de que a composição de moluscos nesses lagos, não reflete saúde ambiental. Gêneros como *Biomphalaria*, *Drepanotrema*, *Heleobia* e *Gundlachia*, assim como *Pomacea*, também podem ser associados a ambientes eutróficos, onde a água é poluída e possui grande quantidade de matéria orgânica (Simões, 2002; Neves et al., 2011; Miranda et al., 2016).

Dentre esses gêneros, a ocorrência de moluscos pertencentes a *Biomphalaria* nos lagos de maior impacto também adicionam uma preocupação em relação a saúde humana. Este gênero é de interesse médico e sanitário, com espécies que atuam como hospedeiro intermediário do parasita *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, o agente causador da esquistossomose (Morgan et al., 2001). São moluscos capazes de tolerar variações amplas nas características de seus ecossistemas, sejam elas físicas, químicas ou biológicas (Vidigal et al., 2005).

Apesar de apresentar moluscos mais resistentes a condição ambiental que se encontra os lagos Juá, Maicá e Mapiri, espécies de maior sensibilidade também foram encontradas nesses ambientes. Espécies como *Paxyodon syrmatophorus* e *Triplodon corrugatus* até mesmo espécimes de *Anodontites*, organismos que já estiveram listados no livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (ICMBio, 2018), ocorreram nos lagos Maicá e Mapiri. Essa ocorrência corrobora a observação ecológica de que ambientes com antropopressão também podem sustentar de alguma forma, uma fauna de moluscos diversa, com espécies raras ou mais sensíveis, servindo de refúgio a esses organismos (Lewin et al., 2015). Podemos

compreender essa observação, através da hipótese de perturbação intermediária (Connell, 1978), onde as espécies acabam sendo beneficiadas (até um certo ponto) pelo impacto em seus ecossistemas, com o incremento dos recursos necessários para a sua manutenção.

No entanto, a constante degradação nos lagos Juá, Maicá e Mapiri pode favorecer as espécies mais resistentes e principalmente a expansão de espécies exóticas como a *C. fluminea* (Sowa et al., 2019), gerando o futuro desaparecimento das espécies mais sensíveis ainda ocorrentes nesses lagos. A degradação de corpos hídricos é um fator importante no sucesso das espécies exóticas e no desaparecimento de espécies nativas, que pelas alterações em seus ecossistemas, falham em competir por habitat e comida (Alonso & Diez, 2008).

Em relação aos lagos Verde e Piranhas, os dados apontam para uma melhor qualidade ambiental, sendo estes os mais afastados da zona urbana de Santarém. Esses lagos embora mais oxigenados, apresentaram poucos registros de moluscos. As espécies registradas nos lagos Verde e Piranhas eram, em sua maioria, moluscos bivalves (diferente do observado para os lagos Juá, Mapiri e Maicá, com maior representação de moluscos gastrópodes).

Uma possível explicação para a baixa ocorrência de espécies de moluscos para os lagos Verde e Piranhas são as características da acidez das águas do Tapajós, que influenciam esses lagos e podem limitar a ocorrência de moluscos (Pimpão, 2009). Dentro da biota aquática, os moluscos são organismos muito sensíveis a acidificação, sendo muito influenciados pelo pH (Sowa et al., 2019). Na região de Santarém, as águas do Tapajós recebem interferência de rochas da formação Alter do Chão, o que aumenta sua acidez (Monte et al., 2021).

Ainda assim, mesmo com baixa riqueza e abundância de moluscos para os lagos Verde e Piranhas, táxons conhecidos por serem sensíveis as alterações ambientais, como os gêneros *Anodontites* e *Diplodon* (Castillo et al., 2007) foram registrados. A ocorrência de *Diplodon*, foi exclusiva para esses lagos. Portanto, é importante continuar desenvolvendo trabalhos voltados a fauna de moluscos dos lagos Verde e Piranhas, a fim de aumentar a compreensão da composição faunística de moluscos em lagos periurbanos de menor antropopressão.

O cenário observado em nosso trabalho apresenta os lagos periurbanos amazônicos Juá, Maicá e Mapiri, como ecossistemas importantes a manutenção da fauna de moluscos da região. Mesmo em condições de impacto, esses ecossistemas ainda sustentam espécies mais sensíveis ou ameaçadas, e que podem desaparecer do ambiente futuramente. Este cenário reforça a necessidade de abordar seriamente as questões de saúde ambiental nos lagos amazônicos visando não apenas a qualidade de vida das comunidades humanas estabelecidas

no entorno desses lagos, como também a preservação e manutenção de suas comunidades biológicas.

## Conclusão

Lagos periurbanos de maior antropopressão, como os lagos Juá, Maicá e Mapiri, podem favorecer a abundância e riqueza de moluscos, principalmente de espécies resistentes e invasores exóticos como *Corbicula fluminea*. Todavia é possível ocorrer também espécies raras ou ameaçadas, como os representantes de *Anodontites*. Esse fato torna os lagos periurbanos importantes componentes da manutenção faunística de moluscos amazônicos e reforça necessidade reduzir a degradação nesses ecossistemas. Além disso, lagos periurbanos de menor antropopressão como os lagos Verde e Piranhas podem refletir uma baixa abundância e riqueza de moluscos, mas apresentar uma composição mais relacionada a boa qualidade ambiental, sendo necessário continuar os esforços de pesquisa com a malacofauna desses lagos, a fim de monitorar as espécies existentes e os fatores de sua distribuição.

## Referências

- Abílio, F. J. P., Ruffo, T. L. M., Souza, A. H. F. F. De S., Florentino, H. Da S., Junior, E. T. De O., Meireles, B. N., & Santana, A. C. D. (2007). Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecologia*, 11(3), 397–409.
- Agustinha, A. M. (2020). Distribuição de macroinvertebrados com ênfase em *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Cyrenidae) como resposta a efluentes de piscicultura em riachos da região oeste do Paraná e influência na qualidade da água e no desempenho de *Prochilodus lineatus*. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-218048>. Acesso em 20/09/22.
- Agência Nacional das Águas. (2013). Cuidando das Águas soluções para melhorar a qualidade. Brasília, DF.
- Alonso, A., & Castro-Díez, P. (2012). O exótico caramujo aquático *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca): estado da arte de uma invasão mundial. *Ciências aquáticas*, 74, 375-383.
- Beasley, C.R, Tagliaro, C.H, & Figueiredo, WB (2003). A ocorrência da amêijoia asiática *Corbicula fluminea* na bacia do Baixo Amazonas. *Acta Amazonica*, 33, 317-324.
- Andrade, C. De P. A., & Corrêa, J. A. De J. (2014). Estimativa do saldo de radiação instantâneo à superfície para a cidade de Santarém-PA, através de imagens do Landsat 5-TM. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 07(4), 653–661.
- Artaxo, P. (2014). Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*, n. 103, 13–24. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24>. Acesso em 23/01/2023.

- Barbosa, A. H. De S., Silva, C. S. P., Araújo, S. E. De, Lima, T. B. B. de, & Dantas, I. M. (2016). Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-Mossoró. *Holos*, 7, 121. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4183>.
- Beasley, C. R., Tagliaro, C. H., & Figueiredo, W. B. (2003). A ocorrência da amêijoia asiática *Corbicula fluminea* na bacia amazônica baixa. *Acta Amazonica*, 33(2), 317–324. <https://doi.org/10.1590/1809-4392200332324>.
- Callisto, M., Gonçalves Jr, J. F., & Moreno, P. (2005). Invertebrados aquáticos como bioindicadores. *Navegando o Rio das velhas das Minas aos Gerais*, 1, 1-12.
- Castillo, A. R., Bortoluzzi, L. R., & Oliveira, É. V. (2007). Distribuição e densidade populacional de *Corbicula fluminea* (mueller, 1744) do Arroio Imbaá, rio Uruguai, Uruguai, Brasil. *Biodiversidade Pampeana*, 5(1), 25–29.
- Connell, J.H. (1978) Diversidade em florestas tropicais e recifes de coral. *Ciência* 199: 1302–1310.
- Damborenea, C., Rogers, D.C, & Thorp, J.H (Orgs.). (2020). Invertebrados de água doce de Thorp e Covich: Volume 5: Chaves para a fauna neotropical e antártica. Imprensa Acadêmica.
- De Moraes, B. O., & Lopes, A. F. (2019). Pinto-Coelho, Ricardo Motta; Paraísos, Karl. (2016). Gestão de recursos hídricos em tempos de crise. Porto Alegre: Artmed Editora, 240 p. *Novos Cadernos NAEA*, 22(2).
- Carmo, A. M., do Amaral Sousa, K., dos Santos Rodrigues, R. T., & Social, S. (2022) A cidade como extensão das águas: o processo de antropização e os impactos socioambientais no lago Mapiri em Santarém–Pa. *Anais do III Seminário de à cidade de Santarém. O direito à moradia nas cidades da Amazônia*, 18.
- França, J. S., & Callisto, M. (2007). Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais. *Biologia Neotropical e Conservação*, 2(1), 3–10.
- Fraxe, T. De J. P., Pereira, H. Dos S., & Witkoski, A. C. (2007). Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais (Jackson Colares, Ed.; EDUA).
- Gama, A. S. M., Fernandes, T. G., Parente, R. C. P., & Secoli, S. R. (2018). Inquérito de saúde em comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 34(2). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00002817>.
- Júnior, W. C. De S. (Org.). (2014). Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos: elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular. 1 ed. São José dos Campos.
- Kiviat, E., & MacDonald, K. (2004). Padrões de biodiversidade e conservação em Hackensack Meadowlands, Nova Jersey. *Habitats Urbanos*, v 2.

- Levandowski, A., Meyer, A. A. N., & Oliveira, E. (2016). Análise histológica das brânquias e massa visceral de *Corbicula fluminea* Mueller, 1744 (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae). *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 11(2), 22-32.
- Lewin I, Spyra A, Krodkiewska M, Strzelec M. (2015). A importância dos reservatórios de subsidência de mineração localizados ao longo da rodovia transregional na conservação da biodiversidade de moluscos de água doce em áreas industriais (Alta Silésia, Polônia). *Água Ar Solo Poluição* 226:189–200.  
<https://doi.org/10.1007/s11270-015-2445-z>
- Mansur, M.C.D. Richinitti, L.M.Z. Santos, C.P. (1999). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na Bacia do rio Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, 7(2): 147-150.
- Malaguti, A. (2021). Qualidade da água da represa igapó II (Londrina – PR) a partir do diagnóstico de bioindicadores de macroinvertebrados bentônicos [Monografia]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.
- Marçal, S. F., & Callil, C. T. (2017). Composição e distribuição de conchas de moluscos límnicos no Parque SESC Baía das Pedras, Pantanal de Poconé, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Zoociências*, 1–20.
- Marques, MM, & Barbosa, F. (2001). Qualidade biológica das águas de uma bacia hidrográfica tropical impactada (média bacia do Rio Doce, sudeste do Brasil), usando comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador. *Hydrobiologia*, 457, 69-76.
- Miranda, G. S., Rodrigues, J. G. M., Lira, M. G. S., Nogueira, R. A., Gomes, G. C. C., Miranda, B. S., Araújo, A. De, & Silva-Souza, N. (2016). Moluscos límnicos como hospedeiros de trematódeos digenéticos de uma região metropolitana da ilha do Maranhão, Brasil. *Scientia Plena*, 12(9).  
<https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.091004>.
- Miyahira, I. C. (2009). Moluscos de água doce da Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil: diversidade e distribuição [Monografia]. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Miyahira, I. C., Carneiro, J. B., Gonçalves, I. C. B., Lacerda, L. E. M., Oliveira, J. L., Vasconcelos, M. C., & Santos, S. B. (2017). Moluscos de água doce e avaliação ambiental do Rio Guandu, Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica*, 17(3).  
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0342>.
- Monte, C. Do N., Rodrigues, A. P. De C., Macedo, S., Régis, C., Saldanha, E. C., Ribeiro, A. C., & Machado, W. (2021). A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(6), 3695–3710. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>.
- Morgan, J. A. T., Dejong, R. J., Snyder, S. D., Mkoji, G. M., & Loker, E. S. (2001). *Schistosoma mansoni* e *Biomphalaria*: história passada e tendências futuras. *Parasitologia*, 1–18. <https://doi.org/10.1017/S0031182001007703>.

- Mota, J. G. (2011). Levantamento da malacofauna límnic na área do Pesqueiro Itapecerica, Itapecerica da Serra, São Paulo [Dissertação]. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2011/ses-20077/ses-20077-2614.pdf>.
- Neves, R., Echeverría, C. A., & Pessoa, L. A. (2011). Resposta da espécie *Heleobia australis* (gastropoda: hydrobiidae) a variações de salinidade e exposição a hidrocarbonetos. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 24(2), 19–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.18764/>.
- Oliveira, C. D. L., & Viana, G. F. S. (2019). Influência dos parâmetros abióticos na abundância de *Biomphalaria straminea* (basommatophora: Planorbidae) em uma lagoa temporária no semiárido de Pernambuco, Brasil. *Oecologia Australis*, 23(01), 90–98. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2301.08>.
- Ohlweiler, F. P., Takahashi, F. Y., Guimarães, M. C. A., Gomes, S. R., & Kawano, T. (2010). Manual de gastrópodes límnicos e terrestres do Estado de São Paulo associados às helmintoses. Porto Alegre: Redes, 224.
- Oviedo, A. F. P., Bursztyn, M., & Drummond, J. A. (2015). Agora sob nova administração: acordos de pesca nas várzeas da Amazônia brasileira. *Ambiente & Sociedade*, 18 (4), 119–138. <https://doi.org/10.1590/18094422ASOC985V1842015>.
- Pereira, D., Arruda, J. O., Menegat, R., Porto, M. L., Schwarzbald, A., & Hartz, S. M. (2011). Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. *Biotemas*, 24(1). <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n1p21>.
- Pereira, D., Mansur, M. C. D., Duarte, L. D. S., De Oliveira, A. S., Pimpão, D. M., Callil, C. T., Ituarte, C., Parada, E., Peredo, S., Darrigran, G., Scarabino, F., Clavijo, C., Lara, G., Miyahira, I. C., Rodriguez, M. T. R., & Lasso, C. (2014). Distribuição de bivalves em regiões hidrográficas da América do Sul: Panorama histórico e conservação. *Hidrobiologia*, 735(1), 15–44. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1639-x>.
- Pimpão, D. M. (2009). Coleta de bilvalves de água doce em Macapá: uma outra Amazônia. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8613125-Coleta-debivalves-de-agua-doce-em-macapa-uma-outra-amazonia.html>.
- Pinto-Coelho, Rm, & Havens, K. (2006). Gestão de recursos hídricos em tempos de crise. Artmed Editora. Porto Alegre.
- Ponte, S. C. S., Oliveira, L. S. De, & Zacardi, D. M. (2019). Variação temporal de larvas de peixes de um lago de inundação como subvenção à gestão ambiental. *Jornal de Hidro-Ambiente e Clima Aplicados*, 1, 1–13.
- Radtke, L. (2015). Protocolos de avaliação rápida: uma ferramentade avaliação participativa de cursos d'água urbanos [Mestrado]. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: [\https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7883/RADTKE%2c%20LIDIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7883/RADTKE%2c%20LIDIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 15/12/2022.

- Rocha, M., Oliveira, J. C., & da Silva Less, D. F (2020). Análise dos impactos ambientais na área de proteção ambiental do Juá em Santarém, Pará. XI Congresso brasileiro de gestão ambiental. Vitória, ES.
- Simone, L. R. L. D. (2006). Moluscos terrestres e de água doce do Brasil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Shimabukuro, E. M., & Henry, R. (2011). Fatores de controle da distribuição de macroinvertebrados bentônicos em uma pequena lagoa tropical, lateral ao rio Paranapanema (São Paulo, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 23(2), 154–163. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2011000200006>.
- Silva, M. Do S. R. Da, Miranda, S. Á. F., Domingos, R. N., Silva, S. L. R. Da, & Santana, P. G. (2013). Classificação dos rios da Amazônia: uma estratégia para preservação desses recursos. *Holos Ambiente*, 13(2), 163.
- Silva, M. Do S. R., Rios-Villamizar, E. A., Miranda, Á. F., Gomes, N. A., Pascoaloto, D., Ferreira, S. J. F., Oliveira, R. Da C., Santana, G. P., & Cunha, H. B. D (2019). Bacia hidrográfica do rio Amazonas: tipologia voltada para a gestão destes recursos. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais. 2019. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH0535-2-20190812-131408.pdf>. Acesso em 21/ 01/2022.
- Sowa, A., Krodkiewska, M., Halabowski, D., & Lewin, I. (2019). Resposta das comunidades de moluscos a fatores ambientais ao longo de um gradiente de salinidade antropogênico. *A Ciência da Natureza*, 106, 1-17.
- Veitenheimer-Mendes, I. L. (1981). Cercárias em *Biomphalaria tenagophila* (Orbigny, 1835)(Mollusca, Planorbidae) de Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 60, 3-12.
- Vidigal, T. H., Marques, M. M., Lima, H. P., & Barbosa, F. A. (2005). Gastrópodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Lundiana: International Journal of Biodiversity*, 6(sup.), 67-76.

## **Chave pictórica para identificação de moluscos em lagos periurbanos de Santarém, Pará, Brasil**

Larissa de S. Barros\*<sup>1</sup>, Jéssica Aires dos Santos<sup>2</sup>, Bruno B. Batista<sup>3</sup> e Sheyla R. M. Couceiro<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Programa de Pós-graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida. Avenida Vera Paz, s/n- Salé, CEP 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Avenida Vera Paz, s/n- Salé, CEP 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Laboratório de ecologia e taxonomia de invertebrados aquáticos. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

**Resumo:** Com base em coletas realizadas em lagos periurbanos de Santarém, na Amazônia brasileira, uma chave pictórica é apresentada para auxiliar na identificação da fauna de moluscos da região. As coletas foram realizadas entre os meses de outubro e novembro de 2021, dentro do período seco na região, sendo identificadas oito famílias, 15 gêneros e 19 espécies e gastrópodes e bivalves de água doce.

**Palavras-chave:** Amazônia, Mollusca, Gastropoda, Bivalvia.

### **Introdução**

O quantitativo de espécies existentes da malacofauna amazônica brasileira não possui, ainda, um valor final. Essa realidade é discutida em diversos trabalhos envolvendo a caracterização da fauna de moluscos do país, que salientam os poucos registros de representantes de Mollusca para a bacia amazônica (Correia et al., 2012). Este cenário tem como origens, de acordo com Pimpão (2009), o baixo número de pesquisadores que atuam com o grupo na região, altos custos para viagens de coleta e até riscos pessoais aos coletores no acesso a rios e lagos amazônicos.

Associada às lacunas de conhecimento da malacofauna amazônica e a dificuldade de realizar as coletas na região, estão os impactos da antropização em corpos de água doce, em especial em lagos periurbanos, mais afetados pela ação humana devido à proximidade com os grandes centros. Impactos nesses ecossistemas podem limitar ainda mais a sobrevivência dos organismos e diminuir seus registros em estudos de levantamento.

Estudos envolvendo a caracterização da fauna de moluscos presentes em corpos hídricos da Amazônia são de suma importância para a real compreensão da diversidade destes organismos e sua história biogeográfica na região (Wesselingh et al., 2006), porém há uma

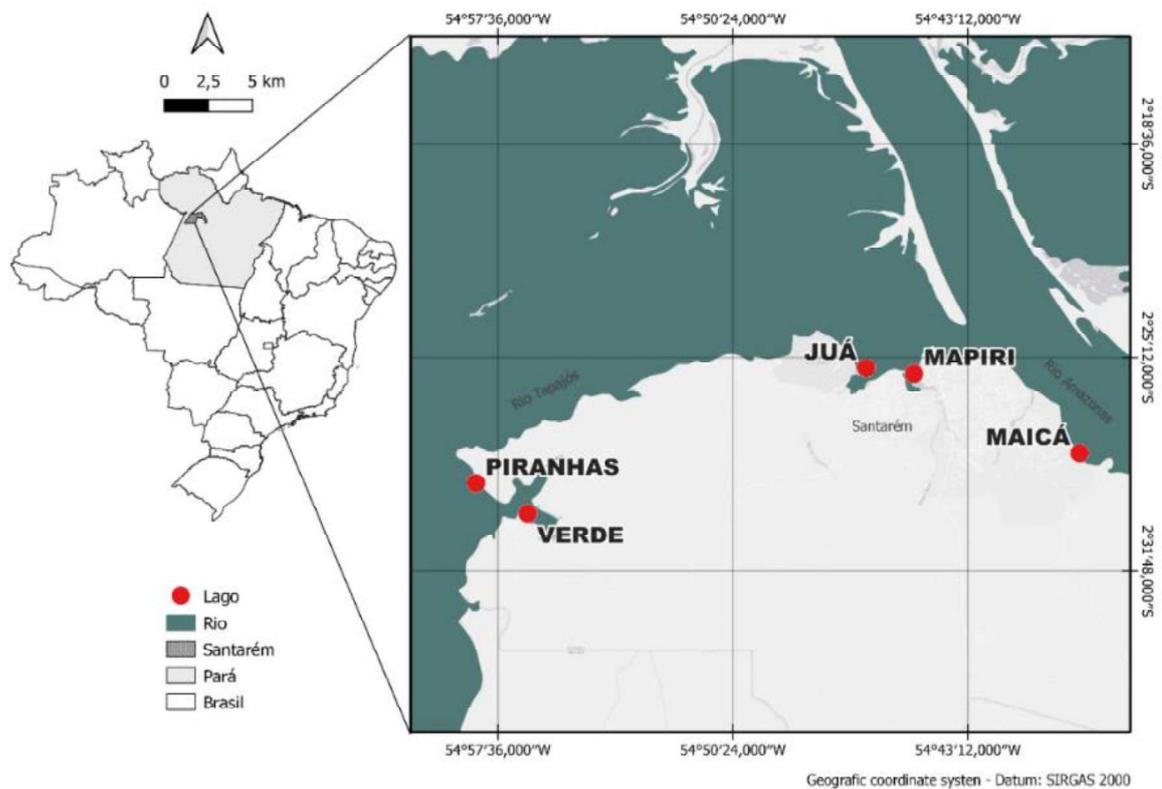
carência de material suporte, como chaves de identificação, que auxiliem os estudos envolvendo o grupo na região. Chaves de pictóricas de identificação como a produzida por Pimpão & Mansur (2009) com a fauna de moluscos do baixo rio Arupuanã, no Amazonas, podem subsidiar outros trabalhos com a malacofauna, seja em dimensões ecológicas, socioeconômicas ou ambientais.

Com o intuito de expandir e auxiliar na identificação de moluscos com ocorrência em ecossistemas amazônicos, elaboramos uma chave pictórica de identificação da fauna de moluscos ocorrentes nos lagos Juá, Mapiri, Maicá, Verde e Piranhas, localizados na zona periurbana da cidade de Santarém, estado do Pará, região do baixo Amazonas.

### **Material e Métodos**

As coletas foram realizadas durante os meses de outubro a novembro de 2021, através de busca ativa na vegetação, troncos submersos e nas margens dos lagos, tendo esforço amostral de 2 horas de coleta em cada lago.

O material coletado para os lagos Juá, Mapiri, Maicá, Verde e Piranhas, lagos periurbanos de Santarém – PA (Figura 1), foi acondicionado em recipientes plásticos com água e posteriormente triados no Laboratório de ecologia e taxonomia de invertebrados aquáticos (Letia) da Universidade Federal do Oeste do Pará. As conchas vazias foram lavadas com água, e posteriormente limpas com um pincel de cerdas finas, para remover a sujeira sem prejudicar a estrutura das conchas. Conchas ainda com as partes moles foram fixadas em álcool 70% e conchas vazias foram conservadas a seco.



**Figura 1.** Mapa de coleta indicando os cinco lagos amostrados nas imediações da cidade de Santarém, no estado do Pará, Brasil.

Utilizamos um estereomicroscópio (Leica S8AP0) para auxiliar na identificação dos animais menores. O material coletado foi depositado na coleção didática de macroinvertebrados aquáticos organizada no Letia.

A identificação das espécies foi subsidiada pelos trabalhos de Mansur et al. (1987), Pimpão & Mansur (2009), guias de identificação para moluscos límnicos como Simone (2006), Ohlweiler et al. (2010) e Cuezzo et al. (2020), além de comparações com bancos de dados do Mussel Project (Musselp), Worldwide Mollusca Species Database (WSDB), Conquiliologistas do Brasil, MolluscaBase, SpeciesLink, World Register of Marine Species (WORMS) com opção de visualizar dados para ambientes dulcícolas, e o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr).

## Resultados

As amostragens resultaram na identificação de 19 espécies de moluscos, com cinco famílias de moluscos gastrópodes e três famílias de moluscos bivalves. Com base no material identificado, a seguinte chave de pictórica foi produzida (Figura 2) seguida de fotografias das conchas (Figura 3 e 4).

**Tabela 1.** Lista das espécies coletadas e o lago de ocorrência.

<b>Classe</b>	<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Juá</b>	<b>Maicá</b>	<b>Mapiri</b>	<b>Piranhas</b>	<b>Verde</b>
Gastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea diffusa</i> Blume, 1957			x		
Gastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea lineata</i> (Spix, 1827)	x	x	x	x	x
Gastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea</i> sp Perry, 1811			x		
Gastropoda	Ampullariidae	<i>Asolene</i> sp (d'Orbigni, 1837)		x			
Gastropoda	Cochliopidae	<i>Heleobia</i> sp Stimpson 1865		x			
Gastropoda	Planorbidae	<i>Biomphalaria</i> Preston, 1910		x	x		
Gastropoda	Planorbidae	<i>Drepanotrema</i> sp Crosse & Fissher, 1880		x			
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gundlachia</i> sp Pfeiffer, 1849	x	x	x		
Gastropoda	Succineidae	<i>Omalonyx</i> sp Orbigny, 1837		x	x		
Bivalvia	Hyriidae	<i>Castalia</i> sp Lamarck, 1819		x	x		
Bivalvia	Hyriidae	<i>Paxyodon</i> <i>syrmatophorus</i> (Meuschen in Gonovius, 1781)			x	x	
Bivalvia	Hyriidae	<i>Triplodon</i> <i>corrugatus</i> (Lamarck, 1819)		x		x	
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Anodontites</i> sp Bruguère, 1729			x	x	
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Diplodon</i> sp Spix 1827				x	
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Monocondylaea</i> <i>franciscana</i> (Moricand, 1836)		x			
Bivalvia	Mycetopodidae	<i>Mycetopoda</i> <i>siliquosa</i> (Spix, 1827)		x			

**CHAVE PICTÓRICA DE IDENTIFICAÇÃO DA FAUNA DE MOLUSCOS OCORRENTES  
EM LAGOS PERIURBANOS DE SANTARÉM - PA**

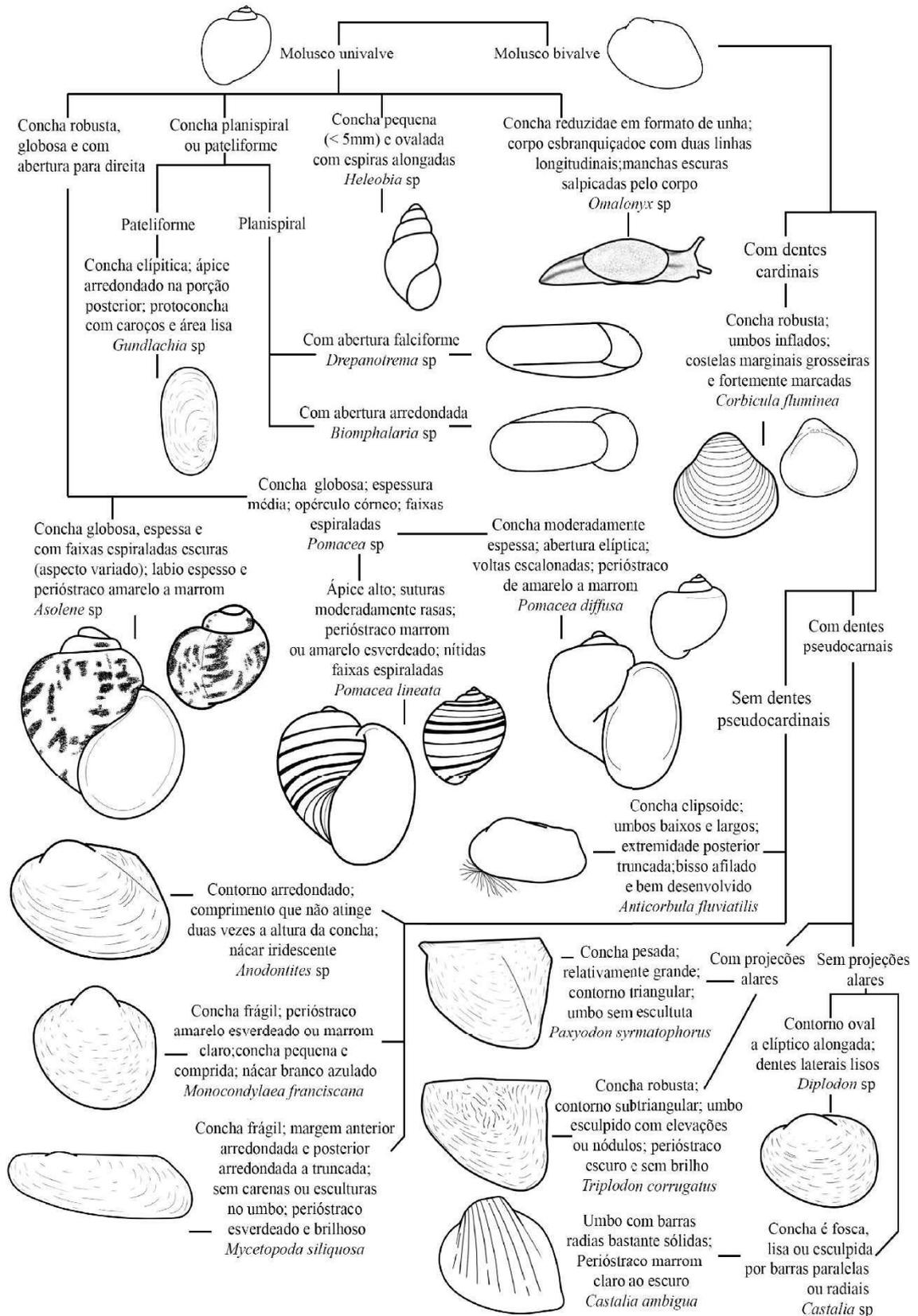
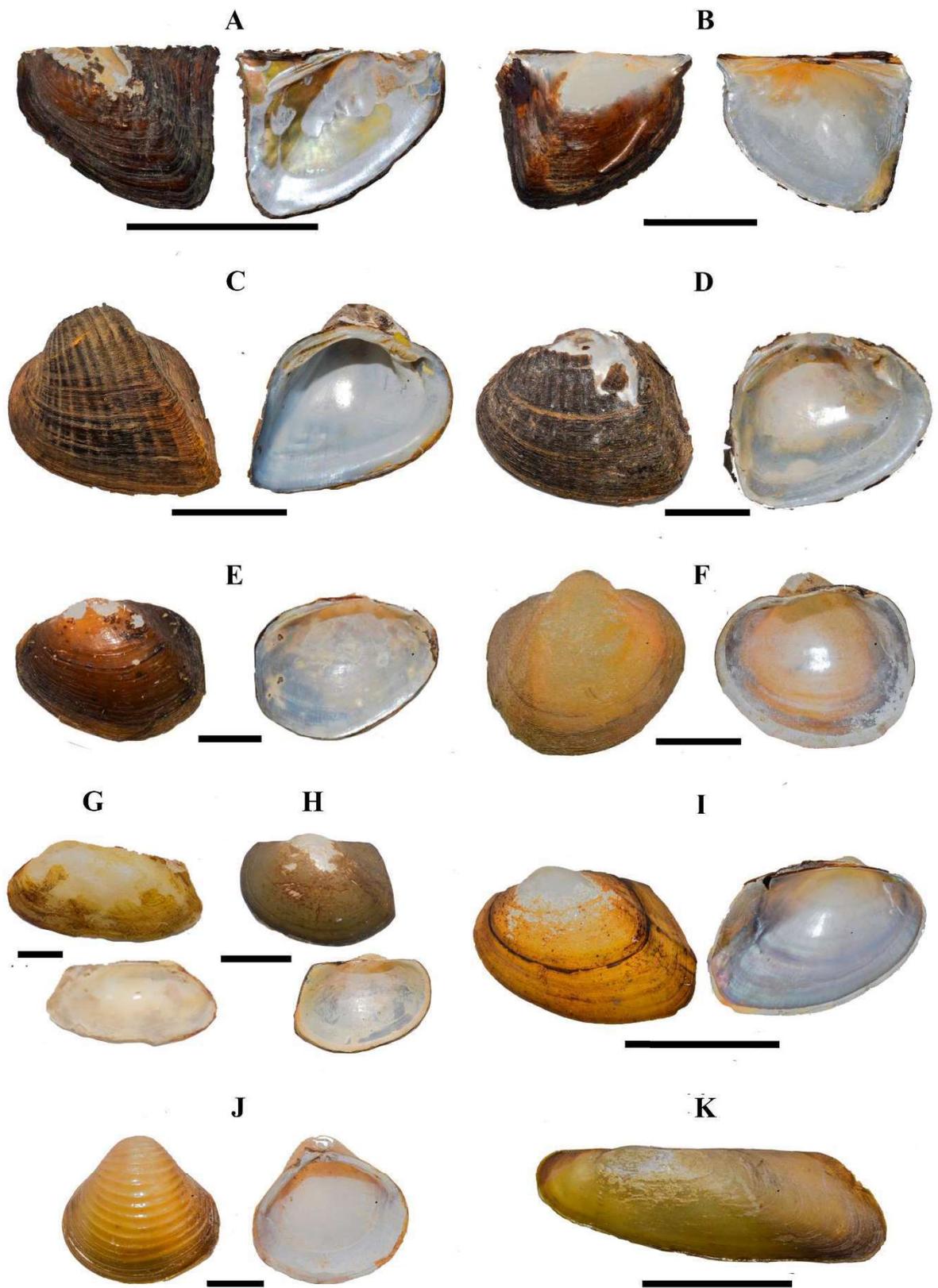
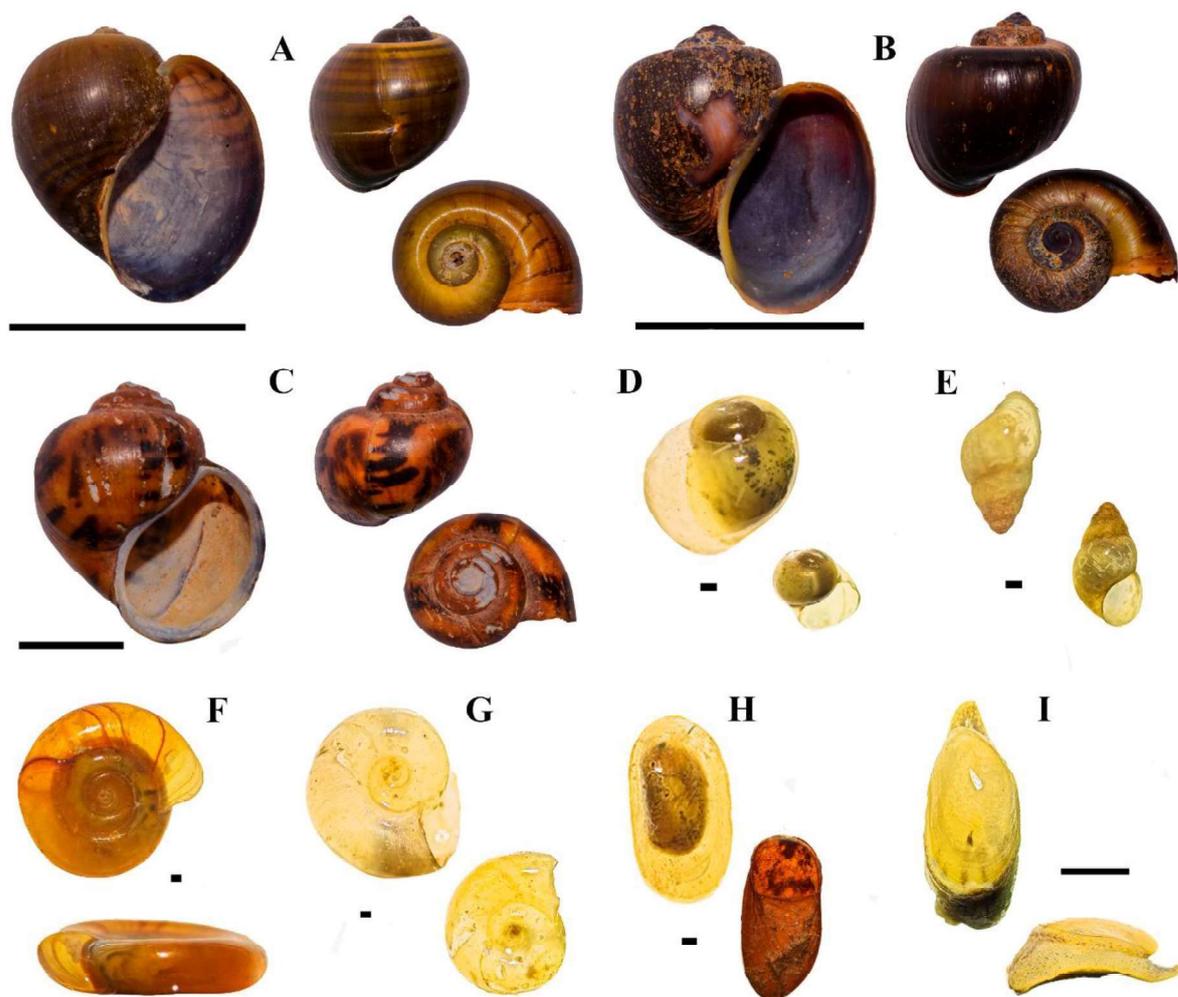


Figura 2. Chave de identificação da fauna de moluscos em lagos periurbanos de Santarém-PA.



**Figura 3.** Espécies de bivalves encontrados durante este estudo. (A) *Triplodon corrugatus*, 60 mm (B) *Paxyodon syrmatorphorus*, 35 mm (C) *Castalia ambigua*, 37 mm (D) *Castalia* sp, 26 mm (E) *Diplodon* sp, 19 mm (F) *Monocondylea aenea franciscana*, 26 m.



**Figura 4.** Espécies de gastrópodes encontrados durante o estudo. (A) *Pomacea lineata*, 50 mm; (B) *Pomacea diffusa*, 45 mm; (C) *Asolene* sp, 20 mm; (D) *Pomacea* sp, 3 mm; (E) *Heleobia* sp, 3 mm; (F) *Drepanotrema* sp, 2 mm; (G) *Biomphalaria* sp, 2 mm; (H) *Gundlachia* sp, 3 mm; (I) *Omalonyx* sp, 15 mm.

## Discussão

Os táxons identificados nesta pesquisa estão de acordo com o que é conhecido na literatura, até então, para a fauna de moluscos da bacia amazônica, que é caracterizada em sua maioria por Ampullariidae e as famílias de Unionoidea (Anderson et al., 2010). Os esforços desse trabalho também somam ao conhecimento produzido por De Jesus et al. (2008) com moluscos gastrópodes do rio Xingu, no Pará, Pimpão & Martins (2009) com moluscos de água doce do Tupé, no Amazonas, além da chave pictórica produzida por Pimpão e Mansur (2009) com os bivalves do rio Aripuanã, também no Amazonas, ampliando o conhecimento da malacofauna de água doce, principalmente para a região do baixo Amazonas.

### *Ampullariidae*

As espécies de Ampullariidae são de tamanho variável, podendo apresentar tamanhos de 15 a 170 mm, e com característica geral de serem globosos e possuírem conchas espiraladas para a direita (Cuezzo et al., 2020; Thiengo et al., 2011). Quanto à reprodução, são animais dioicos e ovíparos, que a depender do gênero, põem os ovos na água ou acima dela (Cuezzo et al., 2020), e possuindo padrões comportamentais de cópula com altas variações inter e intraespecíficas. Porém, a visão geral do comportamento de acasalamento é que costumam ser subaquáticos, com o macho aderindo-se à fêmea com o pé, e utilizando a bainha do pênis para facilitar a conexão genital (Burela & Martín, 2010).

### *Cochliopidae*

São conhecidos 30 gêneros e mais de 260 espécies de Cochliopidae em todo o mundo, tratando-se de uma família de moluscos gastrópodes que habitam, principalmente, ambientes dulcícolas de regiões tropicais e subtropicais da América e da Eurásia (Koch et al., 2015). São organismos com diversos enigmas taxonômicos que passaram a ser mais bem compreendidos após os trabalhos de Wilke et al. (2001), confirmando que Cochliopidae é uma família distinta de Hydrobiidae. Todavia, Hydrobiidae ainda permanece sendo utilizado em muitos trabalhos taxonômicos, dificultando a compreensão da sistemática destes organismos.

### *Planorbidae*

A família Planorbidae é uma das mais diversificadas famílias dentre os moluscos Hygrophila, e compreende organismos pulmonados que possuem conchas de formatos variados, podendo ser, sinistral ou dextral, pateliformes, plano-espiral ou fusiforme (Cuezzo et al., 2020). Porém, a taxonomia destes organismos ainda permanece confusa e carente de estudos morfológicos e moleculares sólidos (Cuezzo et al., 2020).

### *Succineidae*

Os moluscos da família Succineidae são animais cosmopolitas comumente encontrados às margens de lagos, pântanos, em solos úmidos ou vegetação emergente (Cuezzo et al., 2020). Nestes animais a concha possui a tendência de ser reduzida, dando ao animal um formato de lesma (Cuezzo et al., 2020).

### *Corbiculidae*

Esta família de moluscos bivalves agrupa animais de hábitat marinho, estuarino e dulcícola, sendo utilizadas como alimento em diversas regiões da Ásia e Sul da América (Molleda et al.,1999). São animais que apresentam charneira com três dentes cardinais em cada valva, uma concha sólida com nervuras ou estrias finas comarginais, além de dentes laterais que podem ser serrilhados (Cuezzo et al., 2020).

### *Corbulidae*

Este grupo curioso de moluscos caracteriza-se por seus representantes, principalmente marinhos, que exibem uma radiação pautada no aumento de espécies com morfologias divergentes na formação Pebas do Mioceno inferior ao médio da Amazônia ocidental (Anderson et al., 2010). Os Corbulidae de água doce teriam sido principalmente táxons fluviais ao longo de sua história geológica, tendo uma radiação efêmera dentro do sistema lacustre Pebasiano. De Corbulidae, apenas o táxon *Anticorbula* permanece existente. Ainda assim, *Anticorbula* torna-se um enigma dado o fato de que este gênero não estaria relacionado a nenhuma família de bivalves de água doce (Cuezzo et al.,2020).

### *Hyriidae*

Hyriidae são moluscos bivalves que ocorrem predominantemente na porção do hemisfério sul em regiões como a Austrália e a América do Sul (Kelly, 2013), fazendo parte da ordem Unionida, de moluscos exclusivamente de água doce. Os Unionida possuem uma característica expressiva em relação a outros bivalves, sendo a única radiação da classe que possui um estágio larval parasitário em brânquias de peixes (Torres et al., 2013), que no caso de Hyriidae são denominados glochidium. São filtradores ativos, variam de 2 a 10 cm, e podem ser encontrados parcialmente enterrados no substrato ou no fundo lamacento de lagos e rios (Cuezzo et al., 2020).

### *Mycetopodidae*

Ao lado de Hyriidae, os moluscos Mycetopodidae cobrem 64% da diversidade de moluscos de água doce na América do Sul (Pereira et al., 2014). Assim como nos demais Unionida, Mycetopodidae possui lacunas de conhecimento que dificulta a diagnose de espécies, com gêneros problemáticos e que não possuem conhecimento detalhado sobre a estrutura da concha, crescimento, morfologia larval (que é diferente de Hyriidae, recebendo o nome de lasidium) e outros aspectos importantes (Cuezzo et al., 2020; Pereira et al.,2014).

Das espécies identificadas, a presença do molusco exótico *Corbicula fluminea* torna-se preocupante por sua expansão ocorrendo também em ambientes lênticos da Amazônia, como em lagos, visto que a maioria dos registros até o momento, são listados para ambientes lóticos da Amazônia (Leal et al., 2021).

A presença de *C. fluminea* em lagos amazônicos pode prejudicar a fauna de bivalves nativos que também ocorrem nestes ambientes. Neste estudo, pelo menos oito gêneros de moluscos bivalves ocorreram nos lagos estudados. Os prejuízos de *C. fluminea* não se limitam apenas a sobrevivência da fauna de bivalves nativas, mas também em impactos na estrutura e função dos ecossistemas em que ocorrem (Leal et al., 2021; Ilarri e Sousa 2012), não havendo até o presente momento, nenhum plano de monitoramento sobre a expansão de *C. fluminea* em Santarém.

Dentre os Gastrópodes registrados, apenas *Pomacea* e *Gundlachia* são mais documentados na Amazônia se comparado aos demais gêneros observados neste estudo (GBIF, 2022; SpeciesLink, 2022). Alguns gêneros como *Biomphalaria*, *Drepanotrema* e *Gundlachia* são bem mais registrados em quase toda a região sul do Brasil, mas com vácuo de informações em relação a Amazônia (GBIF, 2022; SpeciesLink, 2022). Já os bivalves, algumas espécies como *Castalia ambigua*, *Paxyodon syrmatophorus* e *Triplodon corrugatus*, embora registradas principalmente para Amazônia, ainda apresentam registros insuficientes para auxiliar na compreensão de sua distribuição, visto que grande parte dos registros se concentram em uma única região (GBIF, 2022; SpeciesLink, 2022), como é o caso de *Paxyodon syrmatophorus*, com registros em sua grande maioria no estado do Pará (GBIF, 2022; SpeciesLink, 2022).

Estas informações nos levam a reiterar o salientado por Pimpão & Mansur (2009) sobre a necessidade de aumentar os esforços em estudos envolvendo a fauna de moluscos da região. Esta necessidade parte do fato de que, embora algumas espécies tenham ocorrência esperada para região amazônica, não há informações suficientes sobre sua distribuição na grande maioria dos bancos de dados, e há certa discrepância das espécies citadas para a Amazônia e as documentadas em inventários de sub-bacias, sugerindo distribuições endêmicas (Pimpão & Mansur, 2009).

Para os demais bivalves neste estudo, além de ampliar o conhecimento sobre a sua distribuição, é necessário monitorar seu status de ocorrência, em casos de gêneros com

espécies em ameaça de extinção como é o caso de *Diplodon* e *Anodontites* (ICMBIO, 2018; Pereira et al., 2012).

A construção deste trabalho contribui tanto com a ampliação do conhecimento sobre a fauna de moluscos na Amazônia, como também serve de subsídio em posteriores trabalhos de levantamento da malacofauna na região.

## Conclusão

A fauna listada para os lagos periurbanos de Santarém-PA, condiz com a fauna de moluscos documentada para a Amazônia e amplia o conhecimento sobre sua distribuição no baixo amazonas. A ocorrência da espécie exótica *Corbicula fluminea* para os lagos Mapiri e Maicá, insere os ambientes lênticos no cenário de expansão do invasor na região.

## Referências

- Abreu, O. A., Mateo, S., Espinosa J, A., Bastardo, R. H. (2019) Diversidad, distribución y estado del conocimiento de la familia Planorbidae (Gastropoda: Hygrophila: Lymnaeoidea) en República Dominicana. 10.13140/RG.2.2.28779.69927.
- ANA, Agência Nacional das Águas. Cuidando das Águas Cuidando das Águas soluções para melhorar a qualidade. Brasília, DF. 2013.
- Anderson, L. C.; Hartman, J. H.; Wesselingh, F. (2006) Close evolutionary affinities between freshwater corbulid bivalves from the Neogene of western Amazonia and Paleogene of the northern Great Plains, USA. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 21, n. 1-2, p. 28-48.
- Barros, M. R. F. et al. Bivalves límnicos da família Hyriidae indicam potencial para um cultivo de pérolas na região tropical do Brasil. Disponível em <<https://www.academia.edu/download/56707398/perolas.pdf>>. Acesso em 19 de março de 2022.
- Bogan, A. E.; Roe, K. J. (2008) Freshwater bivalve (Unioniformes) diversity, systematics, and evolution: status and future directions. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 27, n. 2, p. 349-369.
- Burela S.; Martín. P.R. (2011) Evolutionary and functional significance of lengthy copulations in a promiscuous apple snail, *Pomacea Canaliculata* (caenogastropoda: ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*. 77: 54–64.
- Callil, Cláudia T.; Mansur, Maria C.D. (2007) Gametogênese e dinâmica da reprodução de *Anodontites trapesialis* (Lamarck) (Unionoidea, Mycetopodidae) no lago Baía do Poço, planície de inundação do rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 3, p. 825-840.

- Clavijo, C.; Carranza, Á. Redução crítica da distribuição geográfica de *Cyanocyclas* (Cyrenidae: Bivalvia) no Uruguai. *Conservação Aquática: Ecossistemas Marinhos e de Água Doce*, v. 28, n. 5, pág. 1249-1252, 2018.
- Colley, E., Simone, L. R. L., & Silva, J. de L. e. (2012) Uma viagem pela história da Malacologia. *Estudos de Biologia*, 34(83). <https://doi.org/10.7213/estud.biol.7331>.
- Correia, J. M. DE S.; Barros, J. C. N.; Camargo, M.; Batista, J. C. L.; Souto, P. S. S. (2012) Malacofauna limnética da ecorregião aquática xingu-tapajós. Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação Coordenação de Processos Mineraiis – COPM.
- Coscarelli, Daniel et al. (2018) Predição da literatura de distribuição de *Omalonyx* (Mollusca: Pulmonata: Succineidae) a partir da revisão da literatura, dados de museu e novo esforço amostral no Brasil. *Biota Neotropica*, v. 18.
- Cuezzo, C., Rogers, D. C., Thorp, J. H. (2020) Thorp and covich's freshwater invertebrates – Volume 5: Keys to Neotropical Antarctic Fauna. Fourth Edition. 1046 p.
- Da silva, M. N.; Junior, E. V. M. (2019) Ciclo sexual e período de incubação de *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Cyrenidae) em um ambiente lântico no município de várzea grande, mato grosso. TCC-Ciências biológicas, UNIVAG Centro Universitário.
- De Jesus, A. J. S., das Neves Costa, T. C. P., & Camargo, M. (2008) Registros de moluscos Gastropoda no médio rio Xingu-Pará. *Scientific Magazine UAKARI*, 3(1), 96-103.
- Estebenet, A. L., Martín. P. R. (2002) *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): Life-history Traits and their Plasticity. *Biocell*. 26(1): 83-89.
- Garcia, M.V. B., Arruda J. O. Pimpão, D.M., Garcia, T.B. (2012) Ocorrência e controle de lesmas do gênero *Omalonyx* (Gastropoda, Succineidae), pragas de capim-elefante *Pennisetum purpureum* (Poaceae) em Rio Preto da Eva, Amazonas. *Acta Amazonica*. vol. 42(2) 227 – 230.
- GBIF, Global Biodiversity Information Facility. Disponível em <https://www.gbif.org/> .Acesso em 20 de novembro de 2022.
- ICMBIO, JRV. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. (2018). Disponível em <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018>. Acesso em 18 de novembro de 2022.
- Ituarte, C.; Cuezzo, G.; Ramírez, R. (2008) Inventario preliminar de los moluscos terrestres y de agua dulce del área de la Reserva Los Amigos.
- Burton-Kelly, M. E. (2013). Examining the continuity of the long-lived (Triassic-Recent) freshwater mussel genus *Diplodon* (family Hyriidae). The University of North Dakota.
- Koch, E.; Martín, S.; Néstor, M. & C. (2015) A molecular contribution to the controversial taxonomical status of some freshwater snails (Caenogastropoda: Rissoidae,

- Cochliopidae) from the Central Andes desert to Patagonia. *Iheringia - Serie Zoologia*. 105. 69-75. 10.1590/1678-4766201510516975.
- Lacerda, E. M. (2011) Ancyliidae (Mollusca: Heterobranchia, Pulmonata, Basommatophora) do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: morfologia, sistemática e distribuição geográfica. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Lamy T., Levy, L., Pointier, J. P., Jarne, P., David, P. (2012) Does life in unstable environments favour facultative selfing? A case study in the freshwater snail *Drepanotrema depressissimum* (Basommatophora: Planorbidae). *Evol Ecol*. 26:639–655. Doi: 10.1007/s10682-011-9520-8.
- Mansur, M.C.D.; Schulz, C.; Garces, L. M. M. P. (1987) Moluscos bivalves de água doce: identificação dos gêneros do sul e leste do Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 9, n. 2, p. 181-202.
- Mansur, M. & P.; Santos, D. PAZ, C. I. Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. 2012. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/263007625\\_Moluscos\\_limnicos\\_invasores\\_no\\_Brasil\\_biologia\\_prevencao\\_e\\_controle](https://www.researchgate.net/publication/263007625_Moluscos_limnicos_invasores_no_Brasil_biologia_prevencao_e_controle) Moluscos límnicos invasores no Brasil biologia\_prevencao\_e\_controle . Acesso em 19 de março de 2022.
- Martinez, E. R.; Cabrera, M. A.; Lasso, Carlos A. (2004) Moluscos bivalvos (Unionacea y Mutelacea) de la cuenca del río Orinoco, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, v. 159, n. 160, p. 283-303.
- Meyer, A. A. N. et al. (2014) Classes de comprimento e descrição histológica das gônadas de *Diplodon ellipticus* (Wagner, 1827) (Mollusca, Bivalvia, Hyriidae) em um lago artificial, Morretes, Paraná, Brasil. *Biotemas*, v. 27, n. 3, p. 81-96.
- Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE) / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 2. ed. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 2008.
- Molleda, P. E.; Severeyn, Y. G. de; Severeyn, H; Molina, J. (1999) Determinación del Número de Cromosomas de *Polymesoda Solida* (Bivalvia: Corbiculidae) Utilizando dos Métodos Citogenéticas. *Ciencia*, v. 7, n. 1.
- Neves, R. A. F.; Echeverría, C. A.; Pessoa, L. A. (2011) Resposta da espécie *heleobia australis* (gastropoda: hydrobiidae) a variações de salinidade e exposição a hidrocarbonetos. *Boletim do laboratório de hidrobiologia*, 24(2):19-25.
- Ohlweiler, F. P., Takahashi, F. Y., Guimarães, M. C. A., Gomes, S. R., & Kawano, T. (2010). Manual de gastrópodes límnicos e terrestres do Estado de São Paulo associados às helmintos. Porto Alegre: Redes, 224.

- Pereira, D., Mansur, M.C.D, Duarte, L.D, de Oliveira, A.S, Pimpão, D.M, Callil, C.T, & Lasso, C. (2014). Distribuição de bivalves em regiões hidrográficas da América do Sul: panorama histórico e conservação. *Hydrobiologia*, 735, 15-44.
- Pimpão, D. M. Coleta de bivalves de água doce em macapá: uma outra Amazônia. Informativo SBMa. Ano 40, nº170. 2009. Disponível em <https://docplayer.com.br/8613125-Coleta-de-bivalves-de-agua-doce-em-macapa-uma-outra-amazonia.html>> Acesso em 15 de março de 2022.
- Pimpão, D. M; Martins, D. S. (2009) Moluscos de água doce do Tupé, Manaus, AM, Brasil. Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central volume 2. Disponível em < <http://biotupe.org/livro/vol2/pdf/Capitulo%205%20-%20Pimpao.pdf>> Acesso em 19 de março de 2022.
- Rumi, A., Gregoric D. E. G., Roche, M. A. (2007) Growth rate fitting using the von Bertalanffy model: analysis of natural populations of *Drepanotrema* spp. snails (Gastropoda: Planorbidae) Rev. Biol. Trop. Vol. 55 (2): 559-567.
- Scarabino, F.; Mansur, M.C.D. (2007) Lista sistemática de los Bivalvia dulciacuículas vivientes de Uruguay. Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay, v. 9, n. 90, p. 89-99.
- SIBBr. Sistema de Informação sobre a Biodiversidade brasileira. Disponível em < [https://www.sibbr.gov.br/?lang=pt\\_BR](https://www.sibbr.gov.br/?lang=pt_BR)>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.
- Simone, L. R. et al. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. Editora Bernardi, 390 p. 2006.
- Sousa, R.; Antunes, C.; Guilhermino, LEDPS. (2008) Ecologia do molusco asiático invasor *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) em ecossistemas aquáticos: uma visão geral. In: Annales de Limnologie-International Journal of Limnology. EDP Ciências. p. 85-94.
- Specieslink. Centro de referência em informação ambiental. Disponível em < <https://specieslink.net/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.
- Suriani, A. L.; França, R. S.; Rocha, O. (2007) A malacofauna bentônica das represas do médio rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, *Melanoides tuberculata* (Müller) e *Corbicula fluminea* (Müller). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, p. 21-32.
- Tavares, T. E. S. (2021) Aspectos morfológicos e histológicos do complexo Peniano e vagina de *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca: planorbidae). Especialização. Curso Superintendência de Controle de Endemias, unidade do Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP “Doutor Antônio Guilherme de Souza”. São Paulo.
- Thiengo, S.C.; Hayes K.A.; Mattos, A.C.; Fernandez, M.A. (2011) A Família Ampullariidae no Brasil: Aspectos Morfológicos, Biológicos e Taxonômicos. In M.L.A. Fernandez, S.B. Santos, A.D. Pimenta & S.C. Thiengo (eds.) Tópicos em Malacologia (Ecos do XIX Encontro Brasileiro de Malacologia). Technical Books, Rio de Janeiro.

- Torres, S.; Darrigran, G.; Damborenea, M. C. (2013) Distribución del género *Diplodon* (Mollusca: Bivalvia: Hyriidae) en la Cuenca del Plata (Argentina) mediante el uso de colecciones biológicas. *Augmdomus*, v. 5.
- Wesselingh, F.; Salo, J.A. (2006) Uma perspectiva miocênica sobre a evolução da biota amazônica. *Scripta Geologica*, v. 133, p. 439-458.
- Wilke, Thomas et al. (2001) Sistemática molecular de Hydrobiidae (Mollusca: Gastropoda: Rissooidea): testando monofilia e relações filogenéticas. *Anais da Academia de Ciências Naturais de Filadélfia*, v. 151, n. 1, pág. 1-21.
- Anderson, L.C, Wesselingh, F.P e Hartman, J.H. (2010) Um contexto filogenético e morfológico para a radiação de uma fauna endêmica em um lago longo: Corbulidae (Bivalvia; Myoidea) na Formação Mioceno Pebas da Amazônia Ocidental. *Paleobiologia*, 36 (4), 534-554.
- Leal, M. F., de Simone, L. R. L., Lacerda, A. C. F., da Silva, E. L., & Pinheiro, T. G. (2021) Current distribution of the invasive mollusk *Corbicula fluminea* (OF Müller, 1774) (Bivalvia, Cyrenidae) in Brazil, including a new record from the state of Piauí. *Check List*, 17(1), 151-157.
- Pereira, Daniel & Mansur, Maria & Pimpão, Daniel. Identificação e diferenciação dos bivalves límnicos invasores dos demais bivalves nativos do Brasil. 2012. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/263040672\\_Identificacao\\_e\\_diferenciacao\\_dos\\_bivalves\\_limnicos\\_invasores\\_dos\\_demais\\_bivalves\\_nativos\\_do\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/263040672_Identificacao_e_diferenciacao_dos_bivalves_limnicos_invasores_dos_demais_bivalves_nativos_do_Brasil). Acesso em 14 de novembro de 2022.
- Ilarri M.I, Sousa R. *Corbicula fluminea* Müller (amêijoia asiática). In: Francis RA (Ed.) (2012) Um manual de espécies invasoras globais de água doce. *Earthscan*, Londres, Reino Unido, 173–183 pp.

## **Análise taxonômica integrativa de *Biomphalaria* preston, 1910 na Amazônia brasileira**

Larissa de Souza Barros<sup>1,4\*</sup>; Anderson Costa Silva<sup>2,4</sup>; Ayla Monique Santos da Silva<sup>2,4</sup>; Andressa Teixeira Ramos<sup>2,4</sup>; Bruno Braulino Batista<sup>3</sup>; Lincoln Lima Corrêa<sup>3</sup>; Sheyla Regina Marques Couceiro<sup>3,4</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Programa de Pós-graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida. Avenida Vera Paz, s/n- Salé, CEP 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Bacharelado em Ciências Biológicas. Laboratório de ecologia e taxonomia de invertebrados aquáticos. Avenida Vera Paz, s/n- Salé, CEP 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Laboratório de ecologia e taxonomia de invertebrados aquáticos. Avenida Vera Paz, s/n- Salé CEP: 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

**Resumo:** No Brasil, ao menos três espécies de *Biomphalaria* são reconhecidamente hospedeiros de forma natural de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907. Apesar disso, estas não são as únicas espécies suscetíveis ao parasita do *S. mansoni*, ao menos outras nove espécies são consideradas potenciais hospedeiros intermediários. A identificação de *Biomphalaria* a nível de espécie é crucial no monitoramento dos focos de esquistossomose no país, mas a identificação desses organismos apenas com aspectos morfológicos é dificultada pela similaridade entre as espécies deste gênero. Na Amazônia brasileira, boa parte das ocorrências de *Biomphalaria* são registradas apenas a nível de gênero. O presente trabalho teve como objetivo a identificação de espécimes de *Biomphalaria* ocorrentes no lago Mapiri, em Santarém, Pará, Brasil, por três metodologias simultâneas: o estudo embriológico, a morfologia e a biologia molecular. Os resultados obtidos sugerem o primeiro registro de *Biomphalaria amazonica* no Pará, e a inclusão do baixo amazonas na área de distribuição da espécie no Brasil.

**Palavras-chave:** Moluscos; Planorbídeos; Homem e saúde; Amazônia.

### **Introdução**

Moluscos do gênero *Biomphalaria* Preston, 1910 são amplamente conhecidos por sua relação como hospedeiros intermediários do parasita *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, o agente causador da esquistossomose (Pepe et al., 2009). A última estimativa global sobre a população humana infectada pelo *S. mansoni*, apontou cerca de 83 milhões de pessoas em 54 países (Chitsulo et al., 2000), sendo o mais amplamente distribuído dentre os esquistossomos que infectam o homem (Morgan et al., 2001). No entanto, nem todas as espécies de *Biomphalaria* são suscetíveis ao parasito.

Das 37 espécies do gênero *Biomphalaria*, ao menos nove são susceptíveis ao parasito, e outras nove espécies são consideradas potenciais hospedeiros intermediários (Teodoro et al., 2011). No Brasil, há a ocorrência de pelo menos três espécies de *Biomphalaria* reconhecidamente suscetíveis ao Ciclo Biológico da Esquistossomose. São elas: *Biomphalaria*

*glabrata* (Say, 1818), *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848) e *Biomphalaria tenagophila* (D'Orbigny, 1835) (Simões et al., 2017). Essas espécies são registradas oficialmente, em sua maioria, para região sul do Brasil (SpeciesLink, 2023) com trabalhos que também registram sua ocorrência no Nordeste e também na região amazônica (Morgan et al., 2001).

Apesar das informações de que as espécies *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila* de ocorrência na Amazônia, grande parte das espécies coletadas na região são identificados apenas até o nível de gênero (SpeciesLink, 2023). Essa realidade é derivada, em especial, pela dificuldade de identificação taxonômica para o gênero *Biomphalaria*, principalmente quando as identificações se baseiam unicamente em caracteres morfológicos (Velásquez et al., 2002).

A caracterização morfológica para o diagnóstico de moluscos do gênero *Biomphalaria* possuem como caracteres de classificação o aparelho reprodutor e o tubo renal (Paraense 1966a, 1975; Ohlweiler et al., 2020). De acordo com a descrição de Ohlweiler et al. (2020), existe dificuldades encontradas quando se refere a plasticidade fenotípica existente no gênero. Existem espécies com caracteres muito similares, dificultando a identificação apenas pela morfologia. Por conta disso, há complexos taxonômicos formados com base em características morfológicas, como complexo tenagophila (Spatz et al., 1999) e complexo straminea (Paraense, 1988).

A complexidade na identificação de moluscos *Biomphalaria* prejudica o entendimento da distribuição desses moluscos na região amazônica, limitando as identificações a níveis pouco esclarecedores. Além disso, o não esclarecimento dessas espécies pode favorecer problemas envolvendo o *Schistosoma mansoni* e a doença esquistossomose, visto que o parasito tem a sua distribuição intimamente ligada a distribuição de seus hospedeiros intermediários (Teodoro et al., 2011).

Nas últimas décadas, outras ferramentas vêm sendo incorporadas as identificações morfológicas de *Biomphalaria*. Estas ferramentas fazem parte da abordagem da “Nova sistemática” e envolvem simultaneamente estudos de uma Taxonomia Integrativa, usando caracteres morfológicos, moleculares, citológicos, histológicos e até mesmo paleontológicos em identificações biológicas (Kawano et al., 2008).

Recentemente, técnicas moleculares envolvendo Citocromo C Oxidase I (COI), tem auxiliado na identificação de gastrópodes neotropicais (Ohlweiler et al., 2020) incluindo moluscos *Biomphalaria*. Porém, autores como Kawano et al., (2008) e Ohlweiler et al., (2020), sugerem que o uso isolado de técnicas moleculares não deve substituir as

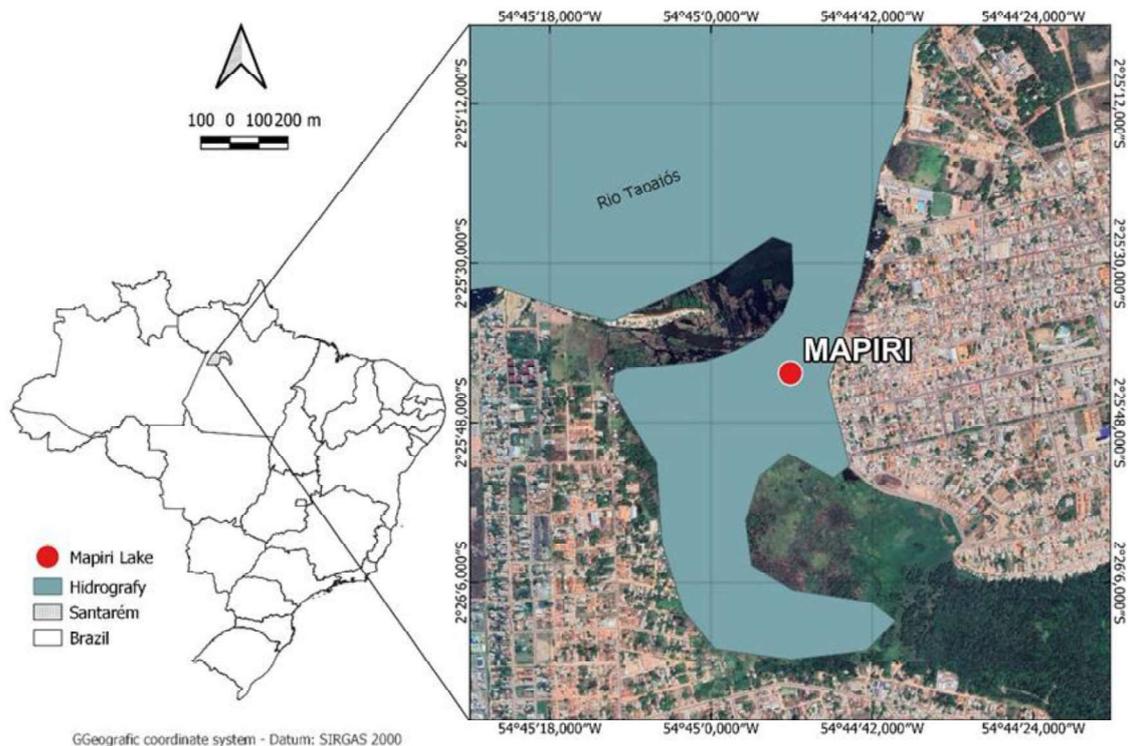
identificações morfológicas, servindo para agregar informações, e que, a caracterização morfológica continuam sendo as principais abordagens para dar robustez as identificações e devido a sua praticidade.

De acordo com o panorama descrito anteriormente, este trabalho teve como principal objetivo realizar a identificação de espécies de moluscos *Biomphalaria* ocorrente no lago Mapiri na cidade de Santarém, região do baixo amazonas, utilizando três abordagens simultâneas: a morfologia, a embriologia e a biologia molecular.

## Material e Métodos

### Área de coleta

Foram realizadas duas coletas entre os meses de julho a agosto de 2022 no lago Mapiri, localizado na cidade de Santarém, as margens do rio Tapajós, na região do baixo amazonas (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa localizando o lago Mapiri em Santarém-PA

Os espécimes de *Biomphalaria* foram coletados com auxílio de pinças e rapiché, durante busca ativa nos bancos de macrófitas existentes no lago. Após capturados, os espécimes foram colocados em potes plásticos com água e levados para triagem no

Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Invertebrados Aquáticos (Letia) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

### *Ciclo embrionário*

Para a compreensão do ciclo embrionário, os moluscos foram mantidos em aquários com bomba de oxigenação por um período de 4 semanas, sendo alimentados com folhas frescas de alface e monitorados diariamente. Foram usados substratos colocados (isopor) no interior dos aquários para facilitar a visualização das massas de ovos.

Quando observada a presença de massas de ovos no isopor, este era separado em um pequeno aquário oxigenado e monitorados diariamente para a visualização em estereomicroscópio (Leica S8AP0). Foi quantificado o tempo de estágios embrionários até a eclosão, sendo apenas observada as primeiras clivagens e as etapas de blástula, gástrula, trocófora, véliger e hipo. O tempo para cada fase foi quantificado por Kawano et al. (2008), sendo:

- *Blástula*: 10 a 23 horas após a fertilização do ovo.
- *Gástrula*: 24 horas após a fertilização do ovo, há o início do crescimento, diferenciação e movimentação celular.
- *Trocófora*: 40 a 65 horas após a fertilização do ovo, o embrião adquire um formato alongado, reniforme, com movimentações inicialmente lentas e tornam mais rápidas.
- *Véliger*: Aproximadamente 120 horas após a fertilização do ovo. Fica evidente o desvio da concha que sofre torção para o lado direito. Os olhos se tornam mais visíveis, assim como o pé e a boca.
- *Hipo*: O véliger mais desenvolvido, onde os olhos estão bem evidentes, os tentáculos e o pé, além da curvatura dentro do próprio eixo e cobertura quase total do corpo pela concha. O caramujo eclode em 144 horas (entre 6 e 9 dias) da fertilização do ovo.

Informações complementares de temperatura, e turbidez foram monitoradas a cada dois dias, com o auxílio de um aparelho multiparâmetros modelo Akso AK88.

### *Identificação morfológica*

Na dissecação, 10 espécimes de *Biomphalaria* foram anestesiados com nembutal 0,05% conforme Barbosa (1995). O material mole foi separado da concha para visualização em estereomicroscópio (Leica S8AP0). As análises morfológicas foram comparadas a chaves taxonômicas como Thorp and Covich's Freshwater invertebrates (2020), Ohlweiler et al.

(2010) e Carvalho et al. (2008). O material posteriormente foi fixado em formol tamponado e está depositado na coleção didática do Letia.

### *Biologia molecular*

Foram enviadas 20 amostras de indivíduos inteiros de *Biomphalaria*, em etanol PA, para análise na OMIKKA e pelo método de sequenciamento di-desoxiterminal de Sanger, sendo solicitado amplificação do gene citocromo c oxidase subunidade I (COI), utilizados os primers LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') e HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') de acordo com Folmer et al. (1994).

As seqüências de DNA obtidas foram alinhadas e analisadas utilizando o algoritmo ClustalW (Thompson et al., 1994) da versão 7.1.3.0 do programa BioEdit, (Hall, 1999). As seqüências de nucleotídeos dos espécimes estudados foram submetidas a pesquisa *BLASTn* do GenBank ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)).

Para avaliar a posição filogenética dos moluscos estudados, inicialmente a seqüências obtidas neste estudo e as sequencias mais próximas a estas de acordo com a pesquisa BLAST foram alinhadas no Bioedit e submetidas a análise de Maximoverossimilhança pelo PhyML 3.0 utilizando um servidor online (<http://www.atgc-montpellier.fr/phyml/>).

### *Aprovação no Comitê de Ética*

O presente estudo foi cadastrado, em conformidade com a legislação brasileira, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado do governo brasileiro no número A0A0058 (Lincoln Lima Corrêa). Além disso, e as capturas dos moluscos, início da pesquisa, e todos os procedimentos realizados estão de acordo com os princípios éticos adotadas pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – COBEA e Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Oeste do Pará. A metodologia do presente estudo foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA (CEUA nº 0920220220) de acordo com a legislação brasileira (Lei Federal 11794, de 8 de outubro de 2008).

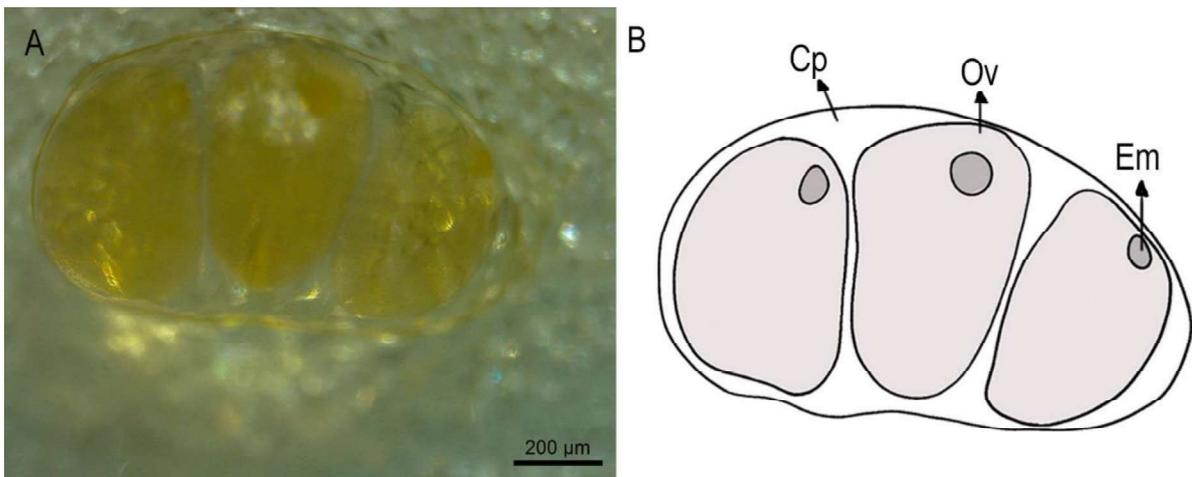
## **Resultados**

### *Aspectos do ciclo embrionário*

Foram analisados 100 indivíduos pertencentes ao gênero *Biomphalaria*, com um ciclo embrionário comparado ao descrito para *B. glabrata* (Camey & Verdonk, 1970). No total, 32

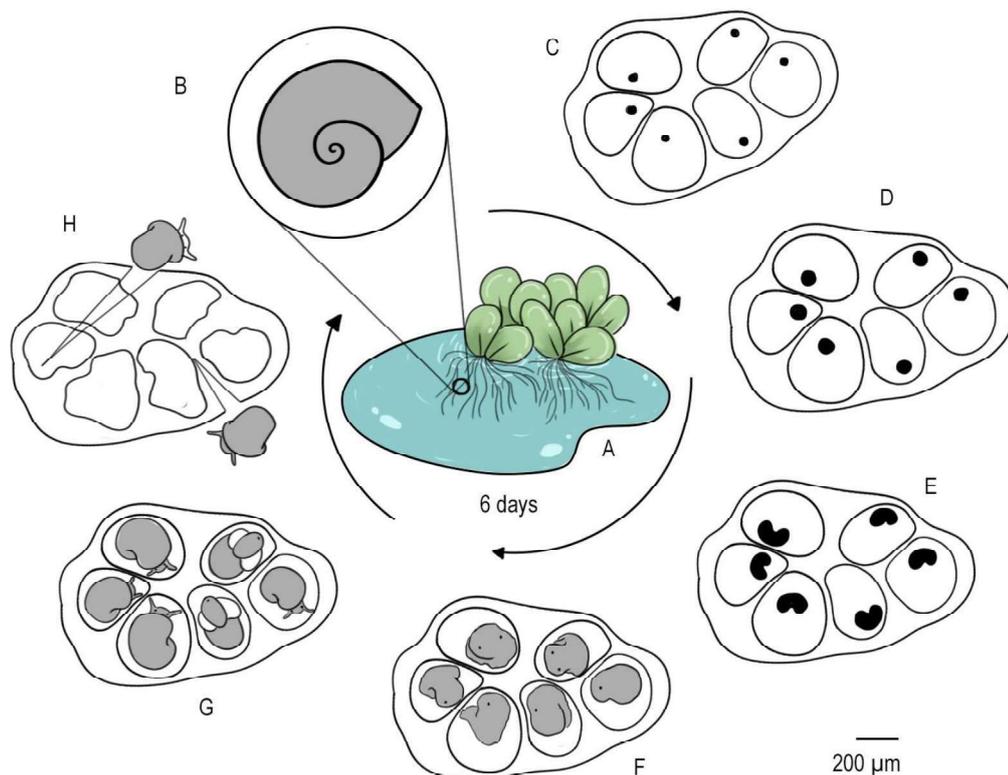
massas de ovos foram monitoradas em laboratório. As massas de ovos eram encontradas na face inferior do isopor, região em contato com a água.

As massas de ovos possuíam uma cápsula de aspecto gelatinoso, levemente amarelado e com seu conteúdo levemente opaco, mas ainda sendo possível visualizar a quantidade de ovos em seu interior (Figura 2). Cada massa tinha em média 5 ovos ( $\bar{x} = 5, \pm 2,78$ ), onde cada massa tinha em média 5 ovos ( $\bar{x} = 5, \pm 2,78$ ), onde cada ovo apresentava um tamanho médio de  $50 \mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 50, \pm 6,45$ ).



**Figura 2.** Aspecto da massa de ovos em estereomicroscópio (A) 200  $\mu\text{m}$ .; Ilustração esquemática das massas de ovos (B), sendo: cápsula (Cp), ovo (Ov), embrião (Em).

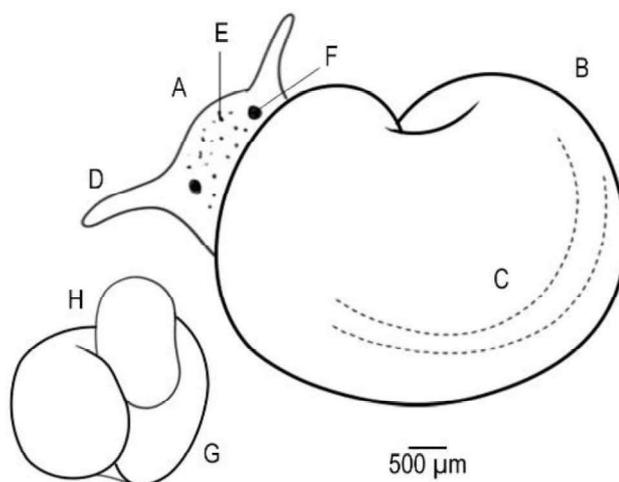
Das 32 massas de ovos monitoradas, apenas 16 massas eclodiram corretamente, cerca de 50%. Os ovos estavam sob as condições médias de  $25^{\circ}\text{C}$  de temperatura ( $\bar{x} = 25, \pm 0,70$ ), pH de 6,71 ( $\bar{x} = 6,71, \pm 0,49$ ) e oxigênio dissolvido de 16,2 mg/l (ppm) ( $\bar{x} = 16,2, \pm 10,67$ ). As massas que não tiveram eclosões apresentaram problemas envolvendo má formação. De modo geral, as eclosões ocorriam após 6 dias da postagem dos ovos (Figura 3).



**Figura 3.** Representação esquemática do ciclo observado para os espécimes de *Biomphalaria* encontradas no lago Mapiri em Santarém-PA e as principais fases de desenvolvimento observadas em laboratório. Ambiente aquático e bancos de macrófitas (A); espécime adulto de *Biomphalaria* (B); massa de ovos em blástula (C) no primeiro dia do ciclo; gástrula (D) após 24 horas; trocófora (E) no quarto dia de ciclo; véliger (F) no quinto dia de ciclo; hipo (G) no sexto dia de ciclo, jovens caramujos pós eclosão (H).

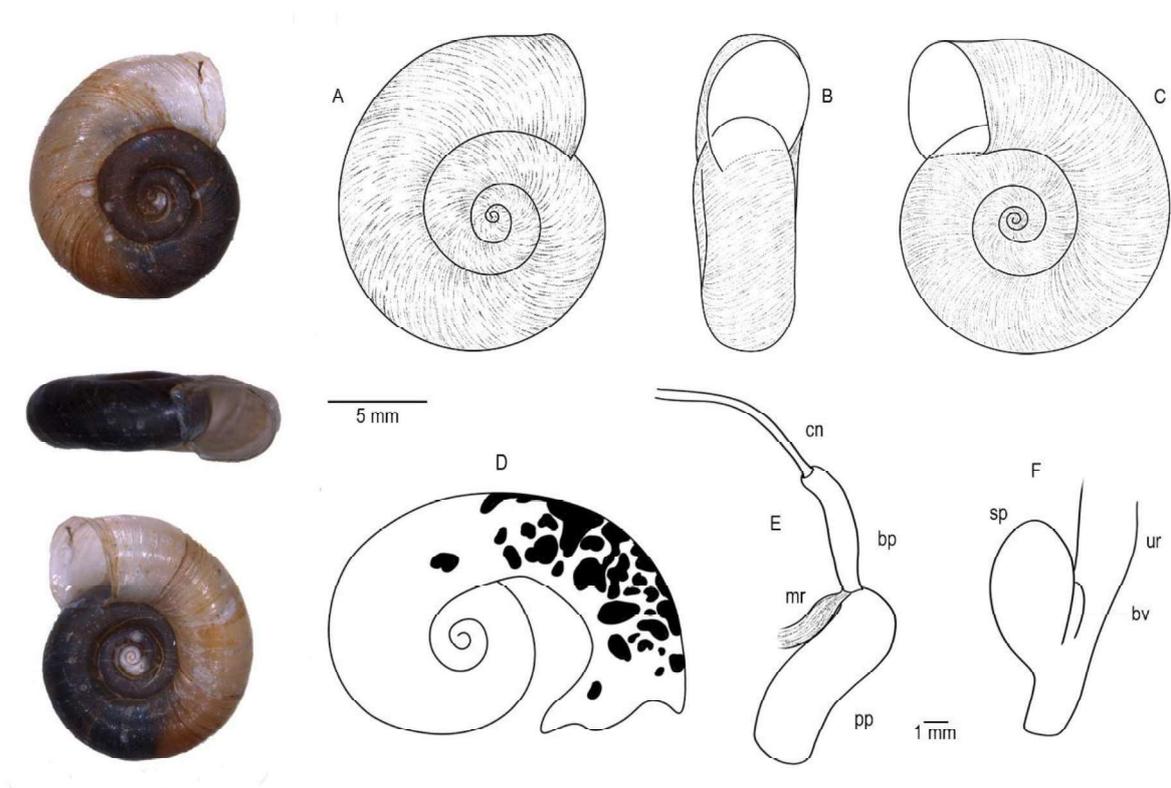
#### *Aspectos morfológicos*

Os espécimes recém-nascidos de *Biomphalaria* apresentavam uma concha translúcida, sendo possível visualizar o tubo renal sem crista. A abertura da concha era grande e ovalada, com o animal apresentando alguns pigmentos escuros na cabeça (Figura 4).



**Figura 4.** Aspectos do caramujo recém-nascido. Cabeça (A); concha (B); tubo renal (C); tentáculos (D); pigmentos (E); olhos (F); abertura da concha (G); pé (H).

Já os espécimes coletados no lago Mapiri, apresentavam uma concha pequena, marrom, com cerca de 5 mm ( $\bar{x} = 5, \pm 0,60$ ) de diâmetro e 2,5 mm de largura ( $\bar{x} = 2,5, \pm 0,30$ ), com 5 giros que crescem rapidamente em diâmetro (o giro central mais à esquerda) e uma periferia arredondada. No lado direito da concha o giro central é mais profundo, com uma cavidade afunilada. O giro externo tende a ser mais inclinado a esquerda e não há a presença de crista renal. O manto apresentava pigmentos que se acumulavam mais próximo de sua borda. Tanto as características da concha quanto o aparelho reprodutor condizem com o descrito por Paraense (1966a, 1983) para *B. amazonica* (Figura 5).



**Figura 5.** Representante de *Biomphalaria amazonica* coletado no lago Mapiri. Lado direito da concha (A); abertura da concha (B); lado esquerdo (C); aspectos do manto (D); aspectos do complexo peniano (E): canal deferente (cn), bolsa do pênis (bp), musculo retrator (mr), prepúcio (pp); aspectos do complexo vaginal (F): espermateca (sp), bolsa vaginal (bv), útero (ur).

### *Biologia molecular*

Neste estudo foi obtida sequências parciais do gene amplificação citocromo c oxidase subunidade I (COI). No alinhamento, as sequências variaram de 417-673, com alinhamento de 515 pb, sendo que as extremidades foram cortadas. A análise filogenética baseada no citocromo c oxidase subunidade I (COI) foi obtida utilizando a sequências gerada nesse estudo que foi de 99% de similaridade obtidas na pesquisa *BLASTn* para *B. amazonica*

corroborando a identificação morfológica na sua totalidade que se trata realmente da espécie de *B. amazonica*.

## **Discussão**

No Brasil, a espécie *B. amazonica* possui ampla distribuição nos estados do Amazonas, Acre e Rondônia (Paraense, 2008), sendo este o primeiro registro de *B. amazonica* para o estado do Pará (SpeciesLink, 2023; GBIF, 2023) e em especial a região do baixo Amazonas na área de distribuição da espécie no Brasil.

O tempo do ciclo observado para *B. amazonica* apresentado neste trabalho, não foi diferente do ciclo já observado para outras espécies como *B. straminea*, *B. tenagophila* e *B. glabrata* (Kawano et al., 2008). No entanto, torna-se necessário estudos mais aprofundados, que considerem todo o processo de clivagem até blástula afim de gerar maiores confirmações sobre esta semelhança ou diferenças que podem vir ocorrer.

As eclosões de *B. amazonica* no sexto dia de ciclo também podem estar associados a temperatura da água, que esteve em 25 °C, corroborando o relatado por Kawano et al. (2008) sobre esta temperatura propiciar a eclosão com até 6 dias em diante. O percentual de eclosões observado em laboratório para *B. amazonica* foi menor do que observado em outros trabalhos envolvendo as espécies *B. tenagophila* e *B. glabrata*, respectivamente 90,5% e 94,8% de caramujos eclodidos (Kawazoe, 1977). O baixo percentual pode sugerir diversas metodologias e desafios na manutenção e criação em laboratório.

Fatores que ocorrem no laboratório como luz, pH, substrato, alimentação e até mesmo a autofecundação podem interferir na fecundidade de moluscos *Biomphalaria* (Valente, 2021). Em nosso trabalho, os espécimes eram alimentados com alface, o que segundo os resultados obtidos por Valente (2021) em tratamentos com diferentes dietas alimentares, pode inferir no baixo número de ovos por massa e até mesmo em ovos eclodidos. Com isso, trabalhos que descrevem a fecundidade e natalidade de organismos *Biomphalaria* são de extrema importância na compreensão da biologia natural destes organismos e do meio onde são encontrados.

A espécie *B. amazonica* não tem sido observada naturalmente parasitada pelo *S. mansoni*, no entanto, estudos apontam sua suscetibilidade ao parasita, indicando que *B. amazonica* pode atuar como potenciais hospedeiros intermediários (Teodoro et al., 2011),

mantendo assim o ciclo da esquistossomose em áreas endêmicas e não endêmicas (Caldeira et al., 2010).

A possibilidade de que *B. amazonica* possa atuar como hospedeiro intermediário de *S. mansoni*, se torna um alerta sanitário ao lago Mapiri em Santarém e a região do baixo amazonas. Muito embora não existam casos de esquistossomose na cidade de Santarém e que a doença tenha uma baixa prevalência no estado do Pará (1,72% em 5.456 pessoas examinadas) (Ministério da Saúde, 2011), o lago é utilizado por comunidades tradicionais para a pesca, cultura e lazer, e recebe um grande fluxo de embarcações de pequeno e médio porte.

Este alerta se torna ainda mais grave quando associado as condições ambientais do lago Mapiri, que sofre com o descarte de resíduos sólidos e esgoto provenientes da área urbana de Santarém (Carmo et al., 2022), muito embora seja uma área de proteção permanente (APP).

Próximo ao encontro com o rio Tapajós, o lago apresenta uma vasta predominância de macrófitas aquáticas e de assoreamento, além da presença de odor e espuma na água. Essa realidade de degradação ambiental pode favorecer a proliferação de moluscos *Biomphalaria*, que costumam apresentar preferência por ambientes eutrofizados (Miranda et al., 2016).

A eventual presença de *B. amazonica* parasitados por *S. mansoni* no lago Mapiri, poderia configurar um risco de saúde pública a estas comunidades, tornando necessário estudos complementares da relação parasita-hospedeiro com *S. mansoni*. Por essa razão a importância de que os órgãos ambientais e sanitários estejam atentos as espécies de *Biomphalaria* ocorrentes na região.

## **Conclusão**

Registramos a ocorrência de *Biomphalaria amazonica* no lago Mapiri, cidade de Santarém, sendo este o primeiro registro da espécie no estado do Pará, incluindo região do baixo amazonas a distribuição da espécie. O presente trabalho propicia importantes informações para subsidiar ações de monitoramento e identificação da espécie na região e na Amazônia, além de informações uteis sobre seu ciclo.

## **Referências**

Barbosa, F.S., org. *Tópicos em malacologia médica* [online]. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1995. 314p. ISBN 85-85676-13-2.

- Caldeira, R. L., Teodoro, T. M., Gomes, M. F. B., & Carvalho, O. dos S. (2010). Preliminary studies investigating the occurrence of *Biomphalaria cousini* in Brazil. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 105(4), 485–487. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762010000400022>
- Camey, T. & Verdonk, N. H. (1970). The early development of the snail *Biomphalaria glabrata* (Say) and the origin of the head organs. *Netherlands Journal of Zoology*, 20: 93-121.
- Carvalho, O.S., Coelho, P.M.Z., and Lenzi, H.L., orgs. *Schistosoma mansoni* e esquistossomose: uma visão multidisciplinar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008, pp. 1-18. ISBN 978-85-7541-370-8.
- Chitsulo, L., Engels, D., Montresor, A., & Savioli, L. (2000). The global status of schistosomiasis and its control. *Acta Tropica* (Vol. 77). [www.elsevier.com/locate/actatropica](http://www.elsevier.com/locate/actatropica)
- G1, Santarém e região. (2016). Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/2016/10/moradores-denunciam-assoreamento-no-lago-mapiri-em-santarem-pa.html>. Acesso em 22 de janeiro de 2023.
- Hall, T.A. (1999). BioEdit: Um editor de alinhamento de sequências biológicas de fácil utilização e programa de análise para Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Kawano, T., Nakano, E., And Watanabe, L.C. Estudo do desenvolvimento embrionário de *Biomphalaria glabrata* (Mollusca, Planorbidae) e suas aplicações. In: Carvalho, Os., Coelho, P.M.Z., and Lenzi, H.L., orgs. *Schistosoma mansoni* e esquistossomose: uma visão multidisciplinar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008, pp. 347-391. ISBN 978-85-7541-370-8.
- Kawazoe, U. (1977). Alguns aspectos da biologia de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) e *Biomphalaria tenagophila* (D'Orbigny, 1835) (Pulmonata, planorbidae): II - Fecundidade e fertilidade. *Revista de Saúde Pública*, 11(1), 47–64. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101977000100005>
- Ministério da Saúde. (2011). Secretaria de Vigilância em Saúde. Sistema nacional de vigilância em saúde: relatório de situação: Pará/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – 5. ed. – Brasília: Ministério da Saúde. 37 p.: il. color. – (Série C. Projetos, Programas e Relatórios)
- Miranda, G. S., Rodrigues, J. G. M., Lira, M. G. S., Nogueira, R. A., Gomes, G. C. C., Miranda, B. S., Araújo, A. de, & Silva-Souza, N. (2016). Moluscos límnicos como hospedeiros de trematódeos digenéticos de uma região metropolitana da ilha do Maranhão, Brasil. *Scientia Plena*, 12(9). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.091004>
- Morgan, J. A. T., Dejong, R. J., Snyder, S. D., Mkoji, G. M., & Loker, E. S. (2001). *Schistosoma mansoni* *Biomphalaria*: past, history and future trends. *Parasitology*, 1–18. <https://doi.org/10.1017/S0031182001007703>
- Paraense, W.L. (1966a). The synonymy and distribution of *Biomphalaria peregrina* in the Neotropical Region. *Rev. Bras. Biol.* 26: 269-296.

- Paraense, W.L. (1975). Estado atual da sistemática dos planorbídeos brasileiros. *Arch. Mus. Nac.* (Rio de J.). 55: 105-28.
- Paraense, W.L. 1988. *Biomphalaria kuhniiana* (Clessin, 1883), planorbid mollusc from south America. Mem. I. Oswaldo Cruz. 83(1): 1-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761988000100001>
- Pepe, M. S., Caldeira, R. L., Carvalho, O. dos S., Muller, G., Jannotti-Passos, L. K., Rodrigues, A. P., Amaral, H. L., & Berne, M. E. A. (2009). *Biomphalaria* molluscs (Gastropoda: Planorbidae) in Rio Grande do Sul, Brazil. Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz, 104(5), 783–786. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762009000500020>
- Ohlweiler, F. P., Rossignoli, T. de J., Palasio, R. G. S., & Tuan, R. (2020). Taxonomic diversity of *Biomphalaria* (Planorbidae) in São Paulo state, Brazil. *Biota Neotropica*, 20(2), 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-0975>
- Simões, L. F., Bastos, L. D. B., Camargo, E. A. F., Neves, M. F., Linhares, A. X., Magalhães, L. A., & Zanotti-Magalhães, E. M. (2017). Relação parasito-hospedeiro entre *Biomphalaria amazonica* e *Schistosoma mansoni*. *Brazilian Journal of Biology*, 77(2), 340–346. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.14415>
- Spatz, L., Vidigal, T.H, Caldeira, R.L, Neto, E.D, Cappa, S.M.G, & Carvalho, O.S (1999). Estudo de *Biomphalaria tenagophila tenagophila*, *B. t. guaibensis* e *B. occidentalis* pela reação em cadeia da polimerase e digestão com enzimas de restrição das regiões espaçadoras intergênicas do RNA ribossômico. *Journal of Molluscan Studies* , 65 (2), 143-149.
- Teodoro, T. M., Jannotti-Passos, L. K., Carvalho, O. dos S., Grijalva, M. J., Baús, E. G., & Caldeira, R. L. (2011). Hybridism between *Biomphalaria cousini* and *Biomphalaria amazonica* and its susceptibility to *Schistosoma mansoni*. Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz, 106(7), 851–855. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000700011>
- Valente, W. C. G. (2021). avaliação dos parâmetros bionômicos, físicos e químicos na criação de *Biomphalaria glabrata* (say, 1818) expostos a diferentes tipos de alimentação e substratos. [Monografia]. Instituto Oswaldo Cruz.
- Velásquez, L. E., Caldeira, R. L., Estrada, V., & Carvalho, O. S. (2002). Morphological and Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism Characterization of *Biomphalaria kuhniiana* and *Biomphalaria amazonica* from Colombia. In Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro (Vol. 97, Issue 7).

## CONCLUSÕES GERAIS

Em nossas pesquisas, constatamos que fauna de moluscos em lagos periurbanos amazônicos é diversa e está intimamente relacionada aos ecossistemas em que estão inseridos, sendo possível encontrar em lagos impactados uma alta riqueza e abundância de moluscos com uma composição que reflete tais condições de impacto, sendo essa a realidade em lagos como Juá, Mapiri e Maica, destacando a importância do uso de moluscos em estudos de monitoramento ambiental. E pensando nessa aplicabilidade, a chave de identificação produzida nesse trabalho é uma contribuição primordial para fomentar trabalhos posteriores envolvendo a malacofauna amazônica, facilitando o trabalho de novos profissionais que atuam com macroinvertebrados na região. Além disso, o registro de *Biomphalaria amazonica* e sua identificação através de uma abordagem integrativa, não apenas contribui no conhecimento real diversidade de moluscos como também salienta a necessidade de integrar novas abordagens as identificações taxonômicas de moluscos, principalmente considerando grupos de identificação apenas com caracteres morfológicos como os do gênero *Biomphalaria*. Fornecemos, portanto, um material importante do uso da malacofauna em questões socioambientais, ecológicas e taxonômica.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA e ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Meio Ambiente e Qualidade de Vida – PPGSAQ por suas contribuições por meio do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Acadêmico – PROAC, edital Nº 001/2021 – PPGSAQ/UFOPA.