



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS - CSHNB  
CURSO DE LICENCIATURA EM EDUCAÇÃO DO CAMPO/  
CIÊNCIAS DA NATUREZA**



**LUCAS ARIEL DE SOUSA AGUIAR**

**INTERAÇÃO MOLUSCOS-TREMATÓDEOS-MACRÓFITAS DO RIO GUARIBAS,  
MUNICÍPIO DE PICOS, PIAUÍ, BRASIL**

**PICOS  
2024**

**LUCAS ARIEL DE SOUSA AGUIAR**

**INTERAÇÃO MOLUSCOS-TREMATÓDEOS-MACRÓFITAS DO RIO GUARIBAS,  
MUNICÍPIO DE PICOS, PIAUÍ, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, *campus* Senador Helvídio Nunes de Barros como requisito à obtenção do grau de Licenciado em Educação do Campo.

**Orientadora:** Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí**  
**Biblioteca José Albano de Macêdo**

**A283i** Aguiar, Lucas Ariel de Sousa.  
Interação moluscos-trematódeos-macrofitas do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, Brasil./ Lucas Ariel de Sousa Aguiar. – 2024.  
38 f.

1 Arquivo em PDF

Indexado no catálogo *online* da biblioteca José Albano de Macêdo-CSHNB  
Aberto a pesquisadores, com restrições da Biblioteca

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Piauí, Curso de Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza, Picos, 2024.

“Orientador: Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro”

1. Plantas aquáticas-Nordeste. 2. Malacofauna límnic. 3. Moluscos bentônicos. I. Pinheiro, Tamaris Gimenez. II. Título.

**CDD 639.4**

**Elaborado por Sérvulo Fernandes da Silva Neto CRB 15/603**

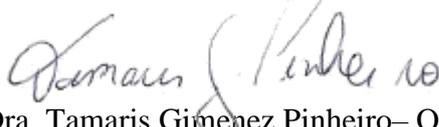
**LUCAS ARIEL DE SOUSA AGUIAR**

**INTERAÇÃO MOLUSCOS-TREMATÓDEOS-MACRÓFITAS DO RIO GUARIBAS,  
MUNICÍPIO DE PICOS, PIAUÍ, BRASIL**

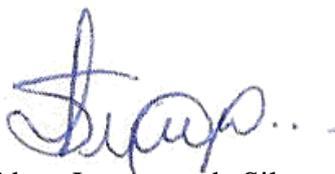
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Educação do Campo/Ciências da Natureza, pela Universidade Federal do Piauí, *campus* Senador Helvídio Nunes de Barros.

**Orientadora:** Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro – Orientadora  
Universidade Federal do Piauí - UFPI



Prof. Dr. Edson Lourenço da Silva – Membro 1  
Instituto Federal do Piauí - IFPI



Profa. M. SC. Manuella Feitosa Leal – Membro 2  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Aprovado em 26/01/2024.

## AGRADECIMENTOS

Deixo aqui os meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, me ajudaram nesta longa jornada da graduação.

Inicialmente, quero agradecer ao *Campus* Senador Helvídio Nunes de Barros, Universidade Federal do Piauí, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus* Picos, por terem me acolhido e proporcionado ambientes essenciais para o meu desenvolvimento educacional.

Agradeço profundamente ao Curso de Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza por proporcionar não apenas o acesso à universidade, mas também por oferecer um ensino de qualidade e contextualizado com nossa realidade.

À Dona Rosa, uma pessoa incrível do nosso curso, que sempre esteve lá para nos ajudar e nos manter informados. É bem provável que, sem sua mensagem, no dia 29 de agosto de 2019, eu não estaria, agora, prestes a me formar.

Deixo aqui todo o meu respeito e agradecimento à minha orientadora, Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro. Obrigado por ter me aceitado como seu orientando e pela dedicação que teve comigo, bem como por todos os auxílios e conselhos. Se eu tiver êxito no mundo acadêmico, certamente você será uma das principais responsáveis por isso.

Ao Prof. Dr. Edson Lourenço da Silva, agradeço por ter me recebido em seu laboratório, ajudando-me com seu conhecimento, conselhos e amizade.

Aos colegas de laboratório do grupo Malacologia Piauí, Emerson, Maria, Edenisio, Lucas Henrique e Raul, pelos auxílios e amizade.

Às minhas amigas Kamila, Livia e Vanessa, por terem aguentado, ao longo destes anos, todas as minhas loucuras e reclamações. Sem o nosso grupo "Lamentações", certamente esta jornada teria sido mais pesada.

Aos membros desta banca, agradeço pela atenção dedicada, pelas sugestões valiosas e pela avaliação cuidadosa do meu trabalho.

Por fim, agradeço à minha esposa e filho, Manuella e Eduardo, por serem a luz e o equilíbrio em minha vida durante toda esta jornada. Sua paciência e compreensão foram fundamentais nos momentos desafiadores.

## RESUMO

Dada a importante relação entre os moluscos e os fatores bióticos e abióticos dos ambientes aquáticos, objetivamos verificar o papel de alguns desses sobre a estrutura e dinâmica da comunidade desses animais no Rio Guaribas, Picos, Piauí. Os moluscos provenientes do sedimento e macrófitas foram coletados bimestralmente entre outubro/2021 e agosto/2022. Coletamos também alguns dados abióticos como pH, profundidade e temperatura da água. Buscando compreender a estrutura da comunidade de moluscos da região foram realizadas, no *software* R, a ANOVA *Two-way*, PERMANOVA, SIMPER e CCA. Nas macrófitas, 2.230 moluscos foram amostrados e no sedimento, 224. Apesar da riqueza ter sido a mesma entre os tipos de substrato, as macrófitas apresentaram maior frequência de ocorrência de espécies. Foi nas macrófitas também que ocorreu a maior incidência de moluscos parasitados. Foram identificadas diferenças significativas na abundância e na riqueza dos moluscos somente entre os tipos de substratos. *Drepanotrema depressissimum* foi a espécie que mais contribuiu para essa diferença. Apesar das variáveis ambientais explicarem 29,6% da variação na abundância de moluscos associados a macrófitas e 22,3%, ao sedimento, os eixos da CCA não foram significativos. Inferimos que, dentre as variáveis analisadas, o tipo de substrato é o responsável pela estruturação da comunidade de moluscos do Rio Guaribas, destacando o importante papel das plantas aquáticas para esses animais.

**Palavras-chave:** Malacofauna límnic; Moluscos bentônicos; Nordeste; Plantas aquáticas.

## ABSTRACT

Given the important relationship between mollusks and the biotic and abiotic factors of aquatic environments, our objective was to investigate the role of some of these factors on the structure and dynamics of the mollusk community in the Guaribas River, Picos, Piauí. Mollusks from sediment and macrophytes were collected bimonthly between October 2021 and August 2022. Additionally, abiotic data such as pH, water depth, and temperature were also collected. To understand the structure of the mollusk community in the region, ANOVA Two-way, PERMANOVA, SIMPER, and CCA analyses were performed using R software. In macrophytes, 2,230 mollusks were sampled, and in sediment, 224. Although the richness was the same between substrate types, macrophytes showed a higher frequency of species occurrence. Macrophytes also had the highest incidence of parasitized mollusks. Significant differences in the abundance and richness of mollusks were identified only between substrate types. *Drepanotrema depressissimum* was the species that contributed the most to this difference. Despite environmental variables explaining 29.6% of the variation in mollusk abundance associated with macrophytes and 22.3% with sediment, the axes of CCA were not significant. We infer that, among the analyzed variables, substrate type is responsible for structuring the mollusk community of the Guaribas River, highlighting the important role of aquatic plants for these animals.

**Keywords:** Aquatic plants; Benthic mollusks; Limnic malacofauna; Northeast.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Localização dos pontos de coleta. A: mapa do estado do Piauí com destaque para o município de Picos e a capital do estado, Teresina; B: Delimitação do município Picos com destaque para a área urbana em vermelho; C: Mapa da zona urbana de Picos com a localização dos cinco pontos de coleta destacados..... 17
- Figura 2** – Cinco pontos de coletas localizados no leito do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí. A: Ponto 1; B: Ponto 2; C: Ponto 3; D: Ponto 4; E: Ponto 5..... 18
- Figura 3** – Coleta de moluscos no Rio Guaribas, município de Picos Piauí. A: Peneira acoplada a haste de madeira para a coleta de moluscos associados ao sedimento; B: Quadrante medindo 25 x 25 cm para a coleta de moluscos associados às macrófitas. .... 19
- Figura 4** – Moluscos coletados nas macrófitas que ocorrem no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. A: Abundância por ponto; B: Abundância por mês; C: Riqueza por ponto; D: Abundância por espécie. B.s: *Biomphalaria straminea*; D.c: *Drepanotrema cimex*; D.d: *Drepanotrema depressissimum*; D.l: *Drepanotrema lucidum*; M.t: *Melanoides tuberculata*; P.c: *Pomacea canaliculata*; S.m: *Stenophysa marmorata*; O.sp: *Omalonyx* sp. Imagens dos animais sem escala. .... 22
- Figura 5** – Espécies de moluscos coletados no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022, que se apresentaram parasitados por trematódeos e as cercárias responsáveis pelas infecções de cada uma delas. Imagens dos animais sem escala . 23
- Figura 6** – Número de infecções por espécie de molusco associada às macrófitas, coletadas no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. Imagens dos animais sem escala..... 23
- Figura 7** – Número total de infecções por trematódeos em moluscos associados às macrófitas do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, amostradas entre outubro de 2021 e agosto de 2022, discriminado por ponto de coleta..... 24

**Figura 8** – Taxa de infecção por trematódeos identificada em moluscos associados às macrófitas, do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, amostradas entre outubro de 2021 e agosto de 2022, discriminada por ponto de coleta e mês de coleta ..... 24

**Figura 9** – Moluscos coletados no sedimento do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. A: Abundância por ponto; B: Abundância por mês; C: Riqueza por ponto; D: Abundância por espécie. B.s: *Biomphalaria straminea*; D.c: *Drepanotrema cimex*; D.d: *Drepanotrema depressissimum*; D.l: *Drepanotrema lucidum*; M.t: *Melanooides tuberculata*; P.c: *Pomacea canaliculata*; S.m: *Stenophysa marmorata*; E.sp: *Eupera* sp. Imagens dos animais sem escala ..... 26

**Figura 10** – Representação gráfica da análise de correspondência canônica (CCA) entre a abundância das espécies de moluscos associados às macrófitas coletados no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022 e os fatores abióticos: pH, precipitação, profundidade da coluna de água e temperatura da água ..... 29

**Figura 11** – Representação gráfica da análise de correspondência canônica (CCA) entre a abundância das espécies de moluscos associados ao sedimento coletados no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022 e os fatores abióticos: pH, precipitação, profundidade da coluna de água e temperatura da água ..... 30

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Resultado da ANOVA Two-Way para diferenças na abundância e riqueza de moluscos coletados no Rio Guaribas, Picos, Piauí entre as estações e substratos e a interação entre esses fatores. As diferenças são consideradas significativas se  $p \leq 0,05$ . DF: graus de liberdade; F: estatística F; MS: quadrados médios; P: valor de p; SS: somas dos quadrados..28

**Tabela 2** – Resultado da PERMANOVA para dissimilaridade, baseada na abundância das espécies da comunidade moluscos coletados no Rio Guaribas, Picos, Piauí entre as estações e substratos e a interação entre esses fatores. As diferenças são consideradas significativas se  $p \leq 0,05$ . DF: graus de liberdade; F: estatística F; R2: Coeficiente de determinação; P: valor de p; SS: somas dos quadrados..... 29

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	13
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
<b>3.1 Moluscos límnicos</b> .....	14
<b>3.2 Iteração moluscos e substratos</b> .....	15
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>4.1 Coleta de dados</b> .....	17
<b>4.2 Análises de dados</b> .....	19
<b>5 RESULTADOS</b> .....	21
<b>5.1 Moluscos associados às macrófitas</b> .....	21
<b>5.2 Moluscos associados ao sedimento</b> .....	25
<b>5.3 Fatores abióticos</b> .....	27
<b>5.4 Análises estatísticas</b> .....	28
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	33
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

Ecossistemas lênticos e lóticos com características físicas e químicas variadas são colonizados, em maior ou menor grau, pelas macrófitas (Esteves, 2011; Wetzel, 2001). As macrófitas aquáticas constituem um grupo de plantas composto por diversas formas macroscópicas, que incluem macroalgas, briófitas e pteridófitas adaptadas ao ambiente aquático, bem como angiospermas verdadeiras que têm origem no ambiente terrestre, mas se adaptaram para a vida na água (Araújo, *et al.*, 2012). A presença dessas plantas nesses ambientes favorece a heterogeneidade espacial, criando condições de habitat para diversos vertebrados e invertebrados (Esteves; Camargo, 1986; Esteves, 2011).

Os moluscos por serem organismos que apresentam estreita relação com o meio em que vivem (Miranda *et al.*, 2016) se beneficiam da plasticidade das macrófitas aquáticas em diversos aspectos. Nessa interação, podem se alimentar de partes dessas plantas, do material aderido às mesmas, de outros invertebrados ali presentes, além de utilizá-las como sítios para oviposição (Hootsmans; Vermaat, 1985; Maltcnick *et al.*, 2009).

Contemplando aproximadamente 123.000 espécies atuais (Molluscabase, 2023), esses animais se destacam ainda por sua ampla distribuição geográfica e importância ecológica e epidemiológica (Ohlweiler *et al.*, 2016), possuindo participação relevante nos ecossistemas onde habitam, principalmente nos de água doce (Bogan, 2008). Abordagens filogenéticas mais recentes descrevem o filo Mollusca como detentor de oito classes, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Monoplacophora, Polyplacophora, Scaphopoda, Solenogaster e Caudofoveata, das quais se destacam Gastropoda e Bivalvia que juntas, reúnem pouco mais de 98% das espécies de moluscos viventes conhecidas (Barnes *et al.*, 2008). Gastrópodes constituem cerca de 75% do número total de espécies do filo e possuem grande importância médica e veterinária, bem como espécies consideradas pragas de diferentes cultivos, enquanto muitas espécies de bivalves são mais utilizadas na alimentação humana (como as ostras, mexilhões e sernambis) (Brasil, 2008).

Pesquisas sobre a ecologia de moluscos, com foco especial nos bivalves e gastrópodos límnicos, apresenta uma relevância significativa devido às diversas contribuições desses animais para os ecossistemas aquáticos. Os bivalves, por exemplo, desempenham um importante papel na clarificação da água por meio de seus processos de filtração, além de regularem o fluxo de nutrientes através do seu metabolismo (Strayer, 2014; Gu *et al.*, 2020).

No entanto, esses animais enfrentam sérios riscos de extinção, principalmente devido às alterações ambientais causadas pelas atividades humanas incluindo, principalmente, a introdução de espécies invasoras em seus habitats (Miyahira *et al.*, 2023). Portanto, a compreensão das interações entre esses animais e o ambiente torna-se crucial para o desenvolvimento de estratégias de preservação e para manter a saúde dos ambientes de água doce.

Com relação aos gastrópodes, esses por possuírem importância médica e veterinária, desempenham um papel relevante como hospedeiros intermediários de diversos parasitos, incluindo aqueles responsáveis por doenças como a esquistossomose mansoni e fasciolose (Brasil, 2008). A ocorrência dessas doenças no estado do Piauí, especificamente no município de Picos, objeto dessa pesquisa, destaca a necessidade de identificar os fatores que influenciam a dinâmica da malacofauna no rio Guaribas, principal rio da região. Essa compreensão permite que os setores de saúde pública adotem medidas preventivas e de controle adequadas para proteger a população local.

Além disso, a escassez de informações sobre a diversidade de moluscos límnicos na região Nordeste do Brasil, conforme apontado por Leal *et al.* (2021), destaca a necessidade de pesquisas que preencham essa lacuna. Da mesma forma, a falta de estudos sobre a associação entre a malacofauna, parasitos e plantas aquáticas, conforme mencionado por Abílio *et al.* (2006), ressalta a importância de investigações adicionais nesse campo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Realizar a análise das interações ecológicas entre moluscos, parasitos e macrófitas aquáticas que ocorrem no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, a fim de compreender o funcionamento dos ecossistemas aquáticos da região semiárida permitindo discussões sobre os impactos do uso e conservação deles neste ambiente.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar a influência das variáveis ambientais sobre a comunidade de moluscos límnicos.
- Identificar os padrões sazonais das interações entre moluscos e macrófitas aquáticas no Rio Guaribas.
- Investigar a influência das macrófitas aquáticas na ecologia e na distribuição dos moluscos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Moluscos límnicos

O filo Mollusca apresenta uma grande diversidade de espécies, ficando atrás somente dos artrópodes (Strong *et al.*, 2008). Atualmente os moluscos são representados por mais de 123 mil espécies aceitas (Molluscabase, 2023). Nesse filo estão presentes os moluscos límnicos que são animais que habitam exclusivamente ambientes de água doce, como rios, lagos, lagoas e riachos. Eles desempenham um papel crucial na comunidade biótica em que vivem, servindo como fonte de alimento para uma variedade de animais, incluindo peixes, répteis, anfíbios, mamíferos, aves e até mesmo seres humanos (Drügg-Hahn *et al.*, 2007; Barth; Martello, 2017). Os moluscos de água doce pertencem às classes Gastropoda ou Bivalvia e, além de sua importância ecológica, algumas espécies de gastrópodes são importantes do ponto de vista sanitário, pois podem atuar como hospedeiros intermediários de parasitos que podem infectar tanto humanos quanto outros animais (Lydeard; Cummings, 2019).

A classe Gastropoda destaca-se ainda por apresentar o maior número de espécies de Mollusca, com expressiva abundância de indivíduos e algumas das espécies melhor estudadas do filo (Brusca; Moore; Shuster, 2018). De acordo com Haszprunar e Wanninger (2012), os gastrópodes habitam todos os habitats marinhos, de água doce e terrestres e apresentam uma grande diversidade de formas corporais com diferentes tipos de conchas. Os autores ainda destacam que as espécies dessa classe possuem diversos estilos de vida e modos de reprodução, incluindo detritívoros, herbívoros, predadores, filtradores, ecto e endoparasitas, além de reprodução externa e interna, órgãos copulatórios e espermatóforos.

Mexilhões, vieiras e ostras são os principais representantes da classe Bivalvia (Camargo, 2021). Segundo Brusca, Moore e Shuster (2018) os moluscos desse táxon habitam tanto a água salgada quanto a doce, em todas as profundidades e diferentes tipos de ambiente. As principais características dos bivalves são: concha com duas valvas que estão ligadas entre si por músculos adutores, pé reduzido, presença de brânquias, um par de palpos labiais ciliados, metanefrídios em formato de “U”, sifão e ausência da rádula (Camargo, 2021). Essa última característica faz dos bivalves animais predominantemente filtradores, que se alimentam principalmente de fitoplâncton e detritos orgânicos em suspensão (Brasil, 2020; Leal, 2022).

Os bivalves apresentam grande importância econômica, devido seu uso na alimentação humana e na fabricação de artesanatos e joias. Principalmente nas regiões litorâneas, onde o mercado da aquicultura tem crescido, o uso dos bivalves como fonte de alimento tem aumentado a renda de milhares de famílias que vivem nessas regiões (Chagas; Herrmann, 2016). Os animais desse grupo também prestam diversos serviços ecossistêmicos devido hábito de vida filtrador, incluindo a remoção da matéria orgânica da água e sedimentos, a reposição de nutrientes e auxílio na estruturação da comunidade bentônica (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste – CEPENE, 2021).

Algumas características biológicas como a demora para se reproduzir e baixa sobrevivência juvenil, juntamente com as constantes alterações nos habitats como, por exemplo, poluição, represamento e canalização dos rios, fazem dos bivalves um dos grupos aquáticos mais ameaçados de extinção (Miyahira; Mansur; Lacerda, 2023; Nakamura; Sousa; Mesquita – Jones, 2023). No Brasil, a degradação contínua das bacias hidrográficas vem se mostrando como a principal ameaça de extinção às populações de moluscos límnicos que, além de terem seu papel ecológico e econômico, também podem ser usados no biomonitoramento para quantificar e qualificar os impactos ambientais (CEPENE, 2021). Diante dessas ameaças fazem-se necessários estudos e elaboração de planos de ações voltados para a conservação dos bivalves de água doce.

### **3.2 Interação moluscos e substratos**

Os moluscos ocupam uma variedade de tipos de substratos nos ambientes aquáticos, cuja preferência está diretamente relacionada com a espécie e a região que habita. Existem espécies de moluscos que preferem substratos moles como areia, lama, cascalho e outros que vivem em substratos duros como rochas, pedras, madeiras. Para se manter nesses substratos esses animais apresentam algumas adaptações morfológicas, como por exemplo, um pé muscular que pode ser utilizado para se enterrar nos substratos moles ou conchas reduzidas que são utilizadas como ferramentas de perfuração de substratos duros como é o caso dos teredinídeos que adentram a madeira em busca de abrigo e recursos (Brusca; Moore; Shuster, 2018). Outro tipo importante de substrato para os moluscos, que lhe fornece abrigo e muitas vezes alimento, são as macrófitas (Blanco-Belmonte; Neiff; Poi, 1998; Abílio *et al.*, 2007).

As macrófitas são plantas aquáticas que apresentam tecidos vasculares e partes do seu corpo ou permanecem flutuando sobre a água ou abaixo dela (Richter, 2022). Sua classificação está diretamente vinculada ao biótopo, refletindo seis principais grupos ecológicos. Esses grupos abrangem macrófitas emersas, com raízes no sedimento e folhas fora da água; macrófitas com folhas flutuantes, enraizadas, mas com folhas na superfície; macrófitas submersas enraizadas, crescendo completamente submersas; macrófitas submersas livres, flutuando em locais calmos; e macrófitas flutuantes, que permanecem na superfície da água, alcançando seu desenvolvimento máximo em áreas protegidas do vento e por último as macrófitas aquáticas anfíbias, que podem alternar entre ambientes terrestres e aquáticos (Esteves, 1998). Essa diversidade destaca as distintas estratégias de adaptação das macrófitas aos diferentes habitats aquáticos.

Estudos focados nas interações entre essas plantas aquáticas e outros organismos mostram que a presença das macrófitas influencia diretamente tanto na abundância quanto na riqueza de invertebrados, pois normalmente elas promovem um ambiente mais propício para a sobrevivência desses animais (Taniguchi *et al.*, 2003; Bazzanti; Coccia; Dowgiallo, 2010; Rocha *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020; Richter, 2022). Para os moluscos, objeto dessa pesquisa, as macrófitas aquáticas oferecem uma ampla variedade de benefícios, pois além de oferecer abrigo em suas raízes, talos e folhas, elas também disponibilizam alimentos para os moluscos, seja por meio do perifíton que as coloniza ou pela própria macrófita que serve de alimento para algumas espécies desse grupo (Santana *et al.*, 2009; Barth; Martello, 2017). Martello *et al.* (2008, p. 36) afirmam que a “existência de macrófitas aquáticas em áreas alagáveis parece ser decisiva para a ocorrência de muitas espécies de moluscos límnicos, seja associada à vegetação submersa ou flutuante”.

Além das importantes interações com invertebrados, a presença de macrófitas tem várias implicações positivas com o ambiente aquático. De acordo com Thomaz (2002), Dibble e Thomaz (2009) e Richter (2022), a presença dessas plantas pode reduzir a turbulência da água e auxiliar na sedimentação de materiais em suspensão, mantendo o ambiente em um estado mais equilibrado. Ademais, algumas espécies de macrófitas têm a capacidade de fixar nutrientes das camadas mais profundas do sedimento e, posteriormente, excretá-los ou liberá-los durante a decomposição da biomassa, tornando-os disponíveis para outras comunidades aquáticas (Richter, 2022). Essas características ressaltam ainda mais o papel das macrófitas para o meio aquático e sua influência nos processos ecológicos do ambiente.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Coleta de dados

As coletas foram realizadas bimestralmente entre os meses de outubro de 2021 e agosto de 2022 na cidade de Picos, Piauí (Figura 1). Foram estabelecidos cinco pontos de coletas em um trecho urbano do Rio Guaribas (Figura 2). Em cada ponto de coleta foram retiradas três amostras, tanto de moluscos associados ao sedimento (Figura 3A) como de moluscos associados às macrófitas (Figura 3B). Para maior abrangência de cada ponto de coleta foi estipulada uma distância mínima de 10 m entre as amostras.

**Figura 1** – Localização dos pontos de coleta. A: mapa do estado do Piauí com destaque para o município de Picos e a capital do estado, Teresina; B: Delimitação do município Picos com destaque para a área urbana em vermelho; C: Mapa da zona urbana de Picos com a localização dos cinco pontos de coleta destacados



Fonte: Adaptado de Dantas (2021).

**Figura 2** – Cinco pontos de coletas localizados no leito do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí. A: Ponto 1; B: Ponto 2; C: Ponto 3; D: Ponto 4; E: Ponto 5



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023).

Para a coleta de moluscos associados ao sedimento foi utilizada uma peneira de metal fixada a uma haste de madeira medindo aproximadamente 1,5 m (Figura 3A). Para cada amostra foram dadas cinco peneiradas no sedimento do rio. O material coletado foi acondicionado em potes plásticos, com tampa, devidamente identificados com etiquetas.

Já para a coleta de moluscos associados às macrófitas foi utilizado um quadrante medindo 25 x 25 cm (Figura 3B), o qual era lançado aleatoriamente, uma vez para cada amostra, nos bancos de macrófitas e, todo o conteúdo do interior do quadrante era retirado e colocado em sacos plásticos devidamente identificados. Para cada amostra do sedimento e das macrófitas, foram coletados os seguintes parâmetros ambientais: temperatura da água, pH, e profundidade da coluna de água. Já os índices de precipitação foram coletados em *sites* especializados.

Todo material coletado foi transportado para o Laboratório de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), *campus* Picos, onde foi realizada a lavagem das macrófitas para retirada dos moluscos aderidos e a separação dos moluscos do material do sedimento do rio.

**Figura 3** – Coleta de moluscos no Rio Guaribas, município de Picos Piauí. A: Peneira acoplada a haste de madeira para a coleta de moluscos associados ao sedimento; B: Quadrante medindo 25 x 25 cm para a coleta de moluscos associados às macrófitas



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023).

Após a separação dos moluscos dos substratos foi realizada a separação dos moluscos vivos dos mortos, sendo os vivos organizados por espécie, em quantidades de até 20 indivíduos, em potes plásticos para que em um período de 30 dias em dias alternados fossem monitorados uma possível liberação de cercarias. Caso ocorresse a liberação de cercarias, os moluscos do recipiente eram individualizados para identificar a quantidade de moluscos infectados e assim obter a taxa de infecção. A identificação dos animais foi realizada por meio de bibliografia especializada e consulta á especialistas. Após a identificação dos animais foram realizadas as análises estatísticas.

#### 4.2 Análises dos dados

As análises foram conduzidas no *software R Studio*. Inicialmente, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) de duas vias para examinar o efeito das variáveis estação (seca e chuvosa) e substrato (macrófita e sedimento) sobre a riqueza e abundância de moluscos.

Para investigar a dissimilaridade na comunidade com base nas abundâncias das espécies de moluscos em relação às variáveis ambientais (estação e substratos) e sua interação, foi realizada uma Análise Multivariada de Permutação de Variância (PERMANOVA). Posteriormente, uma análise multivariada SIMPER foi conduzida para

identificar a(s) espécie(s) que mais contribuiu(íram) para a dissimilaridade das variáveis analisadas.

A fim de avaliar o efeito dos fatores abióticos na comunidade biótica, foi realizada uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) para obter uma medida do gradiente ambiental. Com base nos resultados da DCA, que mostrou um gradiente alto (valor acima de quatro), indicando uso de métodos unimodais, optou-se por utilizar a Análise de Correspondência Canônica (CCA) como método mais adequado. A CCA foi realizada para os dados de macrófitas e sedimento separadamente, seguida de uma pós-análise utilizando o teste de Análise de Variância (ANOVA) para obtenção dos valores de p.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Moluscos associados às macrófitas

A abundância total de moluscos associados às macrófitas foi de 2.255 espécimes (média =  $375,8 \pm 357,3$ ; min. = 23; máx. = 821). Dessa abundância total, o ponto de coleta que mais se destacou em número de indivíduos capturados foi o Ponto 4, representando mais de 42% da abundância total das coletas (n = 955; média =  $159 \pm 221,1$ ; min. = 0; máx. = 497) (Figura 4A).

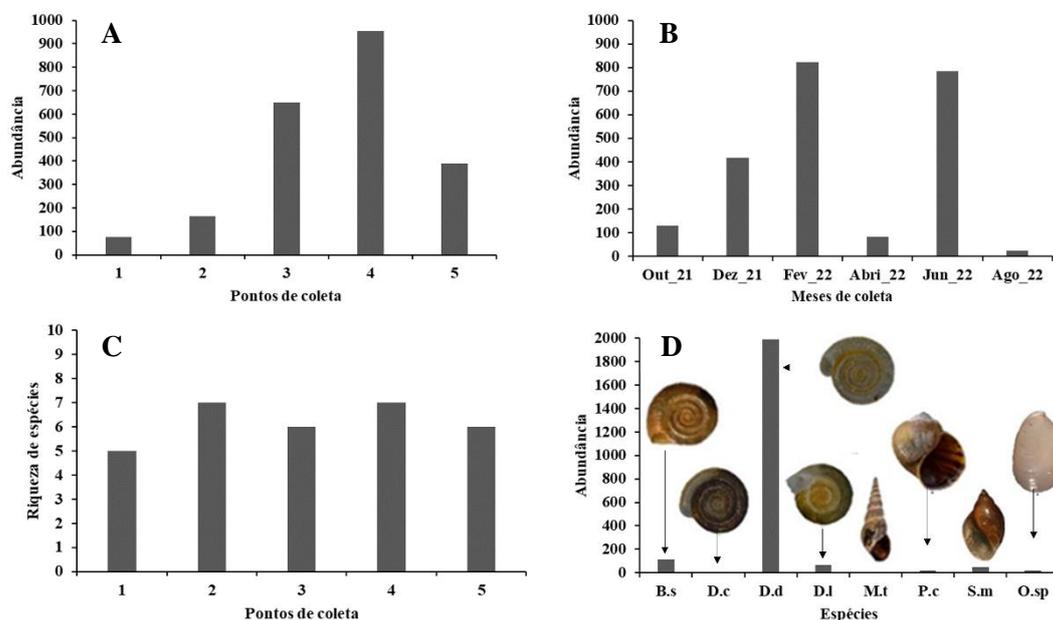
Considerando os meses de coleta, fevereiro de 2022 destacou-se como aquele com maior número de moluscos amostrados (n = 821; média =  $164,2 \pm 226,6$ ; min. = 1; máx. = 497), seguido de junho do mesmo ano (n = 784; média =  $156,8 \pm 277,7$ ; min. = 3; máx. = 650), dezembro de 2021 (n = 416; média =  $86,2 \pm 166,7$ ; min. = 0; máx. = 381), outubro (n = 129; média =  $25,8 \pm 2$ ; min. = 0; máx. = 64) e agosto de 2022 (n = 23; média =  $4,6 \pm 9,2$ ; min. = 0; máx. = 21) (Figura 4B). No período chuvoso da região, representado por dezembro de 2021, fevereiro e abril de 2022, foi registrada a maior abundância total de moluscos associados às macrófitas (n = 1.319; 58,5%). Em contraste, o período de seca, meses de outubro de 2021, junho e agosto de 2022 apresentou uma abundância consideravelmente menor (n = 936; 41,5%). No entanto, a riqueza se manteve a mesma comparando os dois períodos (n = 7).

Os moluscos capturados durante a pesquisa são representantes de oito espécies distribuídas em cinco gêneros de cinco famílias: *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848), *Drepanotrema cimex* (Moricand, 1838), *Drepanotrema depressissimum* (Moricand, 1839) e *Drepanotrema lucidum* (L. Pfeiffer, 1839) da família Planorbidae; *Melanooides tuberculata* (O. F. Müller, 1774) da família Thiaridae; *Omalonyx* sp. da família Succineidae; *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) da família Ampullariidae e *Stenophysa marmorata* (Guilding, 1828) da família Physidae.

Os pontos 2 e 4 apresentaram as maiores riquezas de moluscos, com sete espécies cada, seguidos pelos pontos 3 e 5, com seis espécies e o Ponto 1, com cinco (Figura 4C). Em todos os pontos de coleta, a espécie *D. depressissimum* foi a mais abundante, representando 88% do total de todos os moluscos capturados (n = 1.986; média =  $66,2 \pm 152,3$ ; min. = 0; máx. = 619). A segunda espécie mais coletada foi *B. straminea* (5%; n = 115; média =  $3,8 \pm 7,3$ ; min. = 0; máx. = 25), seguida por *D. lucidum* (3%; n = 65; média =  $2,2 \pm 6,8$ ; min. = 0; máx. = 36), *S. marmorata* (2%, n = 48; média =  $1,6 \pm 3,7$ ;

min. = 0; máx. = 18), *P. canaliculata* (0,8%; n = 19; média =  $0,6 \pm 1,4$ ; min. = 0; máx. = 6) e *Omalonyx* sp. (0,8%; n = 18; média =  $0,6 \pm 1,1$ ; min. = 0; máx. = 4). Por último, as espécies que foram menos abundantes foram *D. cimex* (0,1%; n = 3; média =  $0,1 \pm 0,5$ ; min. = 0; máx. = 3) e *M. tuberculata* com apenas (0,04%; n = 1; média =  $0,03 \pm 0,2$ ; min. = 0; máx. = 1) (Figura 4D).

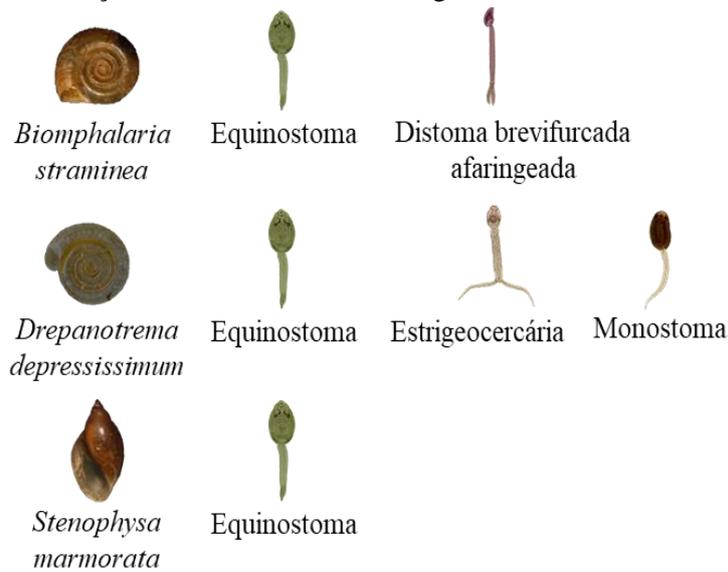
**Figura 4** – Moluscos coletados nas macrófitas que ocorrem no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. A: Abundância por ponto; B: Abundância por mês; C: Riqueza por ponto; D: Abundância por espécie. B.s: *Biomphalaria straminea*; D.c: *Drepanotrema cimex*; D.d: *Drepanotrema depressissimum*; D.l: *Drepanotrema lucidum*; M.t: *Melanoides tuberculata*; P.c: *Pomacea canaliculata*; S.m: *Stenophysa marmorata*; O.sp: *Omalonyx* sp. Imagens dos animais sem escala



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023).

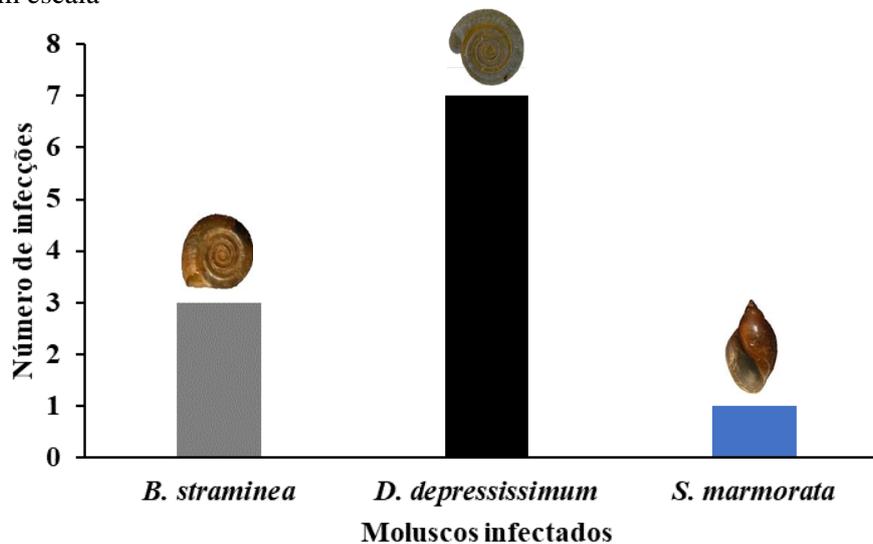
Sobre os moluscos parasitados, das oito espécies, somente três apresentaram parasitas: *B. straminea*, *D. depressissimum* e *S. marmorata*. Ao todo, os caramujos infectados apresentaram uma riqueza de quatro tipos cercarianos. São eles: Equinostoma, Distoma brevifurcada afaringeada, Estrigeocercária e Monostoma (Figura 5). A espécie com maior ocorrência de parasitismo foi *D. depressissimum*, representando 63% das infecções (n = 7), seguido da espécie *B. straminea* com 27% (n = 3) e, por fim, *S. marmorata*, com 9% (n = 1) (Figura 6).

**Figura 5** – Espécies de moluscos coletados no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022, que se apresentaram parasitados por trematódeos e as cercárias responsáveis pelas infecções de cada uma delas. Imagens dos animais sem escala



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 6** – Número de infecções por espécie de molusco associada às macrófitas, coletadas no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. Imagens dos animais sem escala

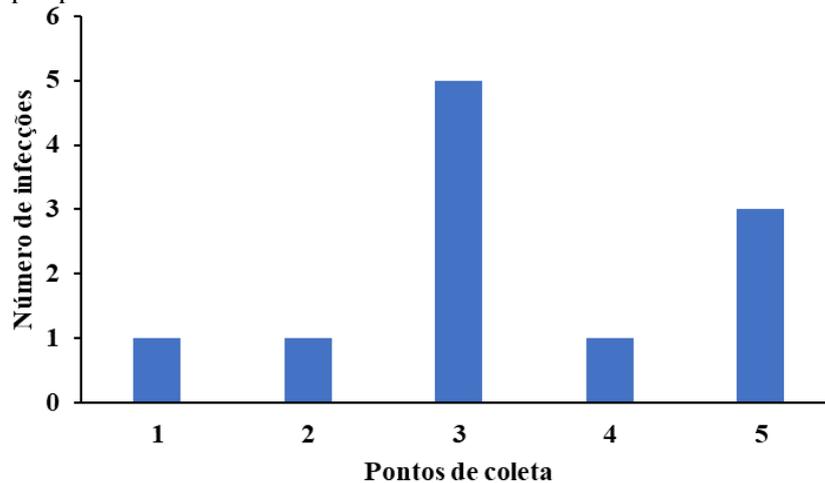


**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

Em todos os pontos das coletas foram registrados animais parasitados por trematódeos, porém destaca-se o Ponto 3 no mês de junho de 2022 que apresentou cinco das onze infecções detectadas, em seguida tem-se o Ponto 5, com três infecções e os pontos 1, 2 e 4, com somente uma infecção cada (Figura 7). Foi no Ponto 3, também no mês de junho de 2022, que se observou a maior taxa de infecção (33%), sendo ela ocorrida

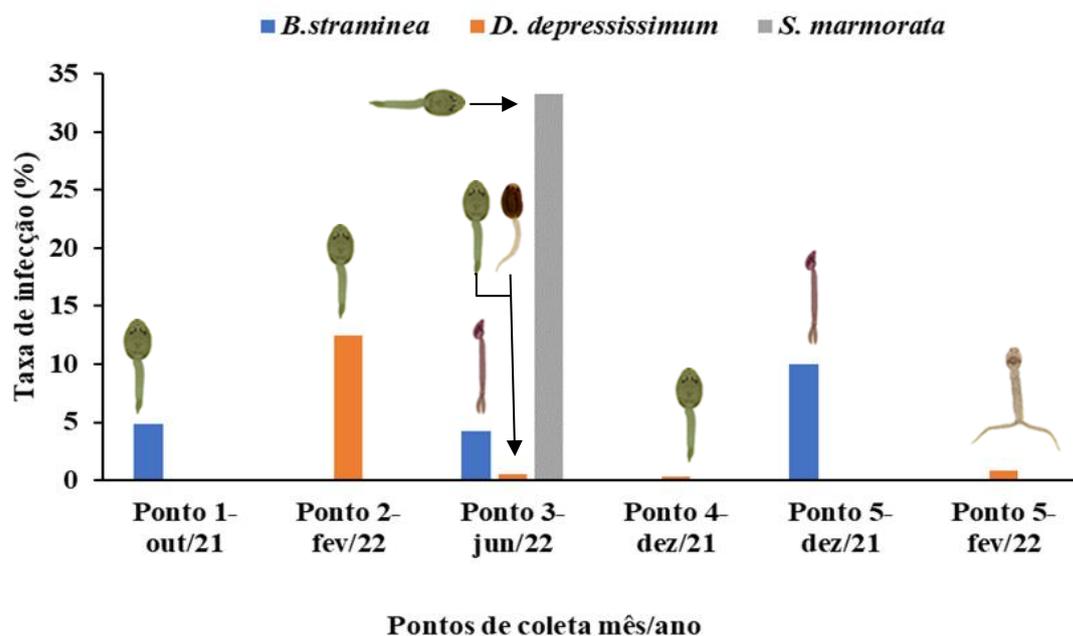
na espécie *S. marmorata* pelo tipo cercariano Equinostoma. A segunda maior taxa de infecção (12,5%) foi registrada no Ponto 2 no mês de fevereiro de 2022. A espécie de molusco envolvida nessa interação foi a *D. depressissimum* infectada por Equinostoma. E a terceira taxa de infecção mais representativa foi a do Ponto 5, no mês de dezembro de 2021, de *B. straminea* por *Distoma brevifurcata* afaeringeada (10%) (Figura 8).

**Figura 7** – Número total de infecções por trematódeos em moluscos associados às macrófitas do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, amostradas entre outubro de 2021 e agosto de 2022, discriminado por ponto de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 8** – Taxa de infecção por trematódeos identificada em moluscos associados às macrófitas, do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, amostradas entre outubro de 2021 e agosto de 2022, discriminada por ponto de coleta e mês de coleta



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Durante a pesquisa foram coletadas macrófitas de sete famílias: Araceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Onagraceae, Poaceae, Pontederiaceae e Salviniaceae. Dentro dessas famílias foram identificadas 12 espécies de 10 gêneros: *Commelina erecta* L., (C.B. Clarke) J. K. Morton., 1967, *Ipomoea asarifolia* (Desr.) Roem. & Schult., 1819, *Lemna aequinoctialis* (Welw., 1859), *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara, 1953, *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) P. H. Raven, 1962, *Paspalidium geminatum*, (Forssk.) Stapf., 1920, *Paspalidium paludivagum* (Hitchc. & Chase) Parodi, 1939 *Paspalum* sp., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883, *Pistia stratiotes* (L., 1753), *Salvinia auriculata* Aubl., 1775 e *Wolffia* sp.

## 5.2 Moluscos associados ao sedimento

Com relação ao sedimento, foi capturado um total de 224 indivíduos (média = 7,5 ± 21,3; min. = 0; máx. = 114). Assim como para as macrófitas, o Ponto 4 se destacou quanto ao maior número de moluscos coletados (n = 139; média = 23,2 ± 44,9; min. = 0; máx. = 114), seguido do Ponto 5 (n = 69; média = 11,5 ± 11,9; min. = 1; máx. = 27) e Ponto 2 (n = 8; média = 1,3 ± 2,3; min. = 0; máx. = 6). Os demais pontos apresentaram quantidades inferiores a dez indivíduos (Figura 9A).

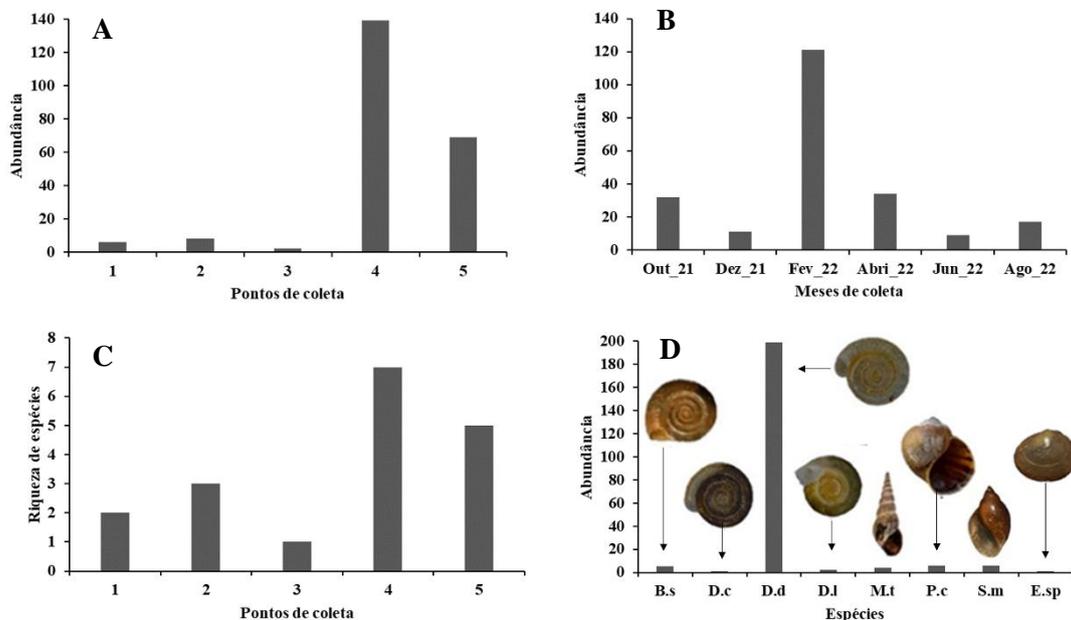
No mês de fevereiro de 2022 foram coletados mais de 50% do total de moluscos (n = 121; média = 24,2 ± 30,3; min. = 0; máx. = 114). Os meses de abril de 2022 (n = 34; média = 6,8 ± 11; min. = 0; máx. = 26) e outubro de 2021 (n = 32; média = 6,4 ± 11,6; min. = 0; máx. = 27) apresentaram abundâncias próximas. E os meses de dezembro de 2021 (n = 11; média = 2,2 ± 2,9; min. = 0; máx. = 7) e junho de 2022 (n = 9; média = 1,8 ± 1,9; min. = 0; máx. = 5) foram os meses com as menores abundâncias (Figura 9B). Assim como os moluscos associados às macrófitas, os do sedimento apresentaram uma maior abundância no período chuvoso (n = 166; 74,1%), sendo quase três vezes maior do que a abundância registrada na seca (n = 58; 25,9%). Mesmo com a expressiva diferença nas abundâncias, a riqueza também se manteve constante nas duas estações (n = 7).

A riqueza de espécies de moluscos associados ao sedimento foi semelhante à de moluscos associados à macrófita, também com oito espécies. *Biomphalaria straminea*, *D. cimex*, *D. depressissimum* e *D. lucidum*; *M. tuberculata*; *P. canaliculata* e *S. marmorata*, que também foram coletadas nas macrófitas, foram obtidas no sedimento, com apenas *Eupera* sp. (Sphaeriidae) sendo exclusiva desse último substrato e a única espécie da classe Bivalvia coletada durante a pesquisa.

O Ponto 4 foi o que mais se destacou no quesito riqueza (n = 7), seguido do Ponto 5 (n = 5), Ponto 2 (n = 3), Ponto 1 (n = 2) e o Ponto 3 (n = 1) (Figura 9C). A espécie *D. depressissimum* (n = 199; média =  $6,6 \pm 20,3$ ; min. = 0; máx. = 109) se destacou com quase 90% da abundância total. As demais espécies apresentaram as seguintes abundâncias: *S. marmorata* (n = 6; 2,7%; média =  $0,2 \pm 0,6$ ; min. = 0; máx. = 2), *P. canaliculata* (n = 6; 2,7%; média =  $0,2 \pm 0,7$ ; min. = 0; máx. = 3), *B. straminea* (n = 5; 2,2%; média =  $0,2 \pm 0,7$ ; min. = 0; máx. = 4), *M. tuberculata* (n = 4; 1,8%; média =  $0,1 \pm 0,4$ ; min. = 0; máx. = 2), *D. lucidum* (n = 2; 0,9%; média =  $0,1 \pm 0,4$ ; min. = 0; máx. = 2), *D. cimex* (n = 1; 0,4%; média =  $0,03 \pm 0,2$ ; min. = 0; máx. = 1) e *Eupera* sp. (n = 1; 0,4%; média =  $0,03 \pm 0,2$ ; min. = 0; máx. = 1) (Figura 9D).

Dos moluscos coletados no sedimento, somente um apresentou infecção por trematódeo: *M. tuberculata*, capturado no Ponto 4, mês de outubro de 2021. A taxa de infecção foi de 50% e o tipo cercariano identificado foi a Xifiodeocercária.

**Figura 9** – Moluscos coletados no sedimento do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022. A: Abundância por ponto; B: Abundância por mês; C: Riqueza por ponto; D: Abundância por espécie. B.s: *Biomphalaria straminea*; D.c: *Drepanotrema cimex*; D.d: *Drepanotrema depressissimum*; D.l: *Drepanotrema lucidum*; M.t: *Melanoides tuberculata*; P.c: *Pomacea canaliculata*; S.m: *Stenophysa marmorata*; E.sp: *Eupera* sp. Imagens dos animais sem escala.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 5.3 Fatores abióticos

Como as coletas dos moluscos associados às macrófitas e ao sedimento foram feitas simultaneamente, alguns dados abióticos são semelhantes ou totalmente iguais, como é o caso da precipitação média que variou de 0,04 mm a 5,2 mm (média =  $2,5 \pm 1,9$ ). Os meses que apresentaram as menores médias de precipitação foram: outubro de 2021 ( $n = 0,04$  mm) e agosto de 2022 ( $n = 0,2$  mm). Já os meses de abril de 2022 ( $n = 5,2$  mm) e fevereiro do mesmo ano ( $n = 3,7$  mm) apresentaram as maiores médias de precipitação durante a pesquisa. Esses resultados vão de encontro com o que foi exposto por Carvalho *et al.* (2020), que demonstram em seus resultados que na região de Picos, os meses de dezembro a maio representam o período chuvoso na região e junho a novembro o período de seca.

O pH dos pontos de coletas das macrófitas variou de 6 a 10, demonstrando ambientes que variam do ácido, passando pelo neutro e chegando a alcalinos. Das trinta medições feitas entre os diferentes pontos e meses de coleta, obteve-se um pH médio de  $7,7 (\pm 0,8; \text{min.} = 6; \text{máx.} = 10,1)$ . Os pontos que mais se destacaram na medição de pH foram: o Ponto 4 no mês de abril 2022, com pH 6, sendo a única vez que se constatou um ambiente ácido durante o período de pesquisa; já os pontos 3 e 4, ambos no mês de dezembro, foram os únicos a apresentarem pH 7, evidenciando um ambiente neutro. Os pontos 4 e 5, no mês de fevereiro de 2022, apresentaram pH 9,6 e 10, respectivamente, representando os ambientes mais alcalinos. Já o pH registrado durante as coletas dos moluscos associados ao sedimento variou de 6,8 a 10 (média =  $7,8; \pm 0,7$ ). Nos pontos de coleta as médias se apresentaram da seguinte maneira: os pontos 4 e 5 com pH médio de 8,2; Ponto 2, com 7,7, e os pontos com 1 e 3, com pH 7,5.

A profundidade da coluna de água nos pontos em que as macrófitas foram coletadas variou de 14 cm, em junho de 2022, à 76 cm em agosto do mesmo ano (média =  $40,1 \pm 19,4$ ). Considerando os pontos de coleta, o Ponto 5 apresentou a maior média de profundidade (média =  $65,6 \pm 9,9; \text{min.} = 54; \text{máx.} = 76$ ), seguido do Ponto 4 (média =  $48,3 \pm 15,2; \text{min.} = 24; \text{máx.} = 69$ ), Ponto 2 (média =  $34,6 \pm 10,9; \text{min.} = 21,3; \text{máx.} = 52$ ), Ponto 3 (média =  $28,2 \pm 9,3; \text{min.} = 18; \text{máx.} = 39$ ) e Ponto 1 (média =  $23,7 \pm 16; \text{min.} = 14; \text{máx.} = 56$ ).

Para os pontos onde o sedimento foi amostrado, a profundidade média do corpo d'água registrada durante a pesquisa variou de 11 cm em outubro de 2022 a 85 cm em abril de 2022 (média =  $40,3 \pm 20$ ). A maior média de profundidade foi obtida no Ponto 5

(média =  $63,6 \pm 9,3$ ; min. = 54; máx. = 76), seguida do Ponto 4 (média =  $51,8 \pm 23,9$ ; min. = 24; máx. = 85), Ponto 2 (média =  $34,4 \pm 10,6$ ; min. = 21,3; máx. = 51), Ponto 3 (média =  $30,7 \pm 7$ ; min. = 22; máx. = 39) e, por último, Ponto 1 (média =  $21,2 \pm 9,9$ ; min. = 11; máx. = 36).

A temperatura da água dos pontos, tanto em que as macrófitas como o sedimento foram amostrados, variou de  $23,2^{\circ}\text{C}$  em agosto de 2023 a  $30^{\circ}\text{C}$  em outubro de 2022. Para as macrófitas, o Ponto 2 apresentou a maior média de temperatura da água durante as coletas (média =  $27,3 \pm 1,6$ ; min. = 54; máx. = 76), seguido pelo Ponto 1 (média =  $27 \pm 1,8$ ; min. = 25,1; máx. = 29,1). Para o sedimento, esse padrão foi alternado: o Ponto 1 foi o que apresentou a temperatura média da água mais elevada (média =  $27,3 \pm 1,8$ ; min. = 25,3; máx. = 30,1), seguido do Ponto 2 (média =  $27,2 \pm 1,7$ ; min. = 25,4; máx. = 30). Para os demais pontos a média não diferiu representativamente, variando de aproximadamente  $27^{\circ}\text{C}$  para o Ponto 3 e  $26^{\circ}\text{C}$  para os pontos 4 e 5.

#### 5.4 Análises estatísticas

Na ANOVA de duas vias ficou claro que apenas o substrato desempenhou um papel significativo tanto na abundância ( $p < 0,05$ ) quanto na riqueza ( $p < 0,05$ ) de espécies (Tabela 1). A PERMANOVA mostrou também que apenas o substrato contribuiu para a dissimilaridade da comunidade com base na abundância individual das espécies ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). Apesar de não significativa, a análise SIMPER permitiu identificar que as espécies *D. depressissimum* (26%) e *B. straminea* (17%) foram as principais contribuintes para a dissimilaridade observada, enquanto as demais não contribuíram com valores superiores a 12,5%.

**Tabela 1** – Resultado da ANOVA Two-Way para diferenças na abundância e riqueza de moluscos coletados no Rio Guaribas, Picos, Piauí entre as estações e substratos e a interação entre esses fatores. As diferenças são consideradas significativas se  $p \leq 0,05$ . DF: graus de liberdade; F: estatística F; MS: quadrados médios; P: valor de p; SS: somas dos quadrados.

Parâmetro	Fator	SS	DF	MS	F	P
Abundância	Estação	4,9	1	4,89	0,598	0,442
	Substrato	84,0	1	84,24	10,294	0,002
	Interação Estação X Substrato	0,1	1	0,12	0,014	0,905
	Resíduos	458,2	56	8,18	-	-
Riqueza	Estação	0,02	1	0,02	0,006	0,937
	Substrato	36,82	1	36,82	13,624	0,0005
	Interação Estação X Substrato	0,02	1	0,02	0,006	0,937
	Resíduos	151,33	56	2,70	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

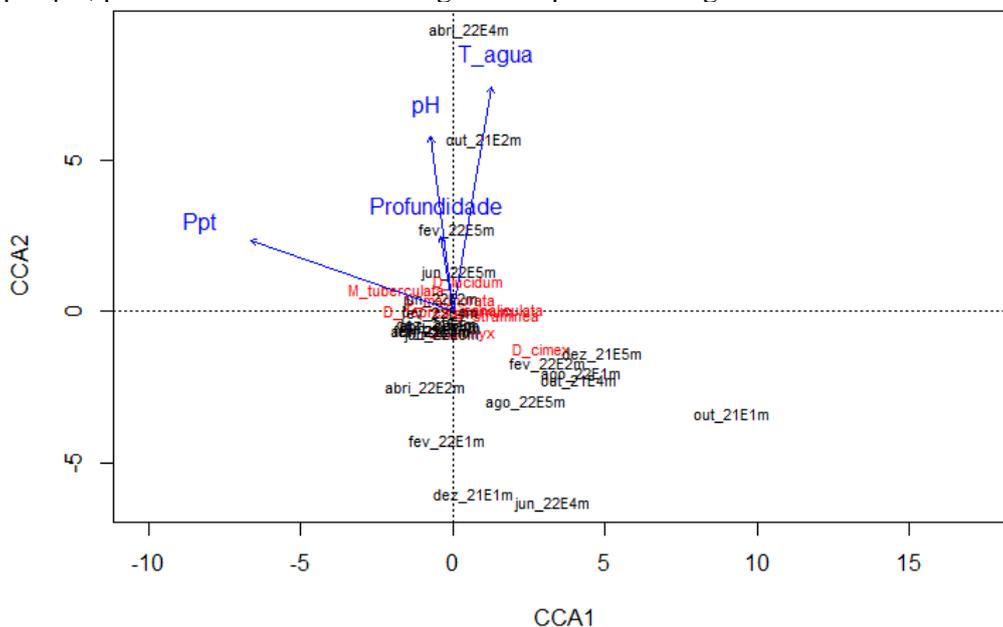
**Tabela 2** – Resultado da PERMANOVA para dissimilaridade, baseada na abundância das espécies da comunidade moluscos coletados no Rio Guaribas, Picos, Piauí entre as estações e substratos e a interação entre esses fatores. As diferenças são consideradas significativas se  $p \leq 0,05$ . DF: graus de liberdade; F: estatística F; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação; P: valor de p; SS: somas dos quadrados.

Fator	SS	DF	R <sup>2</sup>	F	P
Estação	0,009	1	0,001	0,0570	0,989
Substrato	0,459	1	0,073	2,8674	0,018
Interação Estação X Substrato	0,208	1	0,033	1,3019	0,284
Resíduos	5,610	35	0,892		
Total		38	1,000		

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023).

A CCA mostrou que as variáveis abióticas conseguiram explicar 29,6% da variação na abundância da comunidade de macrófitas (Figura 10) e 22,3% na comunidade do sedimento (Figura 11). No entanto, os quatro primeiros eixos não foram significativos para os dois substratos analisados ( $p > 0,05$ ). Isso permite sugerir que outros fatores não considerados nas análises podem influenciar a variação da abundância da comunidade.

**Figura 10** – Representação gráfica da análise de correspondência canônica (CCA) entre a abundância das espécies de moluscos associados às macrófitas coletados no Rio Guaribas, município de Picos, Piauí, entre outubro de 2021 e agosto de 2022 e os fatores abióticos: pH, precipitação, profundidade da coluna de água e temperatura da água.



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023).



## 6 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies de moluscos límnicos presente no Rio Guaribas para os dois tipos de substratos, macrófitas e sedimento, foi semelhante à riqueza já observada por Leal *et al.* (2021) em monitoramento realizado no mesmo ambiente. Segundo Kotzian e Amaral (2013), se comparada a outras regiões do Brasil, essa riqueza se mostra baixa, porém isso já é esperado para a região semiárida.

Embora a influência da sazonalidade na riqueza e abundância de moluscos do Rio Guaribas não tenha sido considerada significativa por nenhuma das análises estatísticas, a estação chuvosa merece destaque pois foi marcada pelo maior número de indivíduos, tanto associados às macrófitas como ao sedimento, enquanto a riqueza não mostrou variação entre os períodos seco e chuvoso avaliados. Essa maior abundância de moluscos coletados no período chuvoso corrobora com as pesquisas de Hernández *et al.*, (2015) e Houelome *et al.*, (2017) que evidenciam em seus resultados um aumento na captura de moluscos durante o período chuvoso mostrando assim que, apesar das análises não terem demonstrado significância, é importante destacar que a observação consistente desse padrão sugere a necessidade de uma investigação mais aprofundada em estudos futuros.

Os fatores abióticos mensurados nessa pesquisa são comumente usados em outros estudos com moluscos límnicos e por isso foram selecionados. No entanto, apenas o substrato influenciou significativamente as variações de riqueza e abundância dentro da comunidade desses animais. O destaque observado para as plantas aquáticas provavelmente está ligado à importância delas para os macroinvertebrados em geral, dada a série de vantagens que proporcionam, tais como abrigo e fonte de alimento (Hootsmans; Vermaat, 1985; Esteves; Camargo, 1986; Blanco-Belmonte; Neiff; Poi, 1998; Abílio *et al.*, 2007; Martello *et al.* 2008; Maltcnick *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Esteves, 2011; Barth; Martello, 2017).

Os moluscos associados às macrófitas se destacaram também em número de ocorrência de parasitismo. Ao favorecerem os moluscos, as macrófitas acabam contribuindo com a continuidade do ciclo biológico dos parasitos, pois servem de abrigo e alimento para outros hospedeiros, como artrópodes, peixes, anfíbios, répteis e aves, o que facilita sua transmissão (Abílio *et al.*, 2006; Haggerty *et al.*, 2020).

Outro fator abiótico mensurado na pesquisa que merece destaque é o pH que, apesar das médias dos períodos de seca e de chuva terem sido próximas, uma análise individual revelou uma leve tendência à maior abundância e riqueza de moluscos quando

observada maiores valores de pH, apesar do resultado da CCA não mostrar significância para essa variável. O pH da água é considerado um fator importante para as comunidades de moluscos, pois está associado a maiores abundâncias e diversidade de plantas e detritos, recursos importantes para os moluscos (Hoverman *et al.*, 2011).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o estudo tenha permitido fazer algumas inferências a partir dos dados coletados, ressaltou-se que, nas análises realizadas, apenas a variável substrato demonstrou ser responsável por explicar as variações na comunidade de moluscos na área pesquisada. A identificação de variáveis abióticas significativamente correlacionadas com a composição da comunidade local não foi possível. Esses resultados enfatizam a importância da aplicação de testes estatísticos para compreender os agentes que estão envolvidos nas variações nas comunidades de moluscos, proporcionando resultados mais robustos sobre a ecologia desse grupo.

Como previamente discutido, os fatores examinados neste estudo são amplamente utilizados em diversas pesquisas científicas como tentativas de explicar os padrões de abundância e diversidade de moluscos. Contudo, muitos desses estudos frequentemente limitam-se a interpretações simplistas que nem sempre conseguem captar a verdadeira complexidade das interações entre essas variáveis e os animais.

Nesse contexto, o presente estudo representa um passo significativo em direção ao entendimento das relações entre os moluscos e o ambiente da seção do Rio Guaribas investigada. No entanto, é importante continuar essa investigação para atingir uma compreensão mais completa do funcionamento da comunidade de moluscos nessa região.

## REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P.; ALAÍDE A. F. G.; ROMUALDO L. L.; THIAGO L. M. Ruffo. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semiárido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. Supl., n. 1, p. 165-178, 2006.
- ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 397-409, 2007.
- ARAÚJO, E. S. SABINO, J. H. F.; COTARELLI, V. M.; FILHO, J. A. S.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**, v. 32, n. 1, p. 229-234, 2012.
- BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, P. J. W.; GOLDING, D. W.; SPICER, J. I. **Os invertebrados: uma síntese**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 504p.
- BARTH, J. M.; MARTELLO, A. R. Malacofauna associada à macrófita *Pistia stratiotes* (Araceae) em área de inundação do Rio Pintado, Bacia Hidrográfica do Iguaçu. **Multiciência Online**, v. 2, n. 4, p. 1-14, out. 2017.
- BAZZANTI, M.; COCCIA, C.; DOWGIALLO, M. G. Microdistribution of macroinvertebrates in a temporary pond of Central Italy: taxonomic and functional analyses. **Limnologia**, v. 40, n. 4, p. 291-299, 2010.
- BLANCO-BELMONTE, L.; NEIFF, J. J.; POI, A. G. Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco (Venezuela) and Paraná (Argentina). **Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen**, v. 26, n. 4 p. 2030-2034, 1998.
- BOGAN, A. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 139-147, 2008.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*): Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento no Brasil**. Brasília: MMA. 2020. 149 p.
- BRASIL. **Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde/Departamento de Vigilância Epidemiológica, 2008. 178p.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W. SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- CAMARGO, P. R. S.; BARREIROS, L. F. G.; BARBOSA, N. P. U.; CARDOSO, A. V.; ASSIS, P. S.; PELI, A. Estado atual de conhecimento das principais características

dos moluscos. 2021. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p. 40950-40963, abr. 2021.

CARVALHO, M. W.; CORTEZ, C. T.; SILVA, A. C.; SILVA, G. S. F. Caracterização da precipitação e sua relação com a evapotranspiração de referência em municípios do Piauí. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. e14-e14, 2020.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE MARINHA DO NORDESTE - CEPENE - DIVULGAÇÃO. **Avaliação do Risco de Extinção dos Bivalves de Água Doce**. 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepene/divulgacao.html>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CHAGAS, R. A; HERRMANN, M. Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e subtropicais: recomendação para um método padronizado. **Acta Fish**, v. 4, n. 2, p. 28-38, 2016.

DANTAS, K. K. S. **Ecologia de caramujos (Mollusca: Gastropoda) do Rio Guaribas, município de Picos, Piauí**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2021.

DIBBLE, E. D.; THOMAZ, S. M. Use of fractal dimension to assess habitat complexity and its influence on dominant invertebrates inhabiting tropical and temperate macrophytes. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 24, n. 1, p. 93-102, 2009.

DRÜGG-HAHN, S.; LOPES-PITONI, V. L.; CUNHA, F. B.; CARVALHO, A. P. Moluscos límnicos. Biodiversidade. *In*: BECKER, F. G.; RAMOS, R. A.; MOURA, L. A. **Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Cap. 18, p. 252-261.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro. Interciência, 1998. 227 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 2011. 826p.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasilica**. v. 1, p. 273-298, 1986.

GU J.; LI K.; JEPPESEN E.; HAN Y. Q.; JIN H.; HE H.; NING X. Y. Using Freshwater Bivalves (*Corbicula fluminea*) to Alleviate Harmful Effects of Small-Sized Crucian Carp (*Carassius carassius*) on Growth of Submerged Macrophytes during Lake Restoration by Biomanipulation. **Water**; v. 12, n.11, p. 3161, 2020.

HAGGERTY, C. J. E. Aquatic macrophytes and macroinvertebrate predators affect densities of snail hosts and local production of schistosome cercariae that cause human schistosomiasis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v.14, n. 7, 2020.

HASZPRUNAR, G.; WANNINGER, A. Molluscs. **Current Biology**, v. 22, n. 13, p. R510-R514, 2012.

HERNÁNDEZ, S. V. M.; RUÍZ, L. J. R.; AGUILAR, J. G.; CRUZ, J. A. A. L.; MORENO, J. M.; MORALES, M. G.; GARCÍA, S. A.; LÓPEZ, R. M. P.; FIGUEROA, C. J. P.; CAMPILLO, L. G. Riqueza de Moluscos Acuáticos en la Cuenca Hidrológica Río Grijalva-Villahermosa y Río Tonalá, Lagunas del Carmen-Machona en Tabasco, México. **Hidrobiológica** v.25 n. 2, p. 239-247, 2015.

HOOTSMANS, M. J. M.; VERMAAT, J. E. The effect of periphyton-grazing by three epifaunal species on the growth of *zostera marina*, l. under experimental conditions. **Aquatic Botany**, v. 22, n. 1, p. 83-88, 1985.

HOUELOME, T. M. A.; ADANDEDJAN D.; CHIKOU, A.; TOKO, I. I.; KOUDENOUKPO C.; BONOU, C.; YOUSAO, I.; LALEYE, P. Inventory and faunistic characteristics of the macroinvertebrates of the Alibori River in the cotton basin of Benin, **International Journal of Innovation and Applied Studies**, vol. 21, n. 3, p. 433-448, 2017.

HOVERMAN, J. T., DAVIS, C. J., WERNER, E. E., SKELLY, D. K., RELYEA, R. A. & K. L. YUREWICZ. Environmental gradients and the structure of freshwater snail communities. **Ecography**, v. 34, n. 6, p. 1049-1058, 2011.

KOTZIAN, C. B.; AMARAL, A. M. B. Diversity and distribution of mollusks along the Contas River in a tropical semiarid region (Caatinga), Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v.13, n. 4, p. 299-314, 2013.

LEAL, M. F. **Moluscos límnicos do semiárido e nordeste brasileiros: conhecimentos atuais, estrutura e dinâmica das comunidades de dois rios intermitentes piauienses**. 2022. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p. 16. 2022.

LEAL, M. F.; SIMONE, L. R. L.; CASTRO, E. S.; SANTOS, O. D.; SILVA, A. R. V. D.; DANTAS, K. K. S.; SOUSA, J. H. D.; SILVA, E. L. D.; PINHEIRO, T. G.; LACERDA, A. C. F. Malacofauna of lotic environments in the Northeast and Brazilian semiarid region: current knowledge and new records. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021.

LYDEARD, C; CUMMINGS, K. S. (Ed.). **Freshwater mollusks of the world: a distribution atlas**. 1. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2019, 255 p.

MALTCHIK, L.; STENERT, C.; SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Diversity and Distribution of Ephemeroptera and Trichoptera in Southern Brazil Wetland. **Journal of the Kansas Entomologia Society**, v. 82, n. 2, p. 160-173, 2009.

MARTELLO, A. R.; NUNES, I. G. W.; BOELTER, R. A.; LEAL, L. A. Malacofauna Límnica Associada à Macrófitas Aquáticas. **Ciência e Natura**, p. 27-41, 2008.

MIRANDA, G. S. RODRIGUES, J. G. M.; LIRA, M. G. S.; NOGUEIRA, R. A.; GOMES, G. C. C.; MIRANDA, B. S; ARAÚJO, A. D; SILVA-SOUZA, N. Moluscos

límnicos como hospedeiros de trematódeos digenéticos de uma região metropolitana da ilha do Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, v.12, p.1-11, 2016.

MIYAHIRA, I. C.; MANSUR, C.M. C.; LACERDA, E. M. Protected áreas and native freshwater bivalves are not in the same place in south-east Brazil. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 33, n. 1, p. 102-114, 2023.

MOLLUSCABASE (Eds.). **MolluscaBase**. 2023. Disponível em: <http://www.molluscabase.org>. Acesso em: 03 jan. 2024.

NAKAMURA, K; SOUSA, R; MESQUITA-JOANES, F. Collapse of native freshwater mussel populations: Prospects of a long-term study. **Biological Conservation**, v. 279, p. 109931, 2023.

OHLWEILER, F.P.; ROSSIGNOLI T. J. Biodiversidade das *Biomphalaria* (Mollusca, Planorbidae) na região metropolitana de São Paulo como complemento à carta planorbídica do estado de São Paulo. *In*: BRASIL. **Boletim Epidemiológico Paulista – BEPA**. v. 13, n. 152, p. 1-17, 2016.

OLIVEIRA, L. S.; CAJADO, R. A.; SANTOS, L. R. B.; SUZUKI, M. A. L.; ZACARDI, D. M. Bancos de macrófitas aquáticas como locais de desenvolvimento das fases iniciais de peixes em várzea do Baixo Amazonas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 644-660, 2020.

RICHTER, K. C. **Interações macrófitas-invertebrados aquáticos: rede de interação e variação temporal**. 2022. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais e Sustentabilidade). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

ROCHA, C. M. C.; ROCHA, C. M. C.; LIMA, D.; CUNHA, M. C. C.; ALMEIDA, J. S. Aquatic macrophytes and trophic interactions: a scientometric analyses and research perspectives. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, p. 617-624, 2018.

SANTANA, A. C. D., SOUZA, A. H.F. F.; RIBEIRO, L. L.; ABÍLIO, F. J. P. Macroinvertebrados associados à macrófita aquática *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 9, n. 2, p. 32-46, 2009.

STRAYER, D.L. Understanding how nutrient cycles and freshwater mussels (Unionoida) affect one another. **Hydrobiologia**, v. 735, p. 277-292. 2014.

STRONG, E. E.; GARGOMINY, O.; PONDER, W. F; BOUCHET, P. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. Freshwater animal diversity assessment. **Hidrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 149-166, 2008.

TANIGUCHI, H; NAKANO, S; TOKESHI, M. Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 4, p. 718-728, 2003.

THOMAZ, S. M. Ecological factors associated to aquatic macrophyte colonization and growth and management challenges. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-33, 2002.

WETZEL, R. G. **Limnology**: Lake and River Ecosystems. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2001, 1.006 p.



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA NO  
REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL - RI/UFPI**

**1. Identificação do material bibliográfico:**

Tese  Dissertação  Monografia  TCC Artigo  Livro  
 Capítulo de Livro  Material Cartográfico ou Visual  Música  
 Obra de Arte  Partitura  Peça de Teatro  Relatório de pesquisa  
 Comunicação e Conferência  Artigo de periódico  Publicação seriada [  
]Publicação de Anais de Evento

**2. Identificação do Trabalho Científico:**

Curso de Graduação: Licenciatura em educação do Campo/Ciências da Natureza

Programa de pós-graduação: Não se aplica

Outro: \_\_\_\_\_

Autor(a): Lucas Ariel de Sousa Aguiar

E-mail: lucassousa141414@gmail.com

Orientador (a) Profa. Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro

Instituição: Universidade Federal do Piauí - UFPI

Membro da banca: Prof. Dr. Edson Lourenço da Silva

Instituição: Instituto Federal do Piauí - IFPI

Membro da banca: Profa. M. SC. Manuella Feitosa Leal

Instituição: Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Titulação obtida: Graduado em Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza

Data da defesa: 26/01/2024

Título do trabalho: **INTERAÇÃO MOLUSCOS-TREMATÓDEOS-MACRÓFITAS DO RIO  
GUARIBAS, MUNICÍPIO DE PICOS, PIAUÍ, BRASIL**

Agência de fomento (em caso de aluno bolsista): Não se aplica

### 3. Informações de acesso ao documento no formato eletrônico:

Liberação para publicação:

Total: [ X ]

Parcial: [ ]. Em caso de publicação parcial especifique a(s) parte(s) ou o(s) capítulos(s) a serem publicados: \_\_\_\_\_

.....

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Em atendimento ao Artigo 6º da Resolução CEPEX nº 264/2016 de 05 de dezembro de 2016, autorizo a Universidade Federal do Piauí - UFPI, a disponibilizar gratuitamente sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral ou parcial da publicação supracitada, de minha autoria, em meio eletrônico, no Repositório Institucional (RI/UFPI), no formato especificado\* para fins de leitura, impressão e/ou *download* pela *internet*, a título de divulgação da produção científica gerada pela UFPI a partir desta data.

Local: Picos, Piauí Data: 29/01/2024

Assinatura do(a) autor(a):

Lucas Ciril de Sousa Aguiar

\* **Texto** (PDF); **imagem** (JPG ou GIF); **som** (WAV, MPEG, MP3); **Vídeo** (AVI, QT).