



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BRUNO COSTA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES EXÓTICAS *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774)
E *Corbicula largillierti* (PHILIPPI, 1844) NA BIODIVERSIDADE DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO**

CAMPINA GRANDE – PB

2024

BRUNO COSTA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS ESPECIES EXÓTICAS *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774)
E *Corbicula largillierti* (PHILIPPI, 1844) NA BIODIVERSIDADE DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia.

Orientador: Profa. Dra. Joseline Molozzi

Coorientador: Me. Érica Luana Ferreira Álvaro

CAMPINA GRANDE

18/11/2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586i Silva, Bruno Costa da.
Influência das espécies exóticas *Melanoides Tuberculata*
(...) [manuscrito] / Bruno Costa da Silva. - 2024.
23 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Joseline Molozzi, Departamento de Biologia - CCBS".

"Coorientação: Prof. Ma. Érica Luana Ferreira Álvaro, Departamento de Biologia - CCBS".

1. Macro bentos. 2. Diversidade. 3. Espécie invasora. 4. Ecossistemas lênticos. I. Título

21. ed. CDD 577

BRUNO COSTA DA SILVA

INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES EXÓTICAS *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774)
E *Corbicula largillierti* (PHILIPPI, 1844) NA BIODIVERSIDADE DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado à Coordenação do Curso de
Ciências Biológicas da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 18/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joseline Molozzi** (**.443.470-**), em **04/12/2024 17:10:28** com chave **cea57a9cb27b11ef8d731a1c3150b54b**.
- **Jose Etham de Lucena Barbosa** (**.666.494-**), em **05/12/2024 10:54:07** com chave **6532728cb31011efae461a1c3150b54b**.
- **Carlinda Raily Medeiros Rodrigues** (**.712.054-**), em **05/12/2024 14:04:23** com chave **f9cc16ccb32a11ef95e52618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 06/12/2024

Código de Autenticação: d77b95



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	8
2.1 Área de estudo	8
2.2 Desenho amostral	10
2.3 Macroinvertebrados bentônicos	10
2.4 Medidas de diversidade	10
2.5 Análise estatística	11
3 RESULTADOS	12
4 DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16
APÊNDICE A - LISTA DE ESPÉCIES UTILIZADAS NO ESTUDO	20

**INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES EXÓTICAS *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774)
E *Corbicula largillierti* (PHILIPPI, 1844) NA BIODIVERSIDADE DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Bruno Costa da Silva¹
Érica Luana Ferreira Álvaro²
Joseline Molozzi³

RESUMO

A biodiversidade é crucial para a estabilidade dos ecossistemas, fornecendo serviços essenciais, garantindo resiliência ambiental, contribuindo para a saúde humana e enriquecendo a cultura e o bem-estar. Uma das maiores ameaças a biodiversidade é a introdução de espécies exóticas, pois estas podem competir por recursos com as espécies nativas e alterar toda a dinâmica ecossistêmica. As espécies exóticas *Melanoides tuberculata* e *Corbicula largillierti* são nativas do oriente médio, mas foram encontradas nos reservatórios do semiárido brasileiro, sendo introduzidas por ações antrópicas. Este trabalho tem como objetivo entender se a abundância de macroinvertebrados invasores influencia negativamente a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos. A pesquisa foi realizada no ano de 2023 em quatro reservatórios do semiárido brasileiro, onde foram coletadas amostras de macroinvertebrados bentônicos em 15 pontos diferentes. Foram identificados 28.830 indivíduos, dos quais 69% pertencem às espécies exóticas. Observamos que a presença de espécies exóticas reduz a diversidade total dos ecossistemas, embora algumas espécies nativas continuem a resistir. Além disso, em reservatórios mais impactados, como o de Acauã, as espécies exóticas mostraram uma dominância ainda maior, agravando o status de baixa abundância de espécies nativas.

Palavras-chave: macro bentos; diversidade; espécie invasora; ecossistemas lênticos.

¹Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: bruno.costa.silva@aluno.uepb.edu.br

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: ferreiraericaluana@gmail.com

³Departamento de Ciências Biológicas/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: jmolozzi@servidor.uepb.edu.br

ABSTRACT

The biodiversity is crucial for ecosystem stability, providing essential services, ensuring environmental resilience, contributing to human health, and enriching culture and well-being. One of the greatest threats to biodiversity is the introduction of exotic species, as these can compete with native species for resources and alter the entire ecosystem dynamic. The exotic species *Melanoides tuberculata* and *Corbicula largillierti*, native to the Middle East, have been found in reservoirs of the Brazilian semi-arid region, introduced through anthropogenic actions. This study aims to understand whether the abundance of invasive macroinvertebrates negatively influences the biodiversity of native benthic macroinvertebrates. The research was conducted in 2023 in four reservoirs in the Brazilian semi-arid region, where benthic macroinvertebrate samples were collected at 15 different points. A total of 28,830 individuals were identified, 69% of which belong to exotic species. We observed that the presence of exotic species reduces the overall ecosystem diversity, although some native species continue to resist. Additionally, in more impacted reservoirs, such as Acauã, exotic species showed even greater dominance, further worsening the low abundance status of native species.

Keywords: macro benthos; diversity; invasive species; lentic ecosystems.

¹Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: bruno.costa.silva@aluno.uepb.edu.br

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: ferreiraericaluana@gmail.com

³Departamento de Ciências Biológicas/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: jmolozzi@servidor.uepb.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A diversidade biológica, também conhecida como biodiversidade, abrange a variedade de formas de vida presentes em diferentes ecossistemas e inclui diversidade genética, diversidade de espécies, a diversidade funcional e a diversidade de ecossistemas (Linhares *et al.* 2023). O conceito de biodiversidade é crucial em estudos evolutivos e ecológicos, com as espécies sendo uma unidade central (Kondratyeva *et al.*, 2019). Em ecossistemas lênticos de água doce, a biodiversidade aumenta a resiliência do ecossistema fornecendo serviços como purificação de água, regulação climática e manutenção da integridade da bacia hidrográfica, garantindo benefícios sustentáveis para o bem-estar humano e soluções baseadas na natureza (Lynch *et al.*, 2023).

Apesar de sua importância para os ecossistemas, a biodiversidade pode ser impactada por diversos motivos, sendo os principais a perda de habitat, uso insustentável de recursos, mudanças climáticas, poluição química e a introdução de espécies exóticas (MEA, 2005). A introdução de espécies exóticas invasoras pode desequilibrar os ecossistemas locais, competindo mais eficientemente pelos recursos e alterando o habitat. Isso leva à redução da biodiversidade nativa e compromete a saúde do ecossistema aquático (Harrison *et al.*, 2018).

Em ecossistemas aquáticos, destaca-se a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a qual possui organismos que apresentam um importante papel na ciclagem de matéria e transferência de energia para níveis tróficos superiores (Recalde, Postali & Romero, 2016). A diversidade de espécies de macroinvertebrados bentônicos e as diferenças na tolerância às variáveis ambientais entre os táxons de macroinvertebrados tornam esses organismos bons bioindicadores de impactos humanos (Callisto *et al.*, 2022). Todavia, dentro desta comunidade também foram inseridas espécies exóticas invasoras, que podem alterar as dinâmicas ecológicas locais.

Dentro da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido brasileiro, está presente o molusco invasor *Melanoides tuberculata* (Müller 1774), pertencente à família Thiaridae. É uma espécie originária do leste da África e do sul da Ásia, que apresenta uma alta capacidade reprodutiva e adaptabilidade a várias condições ambientais, permitindo que ela se desenvolva em diversos habitats, incluindo aqueles com substratos arenosos e zonas ribeirinhas degradadas, que são comuns nos sistemas aquáticos brasileiros (Paula *et al.*, 2017). Adiante, outro molusco exótico que foi introduzido na comunidade de macroinvertebrados bentônicos é o bivalve *Corbicula largillierti* (Philippi, 1884) pertencente à família Corbiculidae e é endêmico da China. Esse molusco possui estratégia reprodutiva altamente eficaz; a espécie é predominantemente hermafrodita, permitindo um rápido crescimento populacional sem a necessidade de um parceiro, e pode desovar várias vezes ao longo do ano (Damborenea, 2024).

Na Paraíba, o primeiro registro de *Melanoides tuberculata* foi feito por Paz *et al.*, 1995. Os dados de distribuição mostraram que sua capacidade de ocupar novos ecótopos é bastante elevada, uma vez que foram encontradas cinco populações bem estabelecidas, desde o litoral até o sertão paraibano (Paz, *et al.* 1995). Uma década depois, o bivalve *Corbicula largillierti* foi encontrado por Azevedo *et al.*, 2014 em reservatórios do semiárido nordestino.

Em regiões de clima semiárido, faz-se necessário a construção de reservatórios artificiais para que a população possa lidar com a escassez hídrica, garantindo o armazenamento de água durante os períodos de estiagem, o que é fundamental para o consumo humano, a irrigação agrícola e o uso industrial (Ribeiro Neto *et al.*, 2024). Todavia, os ambientes de reservatório, com a construção de barragens favorecem o estabelecimento das espécies exóticas invasoras (Johnson, 2008). Diante disso, os reservatórios do semiárido brasileiro têm

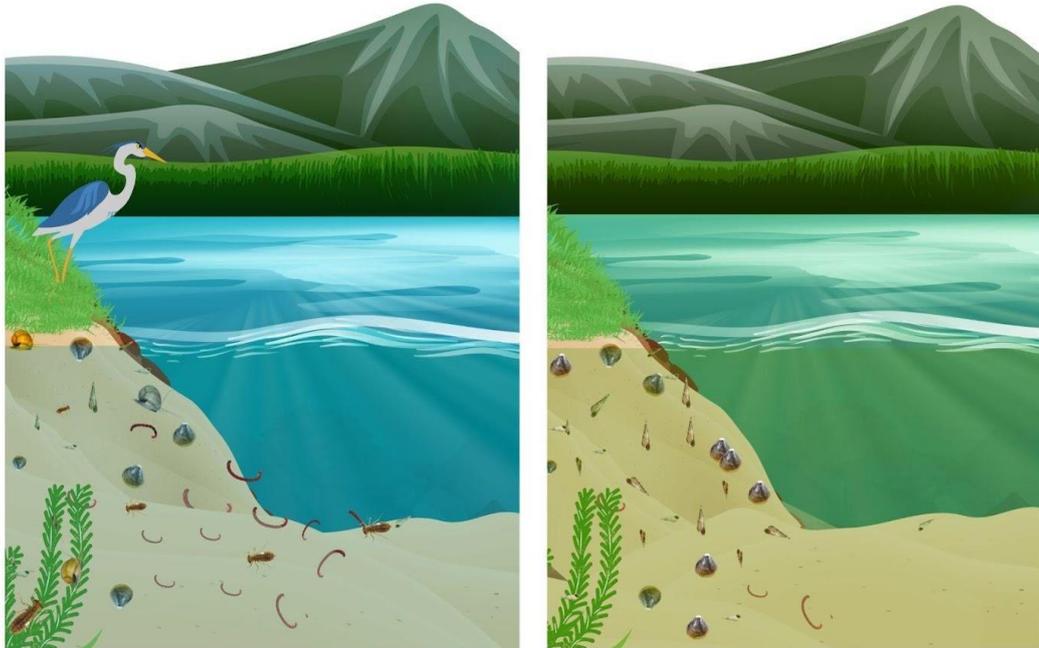
apresentado dominância das espécies exóticas invasoras *Melanoides tuberculata* e *Corbicula largillierti*, os quais são consideradas uma das principais ameaças à biodiversidade nativa (Paiva *et al.*, 2023). A invasão por essas espécies exóticas é considerada uma ameaça principalmente para a biodiversidade da comunidade de macroinvertebrados, competindo com espécies nativas e desencadeando reações abióticas negativas como alteração na qualidade da água e alteração na disponibilidade de nutrientes (Suarez, 2022). Além disso, esses moluscos podem ser hospedeiros de parasitas, representando riscos à saúde humana (Reaser *et al.*, 2007; Franco, 2023).

Além de seu efeito prejudicial sobre a biodiversidade, o moluscos exóticos *Melanoides tuberculata* e *Corbicula largillierti* também têm o potencial de afetar os serviços ecossistêmicos de suporte (Pinto *et al.*, 2023; Szarmach *et al.*, 2024), influenciando nas relações tróficas e a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos ao competir por recursos e alterar o fluxo de energia e nutrientes (Lercari e Bergamino, 2011; Linares *et al.*, 2017; Ferreira-Rodríguez *et al.*, 2018).

Estudos anteriores indicam que a introdução de espécies invasoras representa uma ameaça à diversidade nativa e enfatizam a necessidade de investigações adicionais sobre esse fenômeno na região semiárida (Azevedo *et al.*, 2014). Outros estudos mostram que o molusco *Melanoides tuberculata* está associado a áreas degradadas (Orabi, 2020). Já o *Corbicula largillierti* foi encontrado em locais que apresentavam boas condições (Paiva *et al.*, 2023). Mas nenhum dos achados busca explicar se esses moluscos influenciam a abundância das espécies nativas, demonstrando que existe uma lacuna no conhecimento científico acerca da influência da abundância de moluscos exóticos na biodiversidade de macroinvertebrados nativos em reservatórios. O preenchimento dessa lacuna é fundamental para uma compreensão mais aprofundada sobre a nova dinâmica ecossistêmica inferida pela presença dessas espécies em ecossistemas aquáticos. Tal compreensão pode ajudar no desenvolvimento de estratégias eficazes que visem mitigar os impactos negativos decorrentes dessas mesmas. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da abundância de moluscos exóticos sobre a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos. Para tal, nós testamos a seguinte hipótese: o aumento da abundância de moluscos exóticos resulta na redução da diversidade de macroinvertebrados nativos (Fig. 1).

Figura 1: Hipótese gráfica mostrando que o aumento da abundância de moluscos exóticos resulta na redução da diversidade de macroinvertebrados nativos.

O aumento da abundância de espécies exóticas causa uma diminuição na diversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos



2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada em quatro reservatórios localizados no semiárido nordestino, sendo o reservatório Argemiro Figueiredo (Acauã) ($7^{\circ}26'29''\text{S}$, $35^{\circ}33'39.24''\text{W}$); o reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) ($7^{\circ}31'6''\text{S}$, $36^{\circ}13'6''\text{W}$); o reservatório Poções ($7^{\circ}53'38''\text{S}$, $37^{\circ}0'30''\text{W}$) e o reservatório Sumé ($7^{\circ}29'8''\text{S}$ e $7^{\circ}49'25''\text{S}$ e $37^{\circ}12'20''\text{W}$ e $36^{\circ}53'4''\text{W}$) (Figura 2)(Tabela 1). Os reservatórios Acauã, Boqueirão, Poções e Sumé estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Paraíba, com exceção de Sumé, os demais recebem água da transposição. O Rio Paraíba é um destaque na Região Nordeste do Brasil, onde o clima predominante é o semiárido (Araújo *et al.*, 2024). As temperaturas médias anuais variam entre 23°C e 27°C , evaporação média de 2.000 mm por ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Há um padrão de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, geralmente de março a julho (Oliveira *et al.*, 2022). Essa condição resulta em volumes que variam conforme os períodos de seca (segundo semestre do ano) e o período chuvoso (primeiro semestre do ano) (Oliveira *et al.*, 2022).

Figura 2: Área de estudo do trabalho representando os quatro reservatórios da região semiárida nordestina.

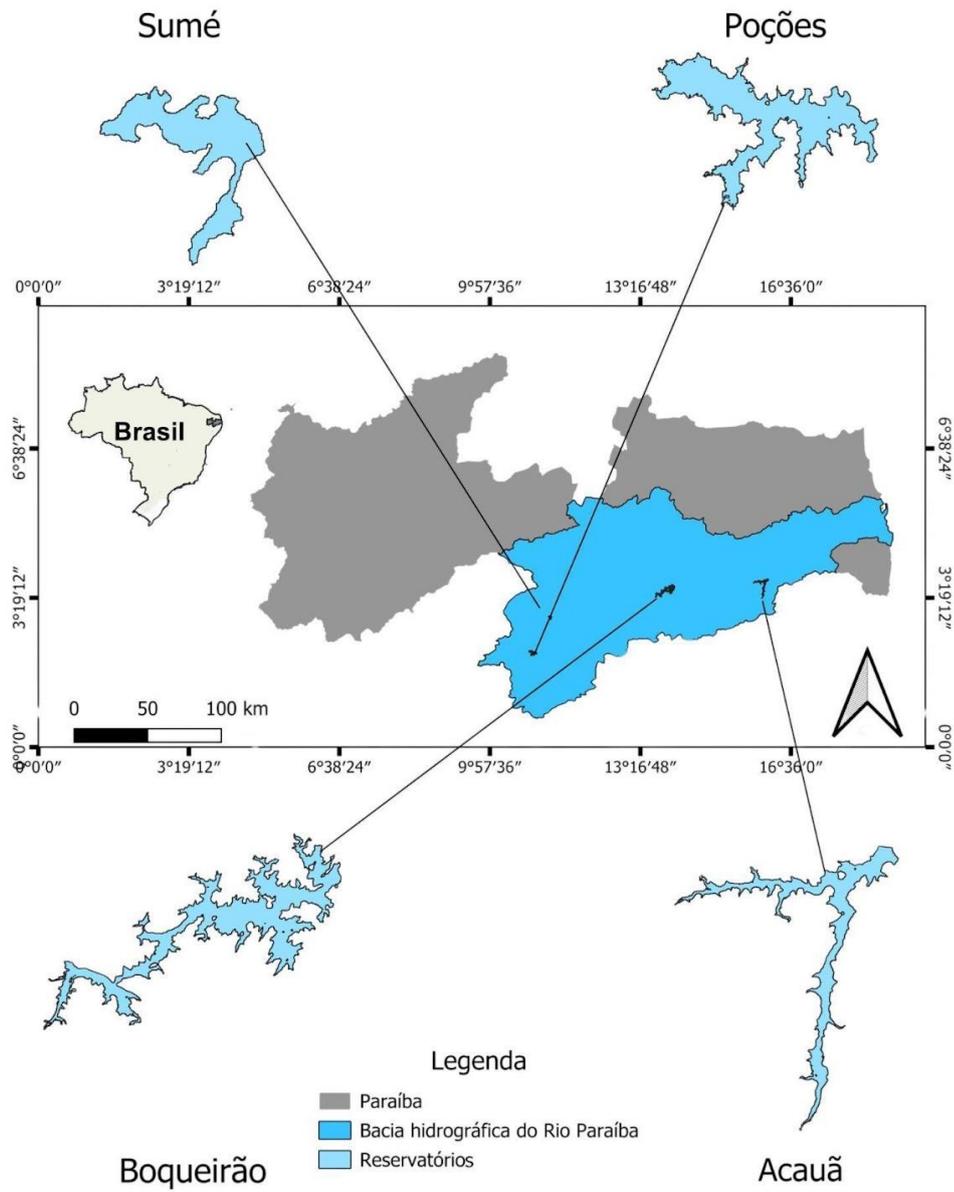


Tabela 1: Características hidrológicas dos reservatórios, incluindo localização na bacia hidrográfica do Rio Paraíba e seus volumes hídricos em relação à capacidade máxima.

Reservatórios	Bacia	Volume Hídrico	Capacidade máxima
Argemiro Figueiredo (Acauã)	Região do Médio Curso do Rio Paraíba	150.317.111	253.142.247
Epitácio Pessoa (Boqueirão)	Região do Alto Curso do Rio Paraíba	176.346.861	466.525.964
Poções	Região do Alto Curso do Rio Paraíba	30.634.974	29.661.562
Sumé	Região do Alto Curso do Rio Paraíba	876.780	44.864.100

Fonte: AESA, 2023

2.2 Desenho amostral

Nosso estudo foi realizado no ano de 2023. Realizamos a amostragem em 15 pontos de coleta em cada reservatório avaliado (Acauã, Boqueirão, Poções e Sumé), distribuídos na região litorânea para garantir a representatividade de toda a área dos reservatórios. Em cada local de amostragem, foram coletadas amostras de macroinvertebrados bentônicos para análise.

2.3 Macroinvertebrados Bentônicos

As amostras de macroinvertebrados bentônicos foram coletadas com o auxílio de uma draga Ekman-Birge (0,0225 m²). In situ as amostras foram fixadas com álcool à 70% e levadas para o laboratório onde o material foi lavado com auxílio de peneiras de malha de 1,0 e 0,5 mm. Posteriormente, o material foi triado com o uso de bandejas iluminadas e os organismos encontrados foram identificados com o uso de chaves taxonômicas específicas até o menor nível taxonômico possível (Fernández and Domínguez, 2001; Mariano, 2007; Mugnai *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2007; Trivinho-strixino and Strixino, 1995).

2.4 Medidas de diversidade

Como medidas de diversidade taxonômica utilizou-se a diversidade Shannon-Wiener, bem como os índices de Pielou e de Simpson. A diversidade de Shannon-Wiener considera a equitabilidade (frequência de abundância) e riqueza das espécies em uma comunidade (Herrera *et al.*, 2023). Este índice é calculado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

onde S é o número total de espécies e pi é a proporção da abundância da espécie em relação ao total de indivíduos na comunidade.

A equitabilidade de Pielou é uma medida utilizada para quantificar a uniformidade da distribuição de indivíduos entre as espécies em uma comunidade (Herrera *et al.*, 2023). O índice de equitabilidade de Pielou (J) é derivado do índice de Shannon-Wiener e calculado como:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

O índice de Simpson é utilizado para determinar a quantidade da biodiversidade do habitat levando em consideração tanto o número de espécies quanto a abundância de cada espécie (Vijaylaxmi *et al.*, 2010). A fórmula do índice de Simpson é:

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Para melhor expressar a diversidade, é comum utilizar 1 - D ou sua forma inversa 1/D, que quantificam a probabilidade de duas amostras aleatórias pertencerem a espécies diferentes.

2.5 Análise estatística

Para testar nossa hipótese utilizamos modelos lineares generalizados (GLM), a fim de entender a relação entre a abundância de espécies exóticas e os índices de biodiversidade, como Shannon-Wiener (H'), Simpson (D), Equabilidade de Pielou (J), Riqueza de Espécies e Abundância total de espécies. Antes da realização dos modelos fizemos o teste de Shapiro-Wilk, para verificar a normalidade das variáveis resposta, as quais não apresentaram uma distribuição normal. Assim, optamos por seguir com a aplicação dos GLMs.

Para os dados de riqueza, foi aplicada a distribuição de erros Poisson ou binomial negativa na formulação dos GLMs, conforme o modelo que apresentou melhor ajuste. Já para o índice de Shannon-Wiener, foi empregada a distribuição normal (gaussiana). Adicionalmente, análises de resíduos foram realizadas para garantir a adequação da escolha da distribuição de erros.

Todas as análises foram realizadas no software R, versão 4.1.1 (R Core Team, 2021). O pacote ‘Vegan’ foi utilizado para calcular o índice de diversidade de Shannon-Wiener, por meio da função ‘diversity’ (Oksanen *et al.*, 2019). Para a construção dos GLMs, também foi empregado o pacote ‘Vegan’, utilizando a função ‘glm’ (Oksanen *et al.*, 2019). No caso de

modelos com distribuição binomial negativa, o pacote 'hnp' foi utilizado, aplicando-se a função "glm.n" (Stoklosa *et al.*, 2022).

3 RESULTADOS

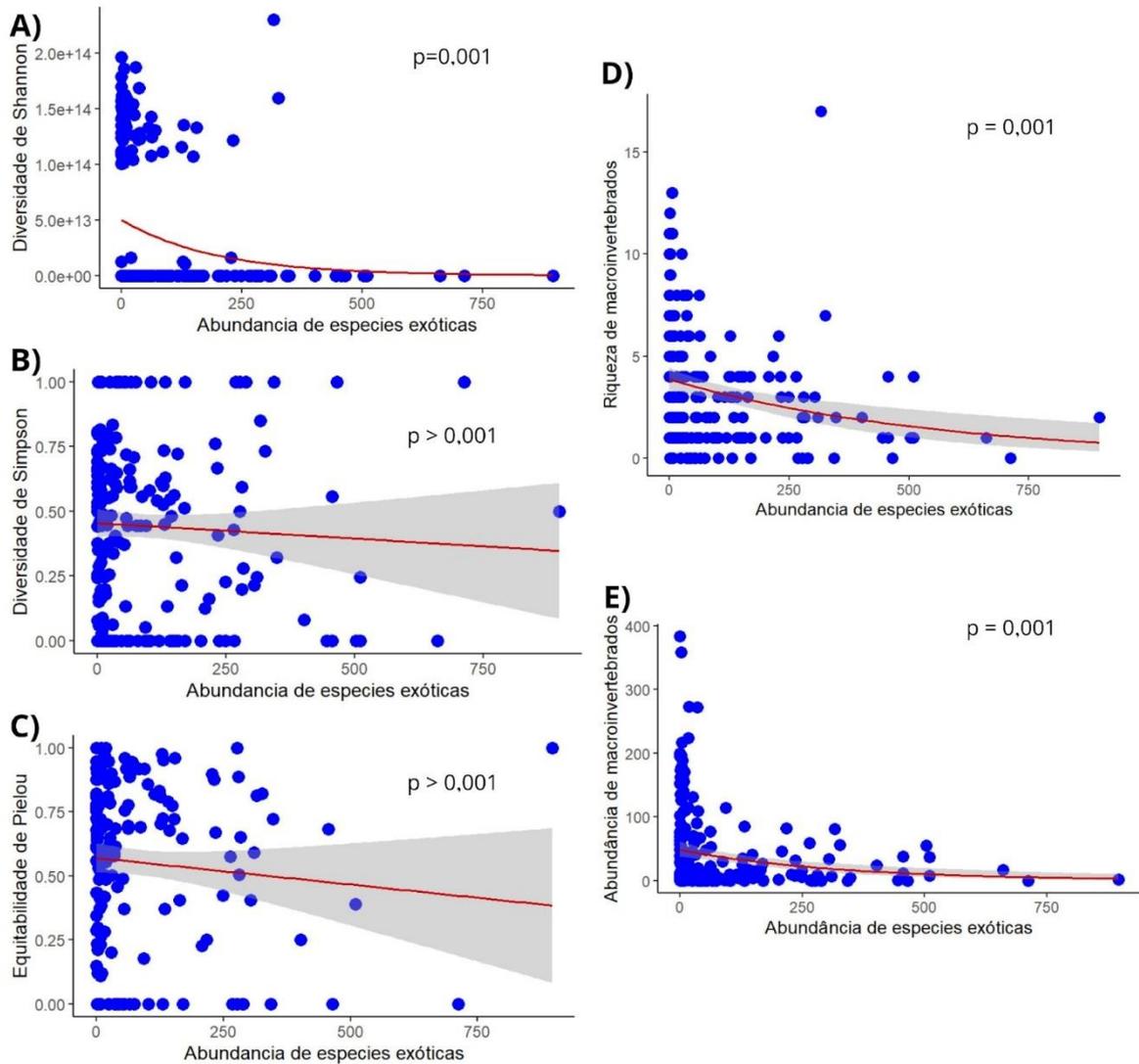
Foram identificados um total de 28830 indivíduos distribuídos em 53 táxons de macroinvertebrados bentônicos, pertencentes às ordens Annelida, Crustacea, Mollusca e Insecta. Dentre estes, as espécies exóticas *Melanoides tuberculata* e *Corbicula largillierti* representaram 20155 indivíduos, cerca de 69%. Enquanto todas as espécies nativas totalizaram apenas 8675 indivíduos, cerca de 31%. Mostrando que os moluscos exóticos são táxons amplamente dominantes sobre a comunidade nativa.

Nossos resultados entre riqueza e abundância de macroinvertebrados nativos e a abundância de espécies exóticas revelaram uma associação negativa ($p = 0,001$, graus de liberdade = 217). Assim, à medida que a abundância de espécies exóticas aumenta, a riqueza de espécies de macroinvertebrados tende a diminuir (Figura 3 - gráficos D e E).

O índice de diversidade de Shannon-Weiner (Figura 3 - gráfico A) mostrou-se com o resultado significativo ($P= 0.001437$) revelando que há uma correlação negativa entre a abundância de espécies exóticas e a diversidade de Shannon. Ou seja, quanto maior a abundância de moluscos exóticos no ecossistema, menor é a diversidade biológica de macroinvertebrados bentônicos nativos.

Já o índice de diversidade de Simpson ($p= 0,4654$) (Figura 3 – B) e o índice de equitabilidade de Pielou não mostraram resposta significativa ($p= 0.2689$) (Figura 3 – C).

Figura 3: Gráficos mostrando a relação negativa da abundância de macroinvertebrados bentônicos nativos em resposta ao aumento da abundância de espécies exóticas. A) Diversidade de Shannon; B) Diversidade de Simpson; C) Equitabilidade de Pielou; D) Riqueza de macroinvertebrados; E) Abundância de macroinvertebrados.



Fonte: Silva, B.C., 2024

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a hipótese inicial de que o aumento da abundância de moluscos exóticos resulta em uma redução na diversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos. Observou-se que quanto maior a abundância dos moluscos invasores, mais houve uma diminuição significativa na riqueza e diversidade das espécies nativas de macroinvertebrados. Esses achados sugerem uma relação inversa entre a presença de moluscos exóticos e a diversidade da fauna nativa, indicando possíveis impactos negativos na comunidade bentônica.

Analisando os índices de riqueza de táxons, de abundância e o índice de diversidade de Shannon dos macroinvertebrados nativos, observamos que a comunidade de macroinvertebrados bentônicos nativos é influenciada negativamente pela abundância de moluscos exóticos *Melanoides tuberculata* e *Corbicula Largillierti*. Algumas características dessas espécies as fazem ótimas competidoras (Barros *et al.*, 2019). Por serem táxons exóticos, esses moluscos não possuem predadores naturais, apresentam baixa taxa de mortalidade e alta capacidade reprodutiva. Esses indivíduos se reproduzem por partenogênese, como é o caso das fêmeas de *Melanoides tuberculata*, ou são hermafroditas com ciclos contínuos, como *Corbicula largillierti*. Além disso, possuem alta capacidade de dispersão e alta capacidade de se estabelecerem em ambientes diversos (Martins, 2006; Molozzi *et al.*, 2012; Azevêdo *et al.*, 2014; Do Nascimento Filho *et al.*, 2014).

Todas essas vantagens fazem com que esses moluscos exóticos consigam ocupar nichos das espécies nativas, podendo alterar a estrutura das comunidades, competindo por recursos e/ou modificando o habitat, o que resulta na redução da biodiversidade local e favorece apenas algumas espécies dominantes (Simberloff & Rejmánek, 2011). Além dos resultados de riqueza e abundância, o índice de diversidade de Shannon (Figura 3 - A, D e E) mostra que o aumento da abundância de espécies exóticas pode estar alterando a composição geral da comunidade de forma a impactar a diversidade total. Todavia, o índice de diversidade de Simpson (Figura 3 - B) não apresenta resposta significativa, mostrando que, embora a presença de espécies exóticas esteja alterando a diversidade geral (conforme observado no índice de Shannon), não está havendo um impacto forte sobre as espécies dominantes ou a composição de abundâncias relativa das espécies (Seabloom *et al.*, 2013). Podendo significar que, apesar da presença de espécies exóticas, algumas espécies nativas continuam resistindo, o que mantém o índice de Simpson estável (Karatayev, 2018). Isso pode indicar que, as espécies exóticas não só diminuem a diversidade total, mas também podem alterar a distribuição da abundância entre as espécies remanescentes.

A equitabilidade de Pielou (Figura 3 - C) não apresentou um resultado significativo, indicando que a presença de espécies exóticas não afeta de forma expressiva a distribuição equitativa das espécies na comunidade. Estudos como o de Jovem-Azevedo *et al.* (2022), sugerem que a riqueza de espécies nativas pode influenciar a abundância de moluscos invasores, com áreas mais ricas em biodiversidade apresentando menor proliferação de *M. tuberculata*. Esses achados estão alinhados com a hipótese de que a biodiversidade nativa pode fornecer algum grau de resistência à invasão, mas uma diminuição na biodiversidade pode enfraquecer essa resistência, particularmente em condições de seca, sugerindo menor resiliência a distúrbios futuros e enfatizando a importância de proteger a biodiversidade nativa (Cheng *et al.*, 2024). Além disso, Didham (2005) encontrou resultados semelhantes aos nossos, mostrando que a

introdução de espécies exóticas tende a reduzir a diversidade local por meio de exclusão competitiva, o que corrobora com os nossos resultados.

Levando em consideração a importância dos macroinvertebrados bentônicos nativos para os serviços ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes e a estruturação da teia trófica, a redução na sua abundância observada no estudo pode indicar potenciais impactos na funcionalidade do ecossistema. A diminuição da equitatividade, com a dominância de poucas espécies, sugere uma menor resiliência do ecossistema frente a futuras perturbações, como já discutido por Henderson *et al.* (2020), que destacou a importância da diversidade na estabilidade dos ecossistemas. No reservatório de Acauã, por exemplo, foi observado que a espécie exótica de molusco teve uma maior proporção de dominância em relação aos táxons nativos (De Araújo *et al.*, 2020), o que pode estar relacionado às características adaptativas do invasor, como alta competitividade e amplitude de nicho (Montgomery *et al.*, 2022). Esse comportamento pode contribuir para a redução da riqueza de espécies nativas e a alteração da composição da comunidade bentônica local. No entanto, não foram testados diretamente os efeitos na ciclagem de nutrientes ou na teia trófica, e mais estudos são necessários para entender essas implicações.

5 CONCLUSÃO

Concluimos que com o aumento da abundância de organismos de espécies exóticas reduzem a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos. A diminuição da riqueza, abundância e diversidade de macroinvertebrados bentônicos nativos, bem como a redução na uniformidade das espécies, enfatiza o papel central das espécies exóticas na homogeneização de ecossistemas. Esses achados reforçam a necessidade urgente de ações de manejo e controle de espécies exóticas, assim como de uma vigilância contínua para mitigar seus impactos em ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

- AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), 2023.
- AZEVÊDO, E. de L.; BARBOSA, J. E. de L.; VIDIGAL, T. H. D. A.; CALLISTO, M.; MOLOZZI, J. First record of *Corbicula largillierti* (Philippi 1844) in the Paraíba River Basin and potential implications from water diversion of the São Francisco River. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 14, n. 4, 2014.
- BARROS, M. R. F.; CHAGAS, R. A.; HERRMANN, M.; BEZERRA, A. M. New record of the invasive snail *Melanoides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae)-Ceará State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 80, n. 2, p. 368–372, 2019.
- CALLISTO, M.; MASSARA R. L.; LINARES M. S.; HUGHES R.M. Benthic macroinvertebrate assemblages detect the consequences of a sewage spill: a case study of a South American environmental challenge. **Limnology**, v. 23, n. 1, p. 181-194, 2022.
- CHENG, C.; LIU, Z.; SONG, W.; CHEN, X.; ZHANG, Z.; LI, B.; VAN KLEUNEN, M.; WU, J. Biodiversity increases resistance of grasslands against plant invasions under multiple environmental changes. **Nature communications**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 4506, 2024.
- DAMBORENEA, C.; LABAUT Y.; PENCHASZADEH P.; COLLADO G. A.; DARRIGRAN G. Gonadal Cycle of *Corbicula largillierti* (Bivalvia: Cyrenidae) in a Pampean Streams, Argentina. **Diversity**, v. 16, n. 6, p. 357, 2024.
- DE ARAÚJO, M.; DE LIRA AZEVÊDO, E.; JOVEM DA SILVA AZEVÊDO, D.; DE LUCENA BARBOSA, J. E.; MOLOZZI, J. Avaliação alométrica e da biomassa de *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774) como ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental de reservatórios. **Gaia scientia**, [s. l.], v. 14, n. 4, 2020.
- DE SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Ordem Odonata Fabricius, 1793 (Arthropoda: Insecta). 2007.
- DIDHAM, R. K.; TYLIANAKIS, J. M.; HUTCHISON, M. A.; EWERS, R. M.; GEMMELL, N. J. Are invasive species the drivers of ecological change?. **Trends in ecology & evolution**, [s. l.], v. 20, n. 9, p. 470–474, 2005.
- DO NASCIMENTO FILHO, S. L.; VIANA, G. F. S.; GOMES, R. L. M. Inventário da malacofauna límnic de três grandes reservatórios do sertão de Pernambuco, Brasil. **Scientia Plena**, v. 10, n. 11, 2014.
- DOS SANTOS ARAUJO, D. C.; GICO LIMA MONTENEGRO, S. M.; RIBEIRO NETO, A.; DA SILVA, S. F. Evaluation of satellite-based soil moisture for agricultural drought monitoring in the Brazilian semiarid region. **Remote Sensing Applications Society and Environment**, [s. l.], v. 33, n. 101111, p. 101111, 2024.
- FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.
- FERREIRA-RODRIGUEZ, N.; SOUSA, R.; PARDO, I. Negative effects of *Corbicula fluminea* over native freshwater mussels. **Hydrobiologia**, v. 810, p. 85-95, 2018.
- FRANCO, Jessica Nunes *et al.* Cronologia da invasão e status de distribuição do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)(mollusca, thiaridae) no Brasil. 2023.
- HARRISON, I.; ABELL R.; DARWALL W.; THIEME M.L.; TICKNER D.; TIMBOE I. The freshwater biodiversity crisis. **Science**, v. 362, n. 6421, p. 1369-1369, 2018.
- HENDERSON, Christopher J. *et al.* Low redundancy and complementarity shape ecosystem functioning in a low-diversity ecosystem. **Journal of Animal Ecology**, v. 89, n. 3, p. 784-794, 2020.

- HERRERA, A. M.; RIERA, R.; RODRÍGUEZ, R. A. Alpha species diversity measured by Shannon's H-index: Some misunderstandings and underexplored traits, and its key role in exploring the trophodynamic stability of dynamic multiscales. **Ecological Indicators**, v. 156, p. 111118, 2023.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP. **IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species**. Species Survival Commission, 2000.
- JOHNSON, P. T.J.; OLDEN, J. D.; VANDER ZANDEN, M. J. Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 7, p. 357-363, 2008.
- JOVEM-AZEVÊDO, Daniele *et al.* Modelling the abundance of a non-native mollusk in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, p. 1-15, 2022.
- KARATAYEV, A. Y.; BURLAKOVA, L. E.; PADILLA, D. K. Can introduced species replace lost biodiversity? A test with freshwater molluscs. **Hydrobiologia**, v. 810, p. 45-56, 2018.
- KONDRATYEVA, A.; GRANDCOLAS, P.; PAVOINE, S. Reconciling the concepts and measures of diversity, rarity and originality in ecology and evolution. **Biological Reviews**, v. 94, n. 4, p. 1317-1337, 2019.
- LERCARI, D.; BERGAMINO, L. Impacts of two invasive mollusks, *Rapana venosa* (Gastropoda) and *Corbicula fluminea* (Bivalvia), on the food web structure of the Río de la Plata estuary and nearshore oceanic ecosystem. **Biological Invasions**, v. 13, n. 9, p. 2053-2061, 2011.
- LINARES, M. S.; CALLISTO, M.; MARQUES, J. C. Invasive bivalves increase benthic communities complexity in neotropical reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 75, p. 279-285, 2017.
- LINHARES, Yuliya *et al.* Biodiversity: the overlooked source of human health. **Trends in Molecular Medicine**, v. 29, n. 3, p. 173-187, 2023.
- LYNCH, Abigail J. *et al.* People need freshwater biodiversity. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 10, n. 3, p. e1633, 2023.
- MARIANO, R. Ordem Ephemeroptera (Arthropoda: Insecta). **Guia on-line de identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**, p. 1-9, 2007.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos**. Technical Books Editora, 2010.
- MARTINS, D. S.; VEITENHEIMER-MENDES, I. L.; FACCIONI-HEUSER, M. C. Aspectos morfológicos e de incubação em três espécies de *Corbicula Mühlfeld*, no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Corbiculidae). **Biota Neotropica**, v. 6, 2006
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: wetlands and water synthesis. 2005.
- MOLOZZI J.; FEIO M.J.; SALAS F., MARQUES J. C., CALLISTO M. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 155-165, 2012.
- MONTGOMERY, W. I.; ELWOOD, R. W.; DICK, J.T.A. Invader abundance and contraction of niche breadth during replacement of a native gammarid amphipod. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 3, p. e8500, 2022.
- OKSANEN, Jari *et al.* Package 'vegan'. Community ecology package, version, v. 2, n. 9, 2019.

- OLIVEIRA, N. M.; SILVA R.M; BRASIL NETO R.M.;SANTOS C.A.G.; VIANNA P.C.G. Spatiotemporal patterns of agricultural and meteorological droughts using SPI and MODIS-based estimates over a Brazilian semiarid region: Study case of Upper Paraíba River basin. **Geocarto International**, v. 37, n. 26, p. 11590-11613, 2022.
- ORABI, O.; KHALIFA, M. M. Biota sediment accumulation and bioconcentration factors of trace metals in the snail *Melanoides tuberculata* from the agricultural drains of the Manzala Lagoon, Egypt. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 15, p. 17754-17761, 2020.
- PAIVA, F. F.; DE MELO, D. B.; DOLBETH, M.; MOLOZZI, J. Functional threshold responses of benthic macroinvertebrates to environmental stressors in reservoirs. **Journal of Environmental Management**, v. 329, p. 116970, 2023.
- PAIVA, F. F.; GOMES, W. I. A.; MEDEIROS, C. R.; ÁLVARO, É. L. F.; RIBEIRO, I. M. S.; MOLOZZI, J. Environmental factors influencing the occurrence of alien mollusks in semi-arid reservoirs. **Limnetica**, [s. l.], n. 37, p. 187–198, 2018.
- PAULA, C. M. *et al.* Ocorrência de um molusco invasor (*Melanoides tuberculata*, Müller, 1774), em diferentes sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 829-841, 2017.
- PAZ, R. J.; Watanabe T.; DIJCK M.P.M.; ABÍLIO F.J.P. FIRST RECORD OF MELANOIDES TUBERCULATA (MULLER, 1774)(GASTROPODA: PROSOBRANCHIA: THIRIDAE) IN THE STATE OF PARAÍBA (BRAZIL) AND ITS POSSIBLE ECOLOGICAL IMPLICATIONS. **Revista Nordestina de Biologia**, p. 79-84, 1995.
- PINTO, H. A.; SOUSA, D. G.S.; MELO, A. L. *Melanoides tuberculata* (Red-rimmed melania). **Trends in Parasitology**, 2023.
- REASER, J. K. *et al.* Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. **Environmental Conservation**, v. 34, n. 2, p. 98-111, 2007.
- RECALDE, F. C.; POSTALI, T. C.; ROMERO, G. Q. Unravelling the role of allochthonous aquatic resources to food web structure in a tropical riparian forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 2, p. 525-536, 2016.
- SEABLOOM, E. W. *et al.* Predicting invasion in grassland ecosystems: is exotic dominance the real embarrassment of richness?. **Global Change Biology**, v. 19, n. 12, p. 3677-3687, 2013.
- SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. (Ed.). **Encyclopedia of biological invasions**. Univ of California Press, 2011.
- SUÁREZ, B.; BARRIOS, M.; TEIXEIRA DE MELLO, F.. Macroinvertebrates response to different land use in lowland streams from Uruguay: use of artificial substrates for biomonitoring. **Neotropical Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2022.
- SZARMACH, D. *et al.* Impact of habitat engineering by invasive *Corbicula* clams on native European unionid mussels. **Science of The Total Environment**, v. 948, p. 174764, 2024.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos gêneros**. 1995.
- USC - Union Concerned Scientists. The science of invasive species. 2017.
- VIJAYLAXMI, C.; RAJSHEKHAR, M.; VIJAYKUMAR, K. Freshwater fishes distribution and diversity status of Mullameri river, a minor tributary of Bheema river of Gulbarga district, Karnataka. **International journal of systems biology**, v. 2, n. 2, p. 1, 2010.
- STOKLOSA, J; BLAKEY, R. V.; HUI, F.K.C. An overview of modern applications of negative binomial modelling in ecology and biodiversity. **Diversity**, v. 14, n. 5, p. 320, 2022.

- WANG, Huan *et al.* Eutrophication causes invertebrate biodiversity loss and decreases cross-taxon congruence across anthropogenically-disturbed lakes. **Environment International**, v. 153, p. 106494, 2021.
- ZHANG, Li *et al.* New indices to balance α -diversity against tree size inequality. **Journal of Forestry Research**, v. 35, n. 1, p. 31, 2024.

APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES UTILIZADAS NO ESTUDO

Taxa	Abundância total
ANNELIDA	
<i>Hirudinea</i>	270
<i>Oligochaeta</i>	2083
CLASSE INSECTA	
Diptera	
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen, 1905)	48
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	92
<i>Apedilum</i> (Townes, 1945)	2
<i>Asheum</i> (Sublette & Sublette, 1983)	332
<i>Ceratopogonidae</i> (Newman, 1834)	46
<i>Chaoboridae</i> (Edwards, 1920)	26
<i>Chironomus</i> (Maigen, 1803)	523
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	78
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	34
<i>Cricotopus</i> (Wulp, 1874)	21
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	24
<i>Djalmabatista</i> (Fittkau, 1968)	7
<i>Fissimentum</i> (Craston & Nolte, 1996)	8
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	1561
<i>Labrundinia</i> (Fittkau, 1962)	6
<i>Lauterborniella</i> (Thienemann & Bause, 1913)	7
<i>Onconeura</i> (Andersen & Sæther, 2005)	2
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	135
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	639
<i>Procladius</i> (Skuse, 1889)	10

<i>Saetheria</i> (Jackson, 1977)	79
<i>Stenochironomus</i> (Kieffer, 1919)	1
<i>Stratiomyidae</i> (Latreille, 1802)	1
<i>Tabanidae</i> (Latreille, 1802)	1
<i>Tanytarsus</i> (Wulp, 1874)	571
<i>Thienemanniella</i> (Kieffer, 1911)	11
<i>Tipulidae</i> (Latreille, 1802)	3
Coleoptera	
<i>Elmidae</i> (Curtis, 1830)	1
<i>Gyrinidae</i> (Latreille, 1810)	3
<i>Hydrophilidae</i> (Latreille, 1802)	3
Ephemeroptera	
<i>Baetidae</i> (Leach, 1815)	5
<i>Caenis</i> (Stephens, 1835)	220
<i>Ephemeridae</i> (Latreille, 1810)	3
<i>Polymitarcyidae</i> (Banks, 1900)	2
Hemiptera	
<i>Corixidae</i> (Leach, 1815)	4
<i>Naucoridae</i> (Leach, 1815)	1
Odonata	
<i>Coenagrionidae</i> (Kirby, 1890)	6
<i>Gomphidae</i> (Rambur, 1842)	4
<i>Libellulidae</i> (Leach in Brewster, 1815)	33
“Odonata”	1
Trichoptera	
<i>Hydroptilidae</i> (Stephens, 1836)	2
<i>Polycentropodidae</i> (Ulmer, 1903)	4
“Trichoptera”	1

CLASSE GASTROPODA**Architaenioglossa**

Pomacea (Perry, 1810) 75

Incertae Sedis

Melanoides tuberculatus (Müller, 1774) 20130

Hygrophila

Planorbidae (Rafinesque, 1815) 297

Bulimidae 240

Physa (Draparnaud, 1801) 497

Bivalvia

Corbicula largillierti (Philippi, 1844) 25

Pisidium (C.Pfeiffer, 1821) 44

Sphaeriidae (Deshayes, 1855) 589

CLASSE MALACOSTRACA

Decapoda 19

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos órgãos fomentadores de pesquisa, cujos esforços e investimentos foram fundamentais para a realização deste estudo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), meu reconhecimento pela concessão de recursos que viabilizaram as etapas cruciais desta pesquisa. Agradeço também ao Programa de Pesquisa em Ciência e Tecnologia Hidroambiental (CTHIDRO), ao Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD RIPA) e à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), que forneceram o suporte essencial e os meios que possibilitaram a continuidade e aprofundamento deste trabalho. A confiança e o incentivo proporcionados por essas instituições tornaram possível o desenvolvimento de uma pesquisa que, espera-se, contribuirá com o avanço do conhecimento científico e com a formação de novos olhares sobre a biodiversidade.

Agradeço a todos os meus colegas de turma pelos momentos felizes e os momentos academicamente difíceis que conseguiram unir a gente mais ainda!

Agradeço a família do Laboratório de Ecologia de Bentos, primeiramente pelo acolhimento e por demonstrar como é trabalhar em equipe, ademais agradeço também pelo apoio e desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço à minha coorientadora Érica Luana pela paciência ao me guiar desde a ajuda na escolha do tema até o fim do trabalho. Mesmo havendo insistência de minha parte em alguns momentos do desenvolvimento do TCC, ela nunca foi rude ou desagradável, sempre se mostrou presente e disposta a ensinar.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Joseline Molozzi por sempre me ouvir e orientar com seus conselhos, tanto em questões pessoais quanto profissionais. E mais ainda, agradeço por toda sua ajuda ao longo desses dois anos e seis meses de Laboratório, a senhora fez minha experiência na graduação ser muito mais enriquecedora.

Agradeço principalmente a minha tia Maria das Neves pelo apoio ao longo do curso apesar das dificuldades enfrentadas por nossa família. Sem os esforços dela eu não conseguiria terminar este curso.

Por fim, agradeço à minha mãe, Maria do Socorro Costa, por todo o apoio incondicional ao longo da minha vida. Embora não esteja presente para me ver iniciar e concluir a faculdade, seus ensinamentos me acompanham em cada decisão que tomo. Esta graduação é um sonho que realizo não apenas por mim, mas, sobretudo, por ser um sonho seu que carrego comigo e concretizo. Este é o nosso sonho realizado.