



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**

**CAMPUS PRINCESA ISABEL**

**CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**AMANDA LETÍCIA FLORENTINO MANDÚ BEZERRA**

**COMO A DIVERSIDADE BETA DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS PODE AUXILIAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE  
RESERVATÓRIOS SEMIÁRIDOS?**

**PRINCESA ISABEL- PB**

**2025**

**AMANDA LETÍCIA FLORENTINO MANDÚ BEZERRA**

**COMO A DIVERSIDADE BETA DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS PODE AUXILIAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE  
RESERVATÓRIOS SEMIÁRIDOS?**

Trabalho de Conclusão de Curso, modelo Artigo Científico, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus Princesa Isabel*, como requisito necessário para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

**Orientador(a): Dr<sup>a</sup>. Daniele Jovem da Silva Azevêdo**

**Co-orientador(a): Dr<sup>a</sup>. Carlinda Raily Medeiros**

**PRINCESA ISABEL - PB**

**2025**

B574c Bezerra, Amanda Letícia Florentino Mandú.  
Como a diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos pode auxiliar na avaliação ambiental de reservatórios semiáridos?/ Amanda Letícia Florentino Mandú Bezerra. – 2025.  
33 f : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2025.

Orientador(a): Profa. Dra. Daniele Jovem da Silva Azevêdo.  
Coorientadora: Dra. Carlinda Raily Medeiros

1. Ciências Biológicas. 2. Biomonitoramento - Indicadores biológicos. 3. Ecossistemas lênticos. 4. Gestão - Recursos hídricos. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/PI

CDU 57

## TERMO DE APROVAÇÃO


**AMANDA LETÍCIA FLORENTINO MANDÚ BEZERRA**

### **COMO A DIVERSIDADE BETA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS PODE AUXILIAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE RESERVATÓRIOS SEMIÁRIDOS? (MODELO ARTIGO)**

Trabalho de Conclusão do Curso, modelo Artigo Científico, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, campus Princesa Isabel, como requisito necessário para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas e aprovado pela banca examinadora.


**Aprovado em: 10/12/2025.**

#### **BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **DANIELE JOVEM DA SILVA AZEVEDO**  
Data: 29/01/2026 14:10:15-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Daniele Jovem da Silva Azevêdo (Orientador)**  
**Instituto Federal da Paraíba – IFPB**

Documento assinado digitalmente  
 **FAGNER NEVES OLIVEIRA**  
Data: 28/01/2026 19:06:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. MSc. Fagner Neves Oliveira (Membro Interno)**  
**Instituto Federal da Paraíba - IFPB**

Documento assinado digitalmente  
 **WILMA IZABELLY ANANIAS GOMES**  
Data: 28/01/2026 13:20:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Wilma Izabelly Ananias Gomes (Membro Externo)**  
**Laboratório de Ecologia de Bentos - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)**

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de dedicar este Trabalho de Conclusão de Curso com todo o meu coração às pessoas que foram essenciais nessa caminhada:

Primeiramente, agradeço a Deus, por nunca soltar a minha mão. Por me dar forças nos momentos em que pensei em desistir, coragem para seguir adiante e luz para encontrar o meu caminho.

Às minhas raízes: meus pais, Maristela Florentino e Carlos Mandú, ao meu irmão Carlos Júnior, à minha querida avó Maria Mandú e a toda a minha família. Obrigada por todo o amor, suporte e incentivo aos estudos. Tudo o que sou, é reflexo do que aprendi com vocês. Vocês são minha base, meu porto seguro, minha motivação diária.

Ao meu esposo, meu companheiro de vida, Rafael Sousa, obrigada por estar ao meu lado em cada desafio, por me apoiar nos dias difíceis, por me incentivar a seguir e, principalmente, por nunca duvidar da minha capacidade, mesmo quando eu mesma duvidei. Teus gestos silenciosos de apoio e tua confiança em mim foram combustível para eu chegar até aqui. Sou imensamente grata por ter você comigo.

À minha orientadora Daniele Jovem, à co-orientadora Carlinda Raily e as meninas Betsy Dantas e Dany Lucena obrigada por todo o cuidado, paciência e dedicação, por todos ensinamentos e auxílios que se fizeram presente e disponíveis, e isso fez toda a diferença. Agradeço de forma especial ao professor Evaldo Azevedo, cuja orientação e sensibilidade foram fundamentais nos momentos iniciais deste percurso. Sua indicação da minha orientadora e seu apoio quando eu ainda me encontrava sem projeto definido, sem orientador e já matriculada em TCC foram decisivos para que eu pudesse seguir com segurança e tranquilidade. Sua disponibilidade e acolhimento fizeram toda a diferença para que este trabalho pudesse se concretizar.

À toda equipe do LABEAS que me deram suporte, auxílio, além do acolhimento em fazer parte e trabalhar nos estudos das águas do semiárido.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Princesa Isabel, minha gratidão pelo ensino gratuito, pela estrutura e pelo suporte que me permitiram concluir mais uma etapa tão importante.

E a todas as pessoas que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para que essa meta se tornasse realidade, meu sincero agradecimento.

Muito obrigada!!

## RESUMO

Reservatórios localizados em regiões semiáridas apresentam elevada variabilidade hidrológica e forte heterogeneidade ambiental, condições que influenciam diretamente a estrutura das comunidades bentônicas. Nesse contexto, a diversidade beta emerge como um indicador essencial para compreender como as diferenças ambientais entre reservatórios e períodos sazonais moldam a composição dos macroinvertebrados. Este estudo avaliou os padrões de diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido, utilizando as métricas LCBD (Local Contribution to Beta Diversity) e SCBD (Species Contribution to Beta Diversity), bem como, sua relação com variáveis físico-químicas da água, composição do sedimento e atributos da paisagem nos períodos seco e chuvoso. As comunidades foram amostradas em 60 pontos, distribuídos entre os quatro reservatórios, e foram identificadas e quantificadas quanto à abundância. A diversidade beta foi analisada com base em índices de Bray-Curtis (abundância) e Jaccard (presença/ausência). As diferenças entre períodos e reservatórios foram avaliadas por PERMANOVA, e relações com variáveis ambientais, por BIOENV. O conjunto de dados mostra que a composição da fauna foi dominada por táxons tolerantes como *Oligochaeta*, *Melanoides tuberculata*, com forte variação sazonal. O período seco apresentou maior dissimilaridade entre reservatórios, indicando aumento da diversidade beta, enquanto a estação chuvosa evidenciou homogeneização da comunidade. Os valores de SCBD destacaram *Ablabesmyia*, *Oligochaeta*, *M. tuberculata*, *Ceratopogonidae* e *Chaoborus* como principais contribuintes para a variação composicional entre os ambientes. Por outro lado, o LCBD não apresentou diferenças significativas entre períodos ou reservatórios, sugerindo estabilidade na singularidade biológica dos sítios. As variáveis ambientais diferiram espacial e sazonalmente, porém, exibiram correlações fracas com o LCBD. Os resultados indicam que a diversidade beta nos reservatórios semiáridos é fortemente modulada pela sazonalidade e pela substituição de táxons estruturadores, mais do que por singularidade local associada a gradientes ambientais específicos. Estes achados reforçam o papel dos macroinvertebrados como indicadores da dinâmica hidrológica e contribuem para o aprimoramento de estratégias para protocolos de biomonitoramento baseados na diversidade beta, apoiando estratégias de gestão e conservação dos recursos hídricos em ambientes sujeitos à alta variabilidade climática. Dessa forma, a pesquisa promove o preenchimento de lacunas de conhecimento sobre os mecanismos ecológicos que influenciam a biodiversidade aquática no semiárido brasileiro e reforça a importância dos macroinvertebrados bentônicos como ferramentas eficazes para a avaliação da integridade ambiental.

**Palavras-chave:** Biomonitoramento; Indicadores biológicos; Ecossistemas lênticos; Gradientes ambientais; Gestão de recursos hídricos.

## ABSTRACT

Reservoirs located in semiarid regions exhibit high hydrological variability and strong environmental heterogeneity, conditions that directly influence the structure of benthic communities. In this context, beta diversity emerges as an essential indicator for understanding how environmental differences among reservoirs and seasonal periods shape the composition of macroinvertebrate assemblages. This study evaluated beta diversity patterns of benthic macroinvertebrates in semiarid reservoirs using LCBD (Local Contribution to Beta Diversity) and SCBD (Species Contribution to Beta Diversity) metrics, as well as their relationships with physicochemical water variables, sediment composition, and landscape attributes during dry and rainy periods. Communities were sampled at 60 sites distributed across the four reservoirs and were identified and quantified in terms of abundance. Beta diversity was analyzed using Bray–Curtis (abundance) and Jaccard (presence/absence) indices. Differences between periods and reservoirs were assessed through PERMANOVA, and relationships with environmental variables were tested using BIOENV. The dataset shows that the fauna composition was dominated by tolerant taxa such as Oligochaeta and *Melanoides tuberculata*, with strong seasonal variation. The dry period exhibited higher dissimilarity among reservoirs, indicating an increase in beta diversity, whereas the rainy season revealed community homogenization. SCBD values highlighted *Ablabesmyia*, Oligochaeta, *M. tuberculata*, Ceratopogonidae, and *Chaoborus* as the main contributors to compositional variation among environments. On the other hand, LCBD did not show significant differences between seasons or reservoirs, suggesting stability in the biological uniqueness of the sites. Environmental variables differed spatially and seasonally but showed weak correlations with LCBD. The results indicate that beta diversity in semiarid reservoirs is strongly influenced by seasonality and by the replacement of structuring taxa rather than by local uniqueness associated with specific environmental gradients. These findings reinforce the role of macroinvertebrates as indicators of hydrological dynamics and contribute to improving biomonitoring protocols based on beta diversity, supporting management and conservation strategies for water resources in environments subject to high climatic variability. Thus, this research fills knowledge gaps regarding the ecological mechanisms that influence aquatic biodiversity in the Brazilian semiarid region and reinforces the importance of benthic macroinvertebrates as effective tools for assessing environmental integrity.

**Keywords:** Aquatic biomonitoring; Biological indicators; Lentic ecosystems; Environmental gradients; Water resources management.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>08</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Área de estudo .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Dados Biológicos.....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos .....	11
<b>2.3 Dados Abióticos.....</b>	<b>12</b>
2.3.1 Paisagem .....	12
2.3.2 Parâmetros físicos e químicos da água .....	12
<b>2.4 Análise de dados.....</b>	<b>13</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Diversidade beta: composição de LCBD e SCBD .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Variáveis ambientais .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Diversidade beta vs. variáveis ambientais .....</b>	<b>23</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos tem se tornado cada vez mais necessária devido às crescentes pressões antropogênicas, incluindo urbanização, agricultura intensiva, aquicultura, além das mudanças climáticas. A atuação sinérgica desses fatores afeta a biodiversidade em múltiplas escalas, de modo mais acelerado que nossa capacidade de gerar informações (Silva et al., 2025). A biodiversidade presente nesses ecossistemas é composta por diferentes comunidades como fitoplâncton, zooplâncton, macrófitas, peixes e macroinvertebrados bentônicos (Medeiros et al., 2023). Todas estas as quais desempenham papéis fundamentais na manutenção do equilíbrio ecológico (Medeiros et al., 2025), tais como ciclagem de nutrientes, oxigenação e estabilização do ecossistema (Kamada; De-Lucca; De-Lucca., 2012; Molozzi et al., 2013).

Os macroinvertebrados bentônicos se destacam por viverem em estreita relação com o sedimento, sendo altamente sensíveis às alterações físicas e químicas do ambiente. Por essa razão, constituem um grupo de grande relevância em estudos de monitoramento, já que a composição e a distribuição dessas comunidades refletem diretamente a qualidade ambiental (Carvalho, 2024). Esses organismos englobam grupos bastante diversificados, tendo como principais representantes em reservatórios semiáridos os Diptera, Oligochaeta, Hemiptera aquáticos, Coleoptera, Ephemeroptera e Gastropoda. Entre esses grupos, a família Chironomidae é dominante e sua estruturação/dinâmica reflete a alta tolerância às condições ambientais extremas características desses ecossistemas (Callisto et al., 2005; Molozzi et al., 2013).

A presença, ausência e abundância desses animais refletem a qualidade do ecossistema, tornando-os importantes bioindicadores em estudos de avaliação ambiental (Hepp, Restello; 2007). Isso ocorre devido às suas sensibilidades às alterações ambientais, ciclos de vida relativamente longos quando comparado aos organismos planctônicos por exemplo, capacidade limitada de migração, refletindo assim as condições locais do habitat (Rosenber; Resh, 1993; Costa et al., 2024)).

Diversas métricas bióticas têm sido aplicadas aos macroinvertebrados para a avaliação da dinâmica ecológica de reservatórios. Entre elas, a diversidade beta tem recebido destaque nos últimos anos (Ferreira et al., 2025; Callisto et al., 2024; Durán et al., 2024; Bae et al., 2024). A diversidade beta pode ser usada para refletir as condições do ambiente, pois é definida como a variação na composição de espécies entre

diferentes comunidades ou habitats, e tem ganhado crescente atenção na ecologia aquática como uma métrica fundamental para compreender os padrões de distribuição da biodiversidade (Anderson et al., 2011). Diferentemente da diversidade alfa (diversidade de um determinado local) e gama (diversidade em uma escala regional), a diversidade beta fornece informações sobre os processos que governam a estruturação das comunidades em escala espacial, incluindo dispersão, seleção ambiental e deriva ecológica, pois reflete a dissimilaridade na diversidade de espécies entre locais (Legendre; De Cáceres, 2013).

A diversidade beta pode ser influenciada pelos padrões de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, que alteram diretamente os parâmetros físicos e químicos da água, como oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e pH (Molozzi et al., 2013). Atividades antropogênicas como agricultura intensiva, urbanização e desmatamento no entorno dos ecossistemas modificam a qualidade da água e a heterogeneidade de habitats, resultando em variações espaciais na composição das comunidades bentônicas (Silva et al., 2018). Essa relação entre paisagem, fatores ambientais e distribuição espacial das espécies torna a diversidade beta uma ferramenta valiosa para detectar gradientes de perturbação ambiental e identificar áreas prioritárias para conservação em ecossistemas aquáticos tais como os semiáridos (Barbosa et al., 2012).

Nesse contexto, as métricas LCBD (*Local Contribution to Beta Diversity*) e SCBD (*Species Contribution to Beta Diversity*) representam avanços metodológicos ~~significativo~~ na análise da diversidade beta (Legendre & De Cáceres, 2013). O LCBD quantifica a contribuição de cada sítio para a diversidade beta total, identificando locais com composições de espécies únicas ou atípicas. Enquanto o SCBD mede a contribuição de cada espécie para os padrões de diversidade beta, revelando espécies indicadoras de condições ambientais específicas (Heino & Grönroos, 2017).

Estudos recentes têm demonstrado que os padrões de diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos estão intimamente relacionados com gradientes ambientais, incluindo qualidade da água, características do substrato e pressões antropogênicas (Tomanova et al., 2018; Callisto et al., 2021; Durán et al., 2024; Callisto et al., 2024). No contexto de ecossistemas sujeitos a altas amplitudes de variações climáticas, como ecossistemas artificiais (reservatórios) no semiárido, onde a heterogeneidade ambiental é particularmente pronunciada devido às flutuações sazonais e espaciais, a diversidade beta pode fornecer *insights* valiosos sobre a integridade ecológica e os fatores que influenciam a estruturação das comunidades bentônicas. Contudo, apesar da

relevância ecológica desses ecossistemas aquáticos, ainda existe uma ~~significativa~~ lacuna de conhecimento sobre os padrões de diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios semiáridos, especialmente no que se refere à aplicação das métricas LCBD e SCBD como ferramentas de acompanhamento das flutuações da diversidade nessas regiões. A escassez de estudos específicos sobre essa temática limita a compreensão dos processos ecológicos que governam a distribuição espacial da biodiversidade aquática em ambientes semiáridos, evidenciando a necessidade de pesquisas que contribuam para o preenchimento dessa lacuna científica e para o desenvolvimento de estratégias de conservação mais adequadas às particularidades desses ecossistemas únicos.

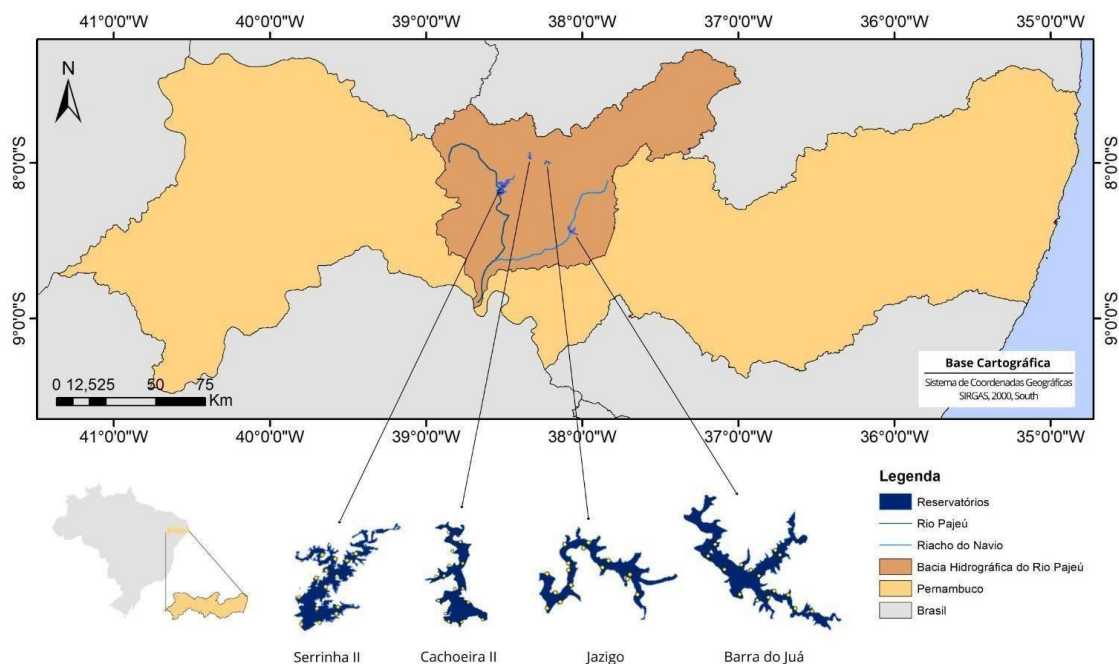
Diante desse contexto, este estudo pretende avaliar como a diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos por meio das métricas LCBD e SCBD podem identificar padrões de distribuição da biodiversidade e sua relação com fatores ambientais, além de utilizar a análise BIOENV (Anderson et al. 2008) para avaliar as relações entre as métricas de diversidade beta (LCBD e SCBD) e os parâmetros físicos e químicos da água, paisagem e composição do sedimento. Parte-se da hipótese de que a diversidade beta varia tanto espacial quanto temporalmente entre os reservatórios, refletindo diferenças nas condições ambientais, paisagem, composição do sedimento e na dinâmica hidrológica típica da região. Assim, espera-se encontrar locais com elevada singularidade biológica, bem como, espécies com forte influência na estrutura da comunidade, evidenciando que a heterogeneidade ambiental exerce papel central na organização dos macroinvertebrados bentônicos em sistemas represados do semiárido.

## **2 Material e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi conduzido em quatro reservatórios localizados na região semiárida brasileira: Barra do Juá, Jazigo, Cachoeira II e Serrinha II (Figura 1). Estes reservatórios são integrantes do baixo curso do Rio Pajeú, estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. As coletas foram realizadas em 15 pontos amostrais em dois períodos: um de seco (junho de 2022) e um chuvoso (maio de 2023).

**Figura 1.** Localização geográfica dos reservatórios Barra do Juá, Jazigo, Cachoeira II e Serrinha II, localizados na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco, Nordeste do Brasil. Os pontos em amarelo indicam os locais de amostragem nos reservatórios.



Os reservatórios estão inseridos no clima semiárido, classificado segundo Köppen-Geiger como BSw<sub>h</sub> (semiárido quente com chuvas de verão) (Alvares et al., 2013). Caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais, que geralmente variam entre 26 °C e 28 °C, podendo atingir valores máximos superiores a 32–34 °C durante o período seco, quando a radiação solar é mais intensa (Silva et al., 2017). Todos os reservatórios apresentam precipitação média anual de aproximadamente 431 mm, concentrada entre dezembro e maio (Marques et al., 2020). A vegetação predominante pertence ao bioma Caatinga, formada principalmente por espécies xerófitas, além de cactáceas que apresentam adaptações fisiológicas e morfológicas para suportar longos períodos de estiagem, como perda foliar durante a seca e rebrota rápida nas primeiras chuvas (Ferreira et al., 2020; Alves et al., 2021).

## 2.2 Dados biológicos

### 2.2.1 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

A coleta da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi realizada utilizando a draga Eckman-Birge (225 cm<sup>2</sup>) em cada local de amostragem. As amostras foram fixadas *in situ* com formaldeído 4% e transportadas ao Laboratório de Estudos

das Águas do Semiárido no IFPB. As amostras coletadas foram lavadas em água corrente no laboratório, utilizando peneiras com malha de 0,5 mm, e preservadas em álcool a 70%. Posteriormente, os indivíduos foram triados, contados e identificados com o auxílio de microscópio e chaves taxonômicas especializadas, até o menor nível taxonômico possível (Fernández, Domínguez., 2001; Mugnai, Nessimian, Baptista., 2010; Trivinho-Strixino and Strixino, 1995; Trivinho-Strixino, 2011).

## **2.3 Dados abióticos**

### **2.3.1 Paisagem**

As informações de caracterização do uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios foi conduzida por meio da aplicação do protocolo **River Habitat Survey** (versão 2003), adaptado por Rowan et al. (2006) para ambientes lênticos. Esse protocolo já tem sido aplicado para avaliação da paisagem em reservatórios (Jovem-Azevêdo et al., 2020). A avaliação do uso e ocupação ocorreu em cada ponto de amostragem nos reservatórios estudados. A avaliação ocorreu por meio da análise dos componentes da paisagem em uma faixa de 100 metros na zona de inundação e ripária de cada ponto amostral, considerando dois aspectos principais: i) o desenvolvimento urbano (pela presença de residências, linhas de transmissão, cercas, áreas de lazer e outras edificações); e ii) o desenvolvimento de atividades agropecuárias (incluindo o cultivo de gramíneas, frutíferas, pastagens, semi-pastagens e a presença de estruturas de irrigação). Todos os parâmetros serão analisados com base em sua presença ou ausência.

### **2.3.2 Parâmetros físicos e químicos da água**

Para determinar a qualidade da água, aspectos físicos e químicos da água foram mensurados em cada um dos 15 pontos de amostragem de cada reservatório. Em cada local de amostragem, foram estimadas a temperatura (°C), condutividade e oxigênio dissolvido com auxílio de um multiparâmetro (Akrom Kr8405). A transparência da água foi determinada com um disco de Secchi. Quinhentos mililitros de água foram coletados da subsuperfície para determinar os teores de fósforo total (PT - µg/L), fosfato solúvel reativo (FSR - µg/L), nitrogênio total (NT - µg/L) e íon amônio (NH<sub>3</sub>-µg/L), de acordo com os procedimentos propostos por APHA (2017). A clorofila-*a* foi estimada pela extração em acetona 90% (Lorenzen, 1967).

## 2.4 Análises de dados

As dissimilaridades das comunidades foram avaliadas por meio da abundância (índice de Bray-Curtis) e incidência de táxons (índice de Jaccard). A contribuição de cada ponto amostral para a diversidade beta (LCBD) foi quantificada identificando locais com composições de espécies únicas ou ecologicamente distintas. Valores elevados de LCBD indicam pontos com alta singularidade biológica (Legendre, 2013). O LCBD foi calculado através da decomposição da diversidade beta total em contribuições locais, onde cada valor representa uma proporção da diversidade beta total que pode ser atribuída a um sítio específico. Matematicamente, o LCBD para o sítio  $i$  é obtido pela fórmula:

$$\text{LCBD}_i = \text{SS}_i / \text{SS}_{\text{total}}$$

Onde:

$\text{SS}_i$  = soma dos quadrados das diferenças entre o sítio  $i$  e todos os outros sítios;

$\text{SS}_{\text{total}}$  = soma total dos quadrados de todas as diferenças entre sítios.

O cálculo utiliza matrizes de dissimilaridade (nesse estudo Bray-Curtis e Jaccard) quantificando as diferenças na composição de espécies entre os pontos amostrais. Valores de LCBD próximos a zero indicam sítios com composições típicas ou comuns, enquanto valores elevados (geralmente  $> 0,1$ ) sinalizam locais com características faunísticas excepcionais, que podem representar áreas de alta prioridade para conservação ou pontos sob condições ambientais específicas (Legendre; De Cáceres, 2013; Heino, Alahuhta, Fattorini, Schmera, 2023).

A contribuição de cada espécie para os padrões de diversidade beta (SCBD) também foi quantificada para cada local de amostragem, revelando espécies indicadoras de condições ambientais específicas ou com padrões de distribuição espacial distintos. O SCBD foi calculado através da decomposição da diversidade beta total em contribuições específicas de cada táxon, quantificando o quanto cada táxon contribui para a variação na composição das comunidades entre os sítios amostrais. Matematicamente, o SCBD para a espécie  $j$  é obtido pela fórmula:

$$\text{SCBD}_j = \text{SS}_j / \text{SS}_{\text{total}}$$

Onde:

$\text{SS}_j$  = soma dos quadrados das diferenças da espécie  $j$  entre todos os pares de sítios.

$\text{SS}_{\text{total}}$  = soma total dos quadrados de todas as diferenças entre sítios para todas as espécies.

O cálculo considerou a variância da abundância ou presença/ausência de cada espécie ao longo do gradiente espacial, utilizando matrizes de dissimilaridade baseadas em índices como Bray-Curtis e/ou Jaccard. Espécies com valores elevados de SCBD (geralmente  $> 0,1$ ) apresentam distribuições heterogêneas no espaço, indicando forte associação com condições ambientais específicas ou alta sensibilidade às variações locais, tornando-se potenciais bioindicadoras. Valores baixos de SCBD (mais próximos a zero) sugerem espécies com distribuição mais homogênea ou generalistas, que ocorrem de forma relativamente constante entre os diferentes sítios (Legendre; De Cáceres, 2013; Heino, Alahuhta, Fattorini, Schmera, 2023).

A Análise de Variância Permutacional (PERMANOVA) foi empregada para analisar diferenças significativas na composição da comunidade, parâmetros de qualidade da água e uso do solo e composição do sedimento entre os reservatórios (quatro níveis: Barra do Juá, Serrinha II, Jazigo, Cachoeira) e períodos sazonais (dois níveis: seca e chuva) (Anderson, 2001). A PERMANOVA utiliza permutações dos dados originais para gerar uma distribuição nula, testando a hipótese de que não há diferenças na composição das comunidades entre os fatores considerados. Para esta análise foram consideradas 9999 permutações e  $p=0,05$ .

A análise BIOENV (Anderson et al. 2008) foi realizada para avaliar as relações entre as métricas de diversidade beta (LCBD e SCBD) e os parâmetros físicos e químicos da água, paisagem e composição do sedimento. Nós também testamos se as relações variaram de acordo com os períodos sazonais amostrados.

Foi utilizada a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade para os índices LCBD, SCBD, parâmetros físicos e químicos da água e composição do sedimento. Dessa forma, foram realizadas randomizações com todas as combinações possíveis de variáveis físicas e químicas da água e variáveis granulométricas, e os subconjuntos de variáveis com maior correlação de Spearman foram selecionados com a matriz de similaridade da comunidade (Anderson et al. 2008). Para analisar as relações e os indicadores abióticos e bióticos foram empregadas correlações de Spearman. As correlações entre LCBD e variáveis ambientais permitirão identificar quais fatores abióticos estão associados aos pontos amostrais com maior singularidade biológica, enquanto as correlações entre SCBD e variáveis abióticas revelaram quais condições ambientais favorecem espécies com maior contribuição para a diversidade beta total.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Comunidade de Macroinvertebrados

Um total de 7.378 indivíduos foram coletados durante as campanhas de amostragem. A análise de PERMANOVA do conjunto de dados mostra diferenças significativas na abundância e riqueza de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios e entre os períodos seco e chuvoso (Tabela 1; Tabela 2).

A abundância total foi maior na estação seca (4.186 indivíduos) em comparação à chuvosa (3.192 indivíduos) (Tabela 1). Os reservatórios Barra do Juá (1.587 indivíduos) e Cachoeira II (1.432 indivíduos) se destacaram como os ambientes com maior abundância no período seco, enquanto Serrinha II manteve alta abundância no período chuvoso (2.050 indivíduos). Em contraste, Jazigo apresentou os menores valores em ambos os períodos (Tabela 1).

Quanto à riqueza foi observada redução durante o período chuvoso, os reservatórios apresentaram diferenças marcantes entre si: Barra do Juá manteve maior riqueza (28 táxons) tanto no período seco, como no período chuvoso (24 táxons), entretanto apresentou dominância do táxon Epheméridae (433 indivíduos) no período seco (433 indivíduos), enquanto no período chuvoso esse táxon esteve ausente (Tabela 1).

**Tabela 1** – Abundância de macroinvertebrados bentônicos e riqueza dos táxons nos quatro reservatórios Barra do Juá (BJ), Cachoeira II (CA), Jazigo (JA) e Serrinha II (SE) durante o período seco e chuvoso. Abundância total por táxon (ABT). (-) Ausência de registro.

Táxons	Período seco					Período chuvoso				
	BJ	CA	JA	SE	ABT	BJ	CA	JA	SE	ABT
Annelida										
Hirudinea	-	-	3	8	11	-	1	-	5	6
Oligochaeta	243	630	112	553	1538	144	270	30	1621	2065
Crustacea										
Decapoda	-	2	-	-	2	-	-	2	-	2
Ostracoda	-	-	-	-	-	-	1	-	3	4
Insecta										
Curculionidae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
Hydrophilidae	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3
Elmidae	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
Diptera										
Ceratopogonidae	2	-	-	-	2	1	7	3	1	12

<i>Chaoborus</i> (Lichtenstein, 1800)	-	-	-	-	-	-	49	2	-	51
Chironomidae -										
Ortocladiinae	1	-	-	-	1	1	-	-	-	1
Saetheria	2	-	14	-	16	1	-	-	-	1
Coelatanypus	4	1	-	1	6	6	-	-	-	6
Chironominae -										
1958 <i>Aedokritus</i>	1	3	-	-	4	-	-	-	2	2
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	5	-	-	5	10	5	1	-	5	11
<i>Chironomus</i> (Meigen,	3	-	2	6	11	9	4	8	6	27
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer,	2	-	-	-	2	91	-	-	-	91
<i>Fissimentum</i> (Cranston	18	-	-	-	18	9	-	-	2	11
<i>Goeldichironomus</i>	25	-	-	20	45	6	6	-	240	252
<i>Parachironomus</i> (Lenz,	1	-	-	12	13	14	4	-	12	30
<i>Polypedilum</i> (Kieffer,	218	-	-	-	218	63	-	-	-	63
<i>Tanytarsus</i> (Van der	421	-	1	-	422	196	9	-	8	213
Tanypodinae-										
<i>Ablabesmyia</i>	5	1	-	2	8	27	16	-	1	44
Psychodidae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Ephemeroptera										
Ephemeridae	433	-	-	-	433	-	-	-	-	-
Caenidae	61	1	-	1	63	34	-	-	-	34
Polymirtarcyidae	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-
Hemiptera										
Corexidae	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-
Odonata										
Coenagrionidae	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-
Gomphidae	7	-	-	1	8	1	-	-	1	2
Libellulidae	-	-	-	9	9	1	1	-	2	4
Trichoptera										
Leptoceridae	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Hydroptilidae	6	-	-	-	6	5	-	-	-	5
Polycentropodidae	18	-	-	-	18	1	-	-	-	1
Mollusca										
Gastropoda										
<i>Pomacea</i>	1	-	-	2	3	-	1	-	-	1
Cochliopidae										
<i>Littoridina</i> <i>manni</i>	39	-	-	8	47	21	-	-	1	22
<i>Littoridina</i> <i>inconspicua</i>	-	75	-	-	75	-	-	-	-	-
Planorbidae										
<i>Biomphalaria</i>	-	-	-	14	14	3	-	-	4	7

Uncancylus	2	-	-	13	15	3	-	-	1	4
<i>Melanoides tuberculata</i>	51	718	3	373	1145	42	34	5	131	212
(Müll										
Bivalvia										
Corbiculidae -										
<i>Corbicula largillierti</i>	12	-	-	-	12	-	-	-	-	-
(Philippi, 1844)										
Sphaeriidae										
Pisidium	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<b>Riqueza</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>21</b>		

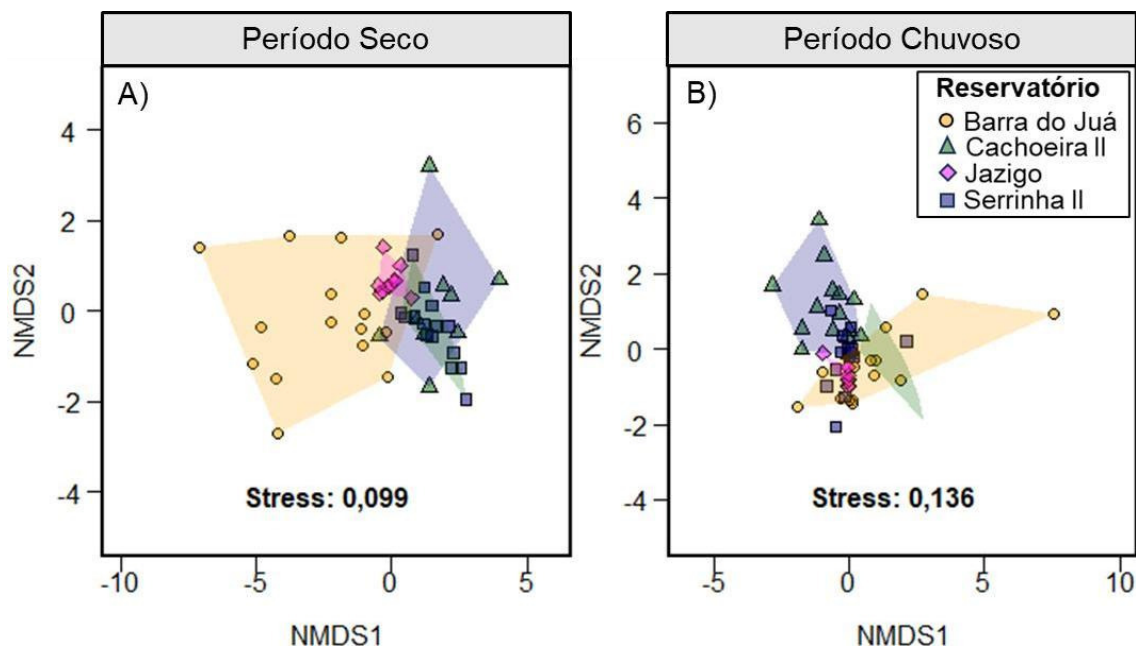
**Tabela 2:** Resultados da análise PERMANOVA aplicada à abundância de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios e os períodos seco e chuvoso. Valores em negrito destacam os valores significativos.

Fator	Abundância total
Sazonalidade	pseudo-F <sub>1,99</sub> : 4,13 <b>p &lt; 0,001</b> 9.936 permutações.
Reservatório	pseudo-F <sub>3,99</sub> : 16,3 <b>p &lt; 0,001</b> 9.925 permutações.
Sazonalidade x Reservatório	pseudo-F <sub>3,99</sub> : 2,9 <b>p &lt; 0,001</b> 9.906 permutações.

A NMDs evidenciou que a composição dos macroinvertebrados bentônicos varia sazonalmente, apresentando maior distinção entre os reservatórios na estação seca e maior homogeneização das comunidades durante a estação chuvosa (Figura 2).

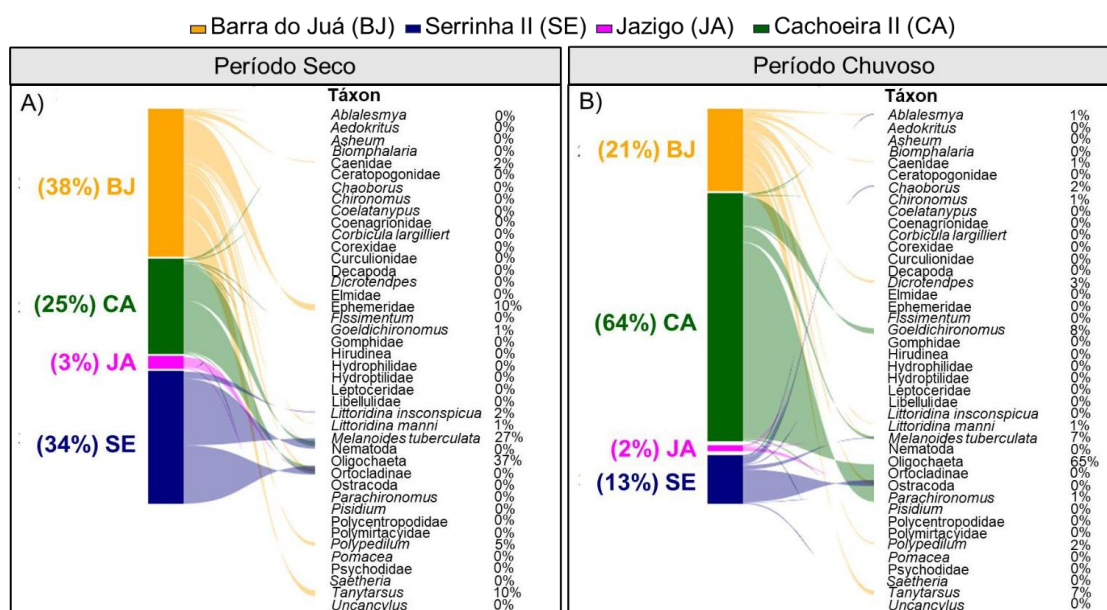
No período seco a ordenação NMDs refletiu maior separação entre os reservatórios, com pouca sobreposição entre Barra do Juá, Cachoeira II, Jazigo e Serrinha II (Figura 2A), indicando boa representação das relações de dissimilaridade. No período chuvoso, observou-se maior proximidade entre os agrupamentos, refletindo maior similaridade na composição especialmente entre Cachoeira II, Serrinha II e Jazigo. Barra do Juá permaneceu mais disperso, embora com menor distanciamento em relação aos demais (stress = 0,136) (Figura 2B).

**Figura 2:** Ordenação NMDs da composição de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios semiáridos no período seco (A) e chuvoso (B). As cores/formas indicam os reservatórios estudados. Os polígonos coloridos delimitam o agrupamento das amostras por reservatório.



O diagrama de Sankey apresenta as contribuições relativas dos táxons entre os reservatórios e os períodos analisados (Figura 3). No período seco, as maiores contribuições dos táxons foram nos reservatórios Barra do Juá (38%) e Serrinha (34%), respectivamente. Em contrapartida, Jazigo apresentou a menor contribuição (3%) (Figura 3A). Os táxons mais representativos ao longo desse período foram o *Oligochaeta* (37%), *Melanoides tuberculata* (27%) *Tanytarsus* (10%), *Ephemeridae* (10%) (Figura 3A). No período chuvoso, a menor contribuição relativa foi no reservatório Jazigo (2%) e a maior em Cachoeira II (64%) (Figura 3B). Entre os táxons mais representativos destacaram-se *Oligochaeta* (65%), *Goeldichironomus* (8%), *Melanoides tuberculata* (7%) e *Tanytarsus* (7%) (Figura 3B).

**Figura 3:** Diagrama Sankey mostrando a contribuição dos táxons de macroinvertebrados bentônicos em cada reservatório no período seco (A) e chuvoso (B). As barras à esquerda representam a proporção total de indivíduos registrada em cada reservatório (percentuais indicados), enquanto os fluxos conectam cada reservatório aos táxons e expressam sua participação relativa na abundância total; à direita, são apresentados os táxons e suas abundâncias relativas (%).



### 3.2 Diversidade beta: composição de LCBD e SCBD

Os valores de SCBD (*Species Contribution to Beta Diversity*/Contribuição da Espécie para a Diversidade Beta) permitiram identificar os táxons que mais contribuíram para a variação composicional. No período seco, as maiores contribuições ocorreram em *Ablabesmyia* (0,423), *Melanoides tuberculata* (0,592) e *Oligochaeta* (0,369). No período chuvoso, destacou-se a forte contribuição de *Ceratopogonidae* (0,682) e *Chaoborus* especialmente em Jazigo (0,456) e Cachoeira II (0,250), além de *Goeldichironomus* (0,379) e *M. tuberculata* (0,241) (Tabela 3).

**Tabela 3** – Valores de contribuição das espécies para a diversidade beta (SCBD) dos macroinvertebrados bentônicos em reservatórios semiáridos durante o período seco e chuvoso. Os valores representam a contribuição relativa de cada táxon para a variação composicional entre os reservatórios Barra do Juá (BJ), Cachoeira II (CA), Jazigo (JA) e Serrinha II (SE). Valores em negrito destacam os táxons dominantes.

Táxons	Período seco				Período chuvoso			
	BJ	CA	JA	SE	BJ	CA	JA	SE
Annelida								
Hirudinea	-	-	0,078	0,019	-	0,004	-	0,025
Oligochaeta	0,073	0,269	0,130	<b>0,369</b>	0,161	0,226	0,134	0,257
Crustacea								
Decapoda	-	0,005	-	-	-	-	0,045	-
Ostracoda	-	-	-	-	-	0,003	-	0,020
Insecta								

Curculionidae	-	-	-	-	-	0,015	-	-
Hydrophilidae	-	-	-	-	0,0007	-	-	0,003
Elmidae	-	0,002	-	-	-	-	-	-
Diptera								
Ceratopogonidae	0,019	-	-	-	0,005	0,021	<b>0,682</b>	0,003
<i>Chaoborus</i> (Lichtenstein, 1800)	-	-	-	-	-	<b>0,250</b>	<b>0,456</b>	-
Chironomidae -								
Ortocladiinae	0,009	-	-	-	0,011	-	-	-
Saetheria	0,025	-	0,380	-	0,0004	-	-	-
Coelatanypus	0,043	0,025	-	0,004	0,004	-	-	-
Chironominae -								
<i>1958 Aedokritus</i> (Roback, 1958)	0,016	0,014	-	-	-	-	-	0,013
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	0,031	-	-	0,020	0,029	0,003	-	0,019
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	0,025	-	0,326	0,014	0,061	0,040	0,182	0,024
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	0,018	-	-	-	0,051	-	-	-
<i>Fissimentum</i> (Cranston & Nolte, 1996)	0,055	-	-	-	0,037	-	-	0,013
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1955)	0,053	-	-	0,028	0,042	0,076	-	<b>0,379</b>
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	0,009	-	-	0,024	0,017	0,030	-	0,024
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	0,034	-	-	-	0,111	-	-	-
<i>Tanytarsus</i> [Van der Wulp, 1874]	0,032	-	0,027	-	0,116	0,035	-	0,034
Tanypodinae -								
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen, 1905)	<b>0,423</b>	-	-	0,004	0,017	0,049	-	0,0003
Psychodidae	-	-	-	-	-	-	-	0,002
Ephemeroptera								
Ephemeridae	0,053	-	-	-	-	-	-	-
Caenidae	0,054	0,025	-	0,002	0,021	-	-	-
Polymirtarcyidae	0,025	-	-	-	-	-	-	-
Hemiptera								
Corexidae	-	-	-	0,005	-	-	-	-
Odonata								
Coenogronidae	-	-	-	0,007	-	-	-	-
Gomphidae	0,055	-	-	0,006	0,011	-	-	0,002
Libellulidae	-	-	-	0,021	0,005	0,003	-	0,0006
Trichoptera								
Leptoceridae	0,022	-	-	-	-	-	-	-
Hydroptilidae	0,013	-	-	-	0,028	-	-	-
Polycentropodidae	0,043	-	-	-	0,003	-	-	-
Mollusca								
Gastropoda								
<i>Pomacea</i>	0,012	-	-	0,005	-	0,003	-	-

Cochliopidae								
<i>Littoridina manni</i>	0,071	-	-	0,024	0,089	-	-	0,006
<i>Littoridina inconspicua</i>	-	0,215	-	-	-	-	-	-
Planorbidae								
Biomphalaria	-	-	-	0,028	0,021	-	-	0,005
Uncancylus	0,119	-	-	0,058	0,015	-	-	0,002
<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)	0,077	0,446	<b>0,592</b>	0,363	0,144	<b>0,241</b>	0,114	0,166
Bivalvia								
Corbiculidae -								
<i>Corbicula largillierti</i> (Philippi, 1844)	0,059	-	-	-	-	-	-	-
Sphaeriidae								
Pisidium	0,022	-	-	-	-	-	-	-
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	0,007

A análise de LCBBD revelou ausência de efeitos significativos para os fatores avaliados (sazonalidade, reservatório ou interação), tanto na matriz baseada em abundância quanto em presença/ausência (Tabela 4). A contribuição local para a diversidade beta permaneceu semelhante entre reservatórios e entre períodos sazonais.

Com base na abundância, os resultados mostraram que apenas uma parte dos pontos amostrais apresentou contribuição significativamente elevada para a diversidade beta total. No total, 11 pontos tiveram maiores contribuições, distribuídos entre os quatro reservatórios. Barra do Juá apresentou o maior número de pontos com LCBBD elevado (cinco pontos: três pontos no período seco (0,133; 0,118 e 0,111); e dois pontos no período chuvoso (0,114 e 0,100)), seguido de Serrinha II (dois pontos ambos no período chuvoso (0,208 e 0,195)), Jazigo (um pontos no período seco (0,440) e um no período chuvoso (0,439)) e Cachoeira II (dois pontos no período seco (0,221) e um ponto no período chuvoso (0,222)).

Quando analisado com base na presença e ausência dos táxons, o LCBBD também identificou um conjunto restrito de pontos com contribuição significativamente elevada, totalizando 10 pontos significativos. Barra do Juá apresentou quatro pontos com LCBBD elevado (dois no período seco (0,106 e 0,102); e dois no período chuvoso (0,114 e 0,107)), Serrinha II apresentou dois (um no período seco (0,185) e um no período chuvoso (0,112)), Jazigo apresentou um ponto significativo (período chuvoso (0,46)), enquanto Cachoeira II apresentou três (um no período seco (0,145) e dois no período

chuvoso (0,222 e 0,176)). Entretanto, apesar da presença desses pontos localmente singulares, a análise global entre os reservatórios não indicou diferenças significativas nos valores de LCB, reforçando que a singularidade ocorre de forma pontual e não em nível de reservatório (Tabela 4)

**Tabela 4:** Resultados da análise PERMANOVA aplicada à LCB (Abundância) e à LCB (Presença/Ausência) nos reservatórios avaliados.

Fator	LCB (Abundância)	LCB (Presença/Ausência)
Sazonalidade	pseudo-F <sub>1,100</sub> : 1,28 p = 0,9133, 9837 permutações.	pseudo-F <sub>1,100</sub> : 0,14, p = 0,7248, 9835 permutações.
Reservatório	pseudo-F <sub>3,100</sub> : 0,57, p = 0,6467, 9957 permutações.	pseudo-F <sub>3,100</sub> : 2,17, p = 0,0921, 9956 permutações.
Sazonalidade e x reservatório	pseudo-F <sub>3,100</sub> : 1,36, p = 0,2579, 9954 permutações.	pseudo-F <sub>3,100</sub> : 1,12, p = 0,3548, 9946 permutações.

### 3.3 Variáveis ambientais

A PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*/Análise Multivariada de Variância Permutacional) (Tabela 5) mostrou efeitos significativos de sazonalidade e reservatório sobre os parâmetros físicos e químicos da água e sobre a paisagem. Para a composição do sedimento, somente o efeito do reservatório e da interação sazonalidade × reservatório foram significativos, indicando diferenças estruturais associadas ao ambiente, mas não ao período sazonal isoladamente.

**Tabela 5:** Resultados da análise PERMANOVA aplicada à composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e às variáveis ambientais (parâmetros físicos e químicos da água, composição do sedimento e paisagem entre os reservatórios avaliados e os períodos seco e chuvoso. Valores em negrito destacam os valores significativos.

Fator	Variáveis ambientais	Composição do sedimento	Paisagem
-------	----------------------	-------------------------	----------

Sazonalidade	pseudo-F <sub>1,98</sub> : 92,21 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.954 permutações.	pseudo-F <sub>1,98</sub> : 0,58 p = 0,5337, 9.945 permutações.	pseudo-F <sub>1,98</sub> : 14,35 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.928 permutações.
Reservatório	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 29,9 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.935 permutações.	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 29,9 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.935 permutações.	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 10,0 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.909 permutações.
Sazonalidade x Reservatório	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 15,18 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.936 permutações.	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 15,18 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.936 permutações.	pseudo-F <sub>3,98</sub> : 3,85 <b>p &lt; 0,001</b> , 9.916 permutações.

### 3.4 Diversidade beta vs. variáveis ambientais

A análise BIOENV indicou correlações baixas entre LCBD e os conjuntos de variáveis ambientais avaliadas (Tabela 6). Para a matriz de abundância, as melhores associações envolveram: Físico e químico (seca): 0,164; Composição do sedimento (chuva): 0,168; e Paisagem (seca): 0,135. Para a matriz de presença/ausência, destacaram-se: Físico e químico (seca): 0,224; Composição do sedimento (chuva): 0,115; e Paisagem (seca): 0,100.

Os baixos coeficientes de correlação reforçam que a singularidade biológica expressa pelo LCBD apresentou fraca associação com as variáveis ambientais analisadas.

**TABELA 6:** Resultados da análise BIOENV com as correlações entre o índice LCDB e as variáveis físico-químicas da água, composição do sedimento e paisagem nos reservatórios Barra do Juá, Serrinha, Cachoeira e Jazigo no período de seca e chuva.

Métrica biótica	Modelo	Correlação
<i>Abundância</i>		
LCDB x Físico e químico (seca)	Transparência da água	0,164
LCDB x Físico e químico (chuva)	OD + transparência da água	0,05
LCDB x Composição do sedimento (seca)	Areia média + silte	0,106
LCDB x Composição do sedimento (chuva)	Areia média	0,168
LCDB x Paisagem (seca)	Pastagem + linha de transmissão	0,135
LCDB x Paisagem (chuva)	Residência + linha de transmissão	0,09
<i>Presença e ausência</i>		
LCDB x Físico e químico (seca)	OD + transparência da água	0,224
LCDB x Físico e químico (chuva)	Temperatura + OD + transparência da água	0,156

LCDB x Composição do sedimento (seca)	Areia grossa + média	0,107
LCDB x Composição do sedimento (chuva)	Areia média + silte	0,115
LCDB x Paisagem (seca)	Pastagem + linha de transmissão	0,100
LCDB x Paisagem (chuva)	Agricultura	0,085

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo revelaram padrões estruturais consistentes na comunidade de macroinvertebrados bentônicos e na diversidade beta entre os reservatórios semiáridos nos períodos analisados.

Observou-se forte dominância de táxons tolerantes, como *Oligochaeta*, *M. tuberculata*, Chironomidae e *Chaoborus*, refletindo a alta resiliência dessas espécies às condições ambientais extremas. A estrutura da comunidade apresentou variação marcante entre os períodos sazonais, com maior dissimilaridade entre reservatórios na estação seca e homogeneização da composição durante o período de chuva. Os valores de SCBD destacaram que poucos táxons foram responsáveis pela maior parte da variação espacial, mudando entre os períodos de seca e chuva, enquanto o LCBD manteve-se estável, sem diferenças significativas entre períodos ou reservatórios. Embora as variáveis físicas e químicas da água, o sedimento e a paisagem tenham exibido diferenças espaciais e temporais significativas, suas correlações com LCBD foram baixas. Em conjunto, esses resultados indicam que a dinâmica sazonal e a substituição de táxons estruturadores, mais do que a singularidade local, explicam a variação observada na diversidade beta nos reservatórios estudados (Pinheiro, 2015; Bae et al., 2024; Barbola et al, 2011) .

A hipótese inicial deste estudo postulava que a diversidade beta de macroinvertebrados bentônicos variaria tanto espacial quanto temporalmente entre os locais estudados, refletindo diferenças nas condições ambientais, características da paisagem, composição do sedimento e na dinâmica hidrológica típica do semiárido. Nossos resultados não apoiam essa hipótese. No entanto, encontramos novos *insights* acerca da estruturação das comunidades em sistemas semiáridos. Nosso conjunto de dados mostra o papel modulador da variação temporal sobre a composição das comunidades e o papel de táxons específicos na estruturação da diversidade beta. Entretanto, a ausência de efeitos significativos da sazonalidade e dos reservatórios sobre os valores de LCBD indica que a contribuição local para a diversidade beta permaneceu relativamente estável, sugerindo que a heterogeneidade espacial entre os sítios não foi suficientemente forte para gerar singularidade biológica expressiva.

A composição da comunidade bentônica exibiu padrões típicos de ambientes lênticos do semiárido, onde táxons tolerantes como *Oligochaeta*, *Melanoides tuberculata*, Chironomidae e Chaoboridae tendem a dominar sob condições ambientais extremas. A dominância desses táxons, sobretudo durante o período seco, está alinhada com estudos que demonstram a predominância de organismos resistentes a estresses ambientais em reservatórios semiáridos, especialmente aqueles associados à baixa disponibilidade hídrica, anoxia temporária e sedimentos instáveis (Molozzi et al., 2013; Medeiros et al., 2025). A elevada abundância dos táxons de *M. tuberculata* e *Oligochaeta* observada em nosso estudo, reforça o papel da tolerância fisiológica e da plasticidade ecológica como mecanismos centrais na persistência desses organismos (Tramonte, 2021).

O desaparecimento de Epheméridae no período chuvoso em Barra do Juá sugere uma sensibilidade acentuada dessa família às mudanças hidrológicas típicas da estação (Firmiano, 2014). Como é um táxon geralmente associado a águas mais oxigenadas, ambientes estáveis e substratos menos perturbados, sua ocorrência tende a diminuir quando ocorre aumento do volume hídrico, maior turbidez e maior ressuspensão de sedimentos que são condições comuns após eventos de chuva em reservatórios semiáridos (Callisto et al., 2005; Santana et al., 2015). A diluição de nutrientes, a redução da transparência da água e a maior instabilidade do sedimento podem ter ultrapassado limites ecológicos toleráveis para o grupo, resultando em sua ausência no período chuvoso (Silveira et al., 2006; Molozzi et al., 2013). Dessa forma, o desaparecimento de Epheméridae reforça seu potencial como indicador da influência da sazonalidade e da qualidade ambiental em Barra do Juá.

O padrão sugerido pela homogeneização da composição das comunidades durante a estação chuvosa, possivelmente está associado ao aumento do volume hídrico, maior conectividade interna dos reservatórios e condições ambientais mais uniformes (Santos, 2016). Esse padrão é consistente com o comportamento hidrológico dos reservatórios semiáridos, onde a estação chuvosa tende a promover aumento no volume hídrico, diluição dos nutrientes, maior mistura na coluna d'água e, conseqüentemente, redução das diferenças ambientais entre ambientes (Silva et al., 2018).

De modo geral, os resultados sugerem que a sazonalidade exerce forte influência sobre a composição e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos, alterando não apenas a contribuição relativa dos reservatórios, mas também a predominância de táxons específicos. Observou-se também que apenas uma parcela reduzida dos táxons

apresenta participação expressiva na comunidade, enquanto a maioria ocorre com baixa representatividade. Esses achados indicam forte dominância de poucos grupos estruturadores e variação considerável entre os reservatórios, aspectos que se tornam ainda mais evidentes quando os períodos sazonais são analisados separadamente.

Os valores de SCBD forneceram informações adicionais sobre os táxons que mais contribuíram para a heterogeneidade espacial. No período seco, *Ablabesmyia* sp, *Melanoides tuberculata* e *Oligochaeta* foram os principais responsáveis pela variação composicional entre locais, indicando que esses organismos respondem de forma diferenciada aos gradientes ambientais e às condições locais. Já na estação chuvosa, a substituição dos principais contribuintes por grupos como Ceratopogonidae, *Chaoborus* sp. e *Goeldichironomus* sp. sugere que o aumento do volume hídrico, a maior coluna d'água e a maior oxigenação favorecem táxons com maior mobilidade, hábitos predatórios ou adaptações específicas ao ambiente pelágico (Farias et al., 2018). Esses resultados reforçam a ideia de que a dinâmica sazonal modula a distribuição das espécies e suas contribuições para a diversidade beta, atuando como força estruturadora das comunidades bentônicas no semiárido (Heino & Grönroos, 2017; Medeiros et al., 2025).

De modo geral, os padrões de SCBD sugerem que um conjunto reduzido de táxons estruturou grande parte da heterogeneidade espacial observada entre os reservatórios, com variações marcantes entre seca e chuva.

Embora diversos pontos amostrais tenham apresentado valores elevados de LCB, indicando composição faunística localmente singular, a análise PERMANOVA não detectou diferenças significativas nos valores de LCB entre os reservatórios, tanto para abundância quanto para presença/ausência. Esse contraste indica que, apesar de existirem pontos dentro dos reservatórios com elevada contribuição para a diversidade beta, a variação da singularidade biológica não ocorre de forma sistemática entre os reservatórios como unidades ecológicas. Em outras palavras, há heterogeneidade interna, mas não há heterogeneidade consistente entre os reservatórios. Esse padrão sugere que a singularidade local dos sítios está mais associada a condições microambientais, variações estruturais do sedimento, profundidade ou influência pontual da paisagem, do que a diferenças ambientais amplas entre os reservatórios. Além disso, a predominância de táxons amplamente tolerantes e distribuídos em todos os ambientes, característica típica de sistemas semiáridos, tende a reduzir contrastes entre reservatórios, limitando o surgimento de valores de LCB consistentemente

distintos em nível de ecossistema, embora alguns pontos individuais ainda apresentem composição atípica. Assim, a singularidade detectada é essencialmente intra reservatório, concentrada em poucos pontos com composições atípicas, enquanto o conjunto dos quatro reservatórios mantém níveis semelhantes de contribuição para a diversidade beta regional, indicando ausência de singularidade em escala de reservatório.

Esses padrões demonstram que a variação ambiental nos reservatórios é marcada por diferenças espaciais consistentes e por mudanças ligadas à dinâmica sazonal, sobretudo no que diz respeito à qualidade da água e aos atributos da paisagem.

Apesar da clara variação sazonal na composição e da mudança nos táxons estruturadores, os valores de LCBBD não apresentaram diferenças significativas entre períodos ou reservatórios. Isso sugere que, embora a composição mude, a singularidade dos sítios permanece relativamente constante, possivelmente devido à predominância de espécies amplamente distribuídas e tolerantes, que tendem a ocorrer na maior parte dos ambientes estudados (Dos Santos, 2023). Estudos conduzidos em reservatórios do semiárido e em outros sistemas de regiões tropicais já destacaram que a elevada tolerância ambiental de grande parte da fauna bentônica contribui para limitar a distinção biológica de sítios individuais (Tomanova et al., 2018). Assim, a ausência de variação no LCBBD pode refletir um processo de redundância ecológica, no qual diferentes ambientes são ocupados por comunidades estruturalmente semelhantes, mesmo sob condições ambientais distintas (Legendre & De Cáceres, 2013; Bini et al., 2014; Heino et al., 2023).

As diferenças significativas nas variáveis físico-químicas da água e na paisagem entre reservatórios (PERMANOVA) indicam que os reservatórios apresentam marcada heterogeneidade ambiental. Esse cenário sugere que variações espaciais e sazonais podem influenciar diretamente a organização das comunidades, reforçando que as condições ambientais não são uniformes e tendem a moldar a dinâmica ecológica desses sistemas (Silva et al., 2012). No entanto, as correlações com a LCBBD obtidas pela análise BIOENV foram baixas, indicando que a singularidade biológica medida pelo LCBBD possui fraca associação com os gradientes ambientais avaliados. Essa dissociação entre variação ambiental e contribuição local já foi registrada em outros estudos e geralmente está relacionada à predominância de espécies tolerantes, à influência de processos estocásticos e à resiliência das comunidades bentônicas em ambientes sujeitos a variações hidrológicas intensas (Pinha, 2022; Heino et al., 2023).

Assim, embora a estrutura da comunidade tenha variado ao longo das estações, especialmente devido a mudanças na composição das espécies e aos táxons que contribuíram para essa variação, a contribuição local (LCBD) permaneceu uniforme entre ambientes e períodos, e sua relação com as variáveis ambientais foi fraca.

Os resultados do presente estudo sugerem que processos como tolerância ambiental, substituição sazonal de espécies estruturadoras e homogeneização biótica desempenham papel central na organização das comunidades bentônicas nos reservatórios estudado, assim como ocorre em outros trabalhos (Molozzi et al., 2013; Heino & Grönroos, 2017; Medeiros et al., 2025; Heino et al., 2015; Chaib et al., 2023).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nossos achados demonstraram que os macroinvertebrados bentônicos respondem fortemente à dinâmica sazonal característica dos reservatórios do semiárido, evidenciando mudanças expressivas na composição das comunidades entre os períodos seco e chuvoso. Apesar de a hipótese inicial ter proposto que a diversidade beta variaria de forma consistente entre os reservatórios e entre os períodos sazonais, refletindo diretamente os gradientes ambientais, características do sedimento e atributos da paisagem, os resultados obtidos não confirmaram essa premissa. Embora tenham sido observadas mudanças composicionais marcantes entre os períodos seco e chuvoso, especialmente relacionadas à substituição de táxons estruturadores, a contribuição local para a diversidade beta (LCBD) permaneceu estável e sem diferenças significativas entre os reservatórios ou períodos analisados. Além disso, as correlações entre LCBD e as variáveis ambientais foram fracas, indicando que tais gradientes não exerceram influência suficiente para gerar singularidade biológica expressiva entre os sítios. Dessa forma, conclui-se que a diversidade beta nos reservatórios estudados é mais modulada por processos sazonais e pela dominância de táxons tolerantes do que por diferenças ambientais amplas, o que contraria a hipótese inicialmente proposta.

As análises de SCBD e LCBD mostraram que, embora alguns táxons contribuam de forma expressiva para a variação composicional entre os ambientes, a singularidade local dos sítios permaneceu relativamente constante ao longo dos períodos amostrados. Esses resultados reforçam que processos sazonais influenciam a substituição de espécies, mas não alteram necessariamente o padrão de singularidade entre os pontos ou reservatórios.

As variáveis ambientais apresentaram variação espacial e temporal, mas exibiram baixa correspondência com as métricas de diversidade beta, indicando que a estrutura das comunidades bentônicas pode ser mais fortemente controlada por mecanismos biológicos associados à tolerância e persistência das espécies em ambientes sujeitos a condições extremas.

De modo geral, nossos resultados contribuem para ampliar o entendimento sobre o funcionamento ecológico de reservatórios do semiárido e destacam a importância dos macroinvertebrados bentônicos como ferramentas valiosas para o entendimento dos processos ecológicos em reservatórios do semiárido, refletindo tanto o efeito da variação hidrológica quanto a presença de táxons sensíveis e táxons tolerantes. A compreensão desses padrões contribui para o aprimoramento de estratégias de monitoramento e manejo ambiental em sistemas aquáticos da região, sobretudo em cenários de intensificação da seca e de mudanças no uso do solo.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros explorem abordagens multiescalares, integrem análises funcionais e incluam séries temporais mais longas, a fim de elucidar com maior precisão os processos que governam a estruturação das comunidades bentônicas em ambientes represados do semiárido. Tais avanços serão fundamentais para orientar políticas de conservação e gestão da água mais eficientes nesses ecossistemas altamente vulneráveis pela variabilidade climática e pelas pressões antrópicas na região.

## REFERÊNCIAS

**ALVES, R. R. N. et al.** Dry forest ecology and plant adaptations in the Caatinga biome. *Environmental Research*, v. 197, p. 111–176, 2021.

**ALVARES, C. A. et al.** Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

**ANDERSON, M. J.** A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.

**ANDERSON, M. J. et al.** Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2011.

**APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23. ed. Washington, DC, 2017.

**BAE, M. J. et al.** Temporal beta diversity and community concordance in freshwater fish and benthic macroinvertebrates on a national scale: Does biodiversity change at the same rate? *Global Ecology and Conservation*, v. 52, 2024.

**BARBOLA, I. F. et al.** Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 101, p. 15-23, 2011.

**BARBOSA, J. E. L. et al.** Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

**BINI, L. M. et al.** Analyses of beta diversity: a review. *Ecography*, v. 37, p. 1–13, 2014.

**CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R.** Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 61, n. 2, p. 259-266, 2005.

**CALLISTO, M.; et al.** Beta diversity of aquatic macroinvertebrate assemblages associated with leaf patches in neotropical montane streams. *Ecology and Evolution*, v. 11, p. 2500–2514, 2021.

**CALLISTO, M. et al.** Beta diversity of aquatic macroinvertebrate assemblages associated with aquatic macrophytes in shallow lakes within a tropical floodplain-dammed river. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 36, 2024.

**CARVALHO, W. F. S. et al.** Reservatório de Sobradinho-BA: considerações sobre a história, os impactos e a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos. 2024.

**CASTRO, C. N.** Semiárido, escassez hídrica e articulação de políticas públicas. 2025.

**CHAIB, S. et al.** Ecological structure of aquatic macroinvertebrate communities in the Hauts Plateaux of Northeast Algeria. *Brazilian Journal of Biology*, 2023.

**COSTA, E.; SILVA, J. G. M.; LINARES, M. S.** Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água em um cenário de mudanças climáticas: uma revisão sistemática. *Revista Espinhaço*, v. 13, n. 1, 2024.

**DOS SANTOS, J. S.** Diversidade beta e fatores atuantes sobre a distribuição das comunidades de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) no contexto de paisagem fluvial. 2023.

**DURÁN, A. et al.** Upstream cascade reservoirs drive temporal beta diversity increases through species loss in a dammed river. *Scientific Reports*, v. 14, 2024.

**FARIAS, R. L. et al.** Segregação espacial de macroinvertebrados bentônicos em um rio intermitente do semiárido brasileiro. 2018.

**FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E.** *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, 2001.

**FERREIRA, I. A. et al.** Functional traits and drought strategies in Caatinga vegetation. *Journal of Arid Environments*, v. 177, p. 104146, 2020.

**FERREIRA, V. M. B. et al.** O represamento afeta a diversidade beta taxonômica, mas não a funcional: tendências temporais e longitudinais nas comunidades de peixes em um reservatório neotropical. 2025.

**FIRMIANO, K. R.** Assembleias de Ephemeroptera (Insecta) em riachos de cabeceirano bioma Cerrado. 2014.

**HEINO, J. et al.** A comparative analysis of beta diversity across organisms and ecosystems. *Ecology Letters*, v. 18, p. 1345–1353, 2015.

**HEINO, J.; GRÖNROOS, M.** Exploring species and site contributions to beta diversity in stream insect assemblages. *Freshwater Biology*, v. 62, n. 2, p. 405-417, 2017.

**HEINO, J. et al.** Local contribution to beta diversity (LCBD) and species contribution to beta diversity (SCBD) reveal both congruent and contrasted patterns in pond networks. *Oikos*, v. 132, n. 7, p. e09785, 2023.

**HEPP, L. U.; RESTELLO, R. M.** Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. In: *Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares*. Erechim: Edifapes, 2007. p. 75-85.

**KAMADA, M. D. L.; DE-LUCCA, G. M.; DE-LUCCA, J. V.** Utilização dos macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água no Córrego Retiro Saudoso em Ribeirão Preto-SP. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 2, p. 250-261, 2012.

**LEGENDRE, P.** Partitioning beta diversity: nature, meanings and estimation. *Ecology Letters*, 2013.

**LEGENDRE, P.; DE CÁCERES, M.** Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecology Letters*, v. 16, n. 8, p. 951–963, 2013.

**LORENZEN, C. J.** Vertical distribution of chlorophyll and phaeo-pigments: Baja California. *Deep Sea Research*, v. 14, p. 735–745, 1967.

**MALTCHIK, L. et al.** Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). *Pesquisas em Geociências*, v. 37, n. 3, p. 221–230, 2010.

**MARQUES, E. T. et al.** Variação do estado trófico do Riacho do Navio, semiárido pernambucano. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2020.

**MEDEIROS, B. et al.** Desenvolvimento de ferramenta para avaliação dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade em reservatórios. In: *XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2023.

**MEDEIROS, C. R. et al.** How does the storage volume of semi-arid reservoirs change water quality and modulate the diversity of benthic macroinvertebrates? *Science of The Total Environment*, v. 958, 177881, 2025.

- MOLOZZI, J. et al.** Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos de Pernambuco. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 103, n. 3, p. 191-199, 2013.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F.** *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.
- PINHA, L. D. S.** Influência da conexão sobre as respostas da diversidade local e beta de macroinvertebrados bentônicos para oscilações no nível hidrológico. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.
- PINHEIRO, L. A. P.** Efeitos de seca prolongada na diversidade beta de assembleias de peixes de um reservatório semiárido. 2015.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H.** *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 1993.
- ROWAN, L.; SCHMIDT, R.; MARS, J. C.** Distribution of hydrothermally altered rocks... *Remote Sensing of Environment*, v. 104, p. 74–87, 2006.
- SANTANA, H. S. et al.** The rainy season increases the abundance and richness of the aquatic insect community in a Neotropical reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 1, p. 144–151, 2015.
- SANTOS, N. C. L.** Sistemas de reservatórios em série: respostas ecológicas à fragmentação de habitat e alteração do regime de fluxo. 2016.
- SILVA, A. L. L. et al.** Diversidade e variação espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma Lagoa Costeira Subtropical no Sul do Brasil. 2012.
- SILVA, T. G. F. et al.** Variabilidade climática e características termo-hídricas no semiárido brasileiro. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 130, p. 635–648, 2017.
- SILVA, M. F. et al.** Impacts of land use on water quality and sediment load in a tropical semi-arid watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, p. 1–14, 2018.
- SILVEIRA, M. P. et al.** Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 2B, p. 623–632, 2006.
- TRAMONTE, R. P.** Gastrópodes não nativos de água doce: uma revisão sistemática global e distribuição potencial de duas espécies problemáticas. 2021.
- TOMANOVA, S.; MOYA, N.; OBERDORFF, T.** Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams. *River Research and Applications*, v. 24, n. 3, p. 243–262, 2008.  
(Obs.: seu texto citava 2018; mantendo o ano correto da referência original.)
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G.** *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo*. 1995.

**TRIVINHO-STRIXINO, S.** Chironomidae do Estado de São Paulo. *Biota Neotropica*, v. 11, p. 675–684, 2011.



<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
Campus Princesa Isabel - Código INEP: 25282930
Br 426, S/N, Zona Rural / Sítio Barro Vermelho, CEP 58755-000, Princesa Isabel (PB)
CNPJ: 10.783.898/0007-60 - Telefone: (83) 3065.4901

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

<b>Assunto:</b>	TCC
<b>Assinado por:</b>	Amanda Bezerra
<b>Tipo do Documento:</b>	Dissertação
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

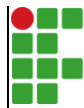
- **Amanda Letícia Florentino Mandú Bezerra, DISCENTE (202114020042) DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CAMPUS PRINCESA ISABEL**, em 02/02/2026 17:27:41.

Este documento foi armazenado no SUAP em 02/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1751529

Código de Autenticação: 779ceafbe4





<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
Campus Princesa Isabel - Código INEP: 25282930
Br 426, S/N, Zona Rural / Sítio Barro Vermelho, CEP 58755-000, Princesa Isabel (PB)
CNPJ: 10.783.898/0007-60 - Telefone: (83) 3065.4901

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

<b>Assunto:</b>	TCC
<b>Assinado por:</b>	Amanda Bezerra
<b>Tipo do Documento:</b>	Dissertação
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Amanda Letícia Florentino Mandú Bezerra, DISCENTE (202114020042) DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CAMPUS PRINCESA ISABEL**, em 10/02/2026 12:28:27.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1761507

Código de Autenticação: 8704cc2d99

