



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPUS I

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NÚBIA GABRIELLE DE OLIVEIRA PEREIRA

**MEDIDAS DE DIVERSIDADE NA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS EM RESPOSTA A REDUÇÃO DO VOLUME HÍDRICO EM RESER-
VATÓRIOS NO SEMIÁRIDO**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

NÚBIA GABRIELLE DE OLIVEIRA PEREIRA

**MEDIDAS DE DIVERSIDADE NA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS EM RESPOSTA A REDUÇÃO DO VOLUME HÍDRICO EM RESER-
VATÓRIOS NO SEMIÁRIDO**

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

Área de concentração: Ecologia.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Joseline Molozzi

Coorientador: Me.^a Érica Luna Ferreira Álvaro

CAMPINA GRANDE - PB

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.

P436m Pereira, Nubia Gabrielle de Oliveira.

Medidas de diversidade na assembleia de macroinvertebrados bentônicos em resposta a redução do volume hídrico em reservatórios no semiárido de diversidade [manuscrito] / Nubia Gabrielle de Oliveira Pereira. - 2024.

21 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 Luna Ferreira Álvaro, Departamento de Biologia".

1. Ecossistemas aquáticos. 2. Variação do volume hídrico. 3. Mudanças climáticas. 4. Seca. 5. Táxons tolerantes. I. Título

21. ed. CDD 577

NÚBIA GABRIELLE DE OLIVEIRA PAREIRA

**MEDIDAS DE DIVERSIDADE NA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS EM RESPOSTA A REDUÇÃO DO VOLUME HÍDRICO EM RESER-
VATÓRIOS NO SEMIÁRIDO**

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

Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 19/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joseline Molozzi** (***.443.470-**), em **04/12/2024 17:10:44** com chave **d7a1e69eb27b11ef91331a1c3150b54b**.
- **Jose Etham de Lucena Barbosa** (***.666.494-**), em **05/12/2024 10:54:17** com chave **6b99d2c8b31011ef9f5d1a1c3150b54b**.
- **Wilma Izabelly Ananias Gomes** (***.701.994-**), em **05/12/2024 11:15:52** com chave **6f1ba298b31311ef97de1a7cc27eb1f9**.

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: 05/12/2024
Código de Autenticação: 3cc13a



A minha mãe, por todo amor, carinho e por sempre acreditar na educação, a todas as mulheres, por sempre buscarem seu lugar na sociedade e por todo seu empoderamento, DEDICO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Localização geográfica das áreas de estudo, os reservatórios de Cordeiro e Poções, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, estado da Paraíba..... 9
- Figura 2** – Volume hídrico dos reservatórios durante o período amostral. A) Dados do volume hídrico de Cordeiro em porcentagem durante os períodos amostrais. B) Dados do volume hídrico de Poções em porcentagem durante os períodos amostrais. C) Dados do volume hídrico de Cordeiro em metros² durante os períodos amostrais. D) Dados do volume hídrico de Poções em metros² durante os períodos amostrais..... 10
- Figura 3** _ Resultado da PCA para a distribuição das variáveis ambientais entre os períodos de menor volume hídrico (mar/2015) e maior volume hídrico (mai/2022). Temp_water = Temperatura da água; Cond = Condutividade; Mo_sed = matéria orgânica do sedimento; od = oxigênio dissolvido; sal= salinidade; chl.a = clorofila-a..... 13
- Figura 4** _ Gráficos representando os resultados dos GLMMs para as respostas das medidas de diversidade de macroinvertebrados sobre as variações do volume hídrico. A) resposta da riqueza sobre o período de amostragem; B) Índice de Simpson sobre o período amostral; C) Índice Shannon sobre o período amostral e D) resposta da abundância sobre o período de amostragem..... 14
- Figura 5** _ Resultado da análise de colinearidade..... 20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	METODOLOGIA	8
2.1	<i>Área de estudo</i>	8
2.2	<i>Desenho amostral</i>	9
2.3	<i>Variáveis ambientais</i>	10
2.4	<i>Assembleia de macroinvertebrados bentônicos</i>	11
2.5	<i>Medidas de diversidade dos macroinvertebrados</i>	11
2.6	<i>Análise estatística</i>	11
3	RESULTADOS	12
4	DISCUSSÃO	14
5	CONCLUSÃO	16
	REFERÊNCIAS	16
	ANEXO A - TESTE DE COLINEARIDADE DAS VARIÁVEIS	
	AMBIENTAIS	20

MEDIDAS DE DIVERSIDADE NA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESPOSTA A REDUÇÃO DO VOLUME HÍDRICO EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO

¹Núbia Gabrielle

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos desempenham um papel crucial na promoção de serviços ecossistêmicos, pois são fundamentais para o estímulo do desenvolvimento econômico e a manutenção dos processos ecológicos. No entanto, com agravamento das mudanças climáticas, esses ecossistemas têm sofrido graves alterações em suas dinâmicas, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Entre 2012 à 2017, a seca nessas áreas resultou em uma drástica redução do volume hídrico dos reservatórios. Variações acentuadas no volume hídrico do reservatório provocam mudanças nas variáveis ambientais, levando à degradação da qualidade da água e, como consequência, à diminuição da diversidade de organismos, incluindo os macroinvertebrados, que respondem sensivelmente às alterações que ocorre no ambiente. O objetivo deste estudo foi analisar a resposta das variáveis ambientais e da diversidade taxonômica de macroinvertebrados bentônicos à redução do volume hídrico em reservatórios do semiárido brasileiro. Como hipóteses, temos que: I) com a redução do volume hídrico nos reservatórios ocorrerá aumento das variáveis ambientais relacionadas a qualidade da água, assim como II) A diversidade (os índices de Shannon-Winner, de Simpson, a riqueza e a abundância) da assembleia de macroinvertebrados bentônicos diminui com a redução do volume hídrico. O estudo foi realizado em dois reservatórios da bacia do Rio Paraíba, nos reservatórios de Cordeiro e Poções, ambos localizados no estado da Paraíba. As coletas ocorreram em 2015 e 2022, abrangendo amostras físicas e químicas da água, bem como macroinvertebrados bentônicos da região litorânea. Índices de diversidades (riqueza, abundância, Índice de Shanon e de Simpson) foram calculados para avaliar a resposta das assembleias de macroinvertebrados às mudanças no volume hídrico. Nossos resultados corroboraram a primeira hipótese, indicando que a flutuação do volume hídrico influenciou a distribuição das variáveis físicas e químicas da água. A redução do volume hídrico resultou em maiores valores de variáveis ambientais associadas à qualidade da água em período de estresse. A riqueza de macroinvertebrados apresentou uma relação significativa com os maiores valores de volume hídrico dos reservatórios, uma vez que esses proporcionam melhores condições de habitat. Para o Índice de Simpson observou-se uma relação significativa ao período de menor volume hídrico, devido à maior dominância de táxons tolerantes de macroinvertebrados. Concluímos que a redução do volume hídrico dos reservatórios impacta significativamente as variáveis ambientais, que atuam como filtros ambientais para o estabelecimento dos organismos. Assim, a diversidade das assembleias de macroinvertebrados foi diretamente influenciada pelo volume hídrico nos reservatórios da região semiárida do nordeste brasileiro.

Palavras-Chave: ecossistemas aquáticos; variação do volume hídrico; mudanças climáticas; seca; táxons tolerantes.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems play a crucial role in promoting ecosystem services, as they are essential for stimulating economic development and maintaining ecological processes. However, with the worsening of climate change, these ecosystems have undergone serious changes in their dynamics, especially in arid and semiarid regions. Between 2012 and 2017, the drought in these areas resulted in a drastic reduction in the water volume of reservoirs. Sharp variations in the

¹ Núbia Gabrielle de Oliveira Pereira; nubia.pereira@aluno.uepb.edu.br; Universidade Estadual da Paraíba; lattes:6653736411036038

water volume of the reservoir cause changes in environmental variables, leading to the degradation of water quality and, as a consequence, to a decrease in the diversity of organisms, including macroinvertebrates, which respond sensitively to changes that occur in the environment. The objective of this study was to analyze the response of environmental variables and the taxonomic diversity of benthic macroinvertebrates to the reduction in water volume in reservoirs in the Brazilian semiarid region. As hypotheses, we have that: I) with the reduction of water volume in the reservoirs, there will be an increase in environmental variables related to water quality, as well as II) The diversity (Shannon-Winner and Simpson indices, richness and abundance) of the benthic macroinvertebrate assemblage decreases with the reduction of water volume. The study was carried out in two reservoirs in the Paraíba River basin, in the Cordeiro and Poções reservoirs, both located in the state of Paraíba. Collections took place in 2015 and 2022, covering physical and chemical samples of the water, as well as benthic macroinvertebrates from the coastal region. Diversity indices (richness, abundance, Shannon and Simpson indexes) were calculated to assess the response of macroinvertebrate assemblages to changes in water volume. Our results corroborated the first hypothesis, indicating that fluctuations in water volume influenced the distribution of physical and chemical variables in the water. The reduction in water volume resulted in higher values of environmental variables associated with water quality during periods of stress. The richness of macroinvertebrates showed a significant relationship with the higher water volume values of the reservoirs, since these provide better habitat conditions. For the Simpson Index, a significant relationship was observed with the period of lower water volume, due to the greater dominance of tolerant macroinvertebrate taxa. We conclude that the reduction in the water volume of the reservoirs significantly impacts the environmental variables, which act as environmental filters for the establishment of organisms. Thus, the diversity of macroinvertebrate assemblages was directly influenced by the water volume in the reservoirs of the semiarid region of northeastern Brazil.

Keywords: aquatic ecosystems; variation in water volume; climate change; drought; tolerant taxa.

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos desempenham um papel fundamental na promoção de serviços ecossistêmicos, os quais são cruciais tanto no estímulo ao desenvolvimento econômico quanto na manutenção dos processos ecológicos (WWAP-UNESCO, 2015). Em regiões áridas e semiáridas esses ecossistemas sofrem em questão do déficit hídrico, e para enfrentar os desafios dessa escassez dos recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas foi necessária a construção de reservatórios (Barbosa et al., 2012; Paiva et al., 2023). Os reservatórios são ecossistemas criados pelo ser humano, que tem por função o armazenamento hídrico, com a finalidade de fornecer água às comunidades humanas, além de ser importante para a consequente manutenção da vida aquática (Menezes et al., 2019; Rezende et al., 2018). No entanto, esses reservatórios são significativamente impactados pelas variações climáticas locais, resultando em variações no volume hídrico que afetam tanto os processos ambientais quanto a biota desses ecossistemas (Magbanua et al., 2015).

A variação no volume hídrico é um fenômeno comum em ambientes aquáticos, especialmente em lagos e reservatórios, devido aos desequilíbrios sazonais entre a quantidade de água que entra pela precipitação, escoamento e/ou água subterrânea e a quantidade que sai por meio de evaporação, infiltração e/ou escoamento (Zohary & Ostrovsky, 2011). Em reservatórios do semiárido, a variação do volume hídrico ocorre com maior frequência, em razão da alta evaporação, das prolongadas estiagens na região e as intermitências dos rios (Rodrigues, Severiano, Barbosa, 2020). Portanto, é característica a variação sazonal refletir em variações no volume

hídrico em corpos de água, com níveis máximos durante ou no final da estação chuvosa e redução do volume hídrico no final da estação seca (Dalu et al., 2012, Peng et al., 2012).

Nos períodos de 2014 à 2015 a redução do volume hídrico nos reservatórios do semiárido do nordeste brasileiro, foi ainda mais acentuada devido a severa seca prolongada (De Lucena Barbosa et al., 2021). Tal fenômeno acarretou em mudanças significativas na redução do volume de água dos reservatórios, submetendo-os a elevados níveis de estresse hídrico (Leite e Becker, 2019; De Lucena Barbosa et al., 2021).

O estresse hídrico promovido pela redução no volume de água em reservatórios provoca alterações nas características químicas e físicas da água, tanto em termos de espaço como de tempo (Da Costa et al., 2016). Através dessa redução no volume hídrico, as características limnológicas podem ser significativamente afetadas, principalmente em reservatórios com baixa capacidade hídrica, levando a alterações no nível de nutrientes, como exemplo as concentrações de sais minerais, diminuição de oxigênio na coluna d'água, turbidez e promovendo as florações de cianobactérias (Brasil et al., 2015; Da Costa et al., 2016). Os impactos da redução do volume hídrico na qualidade da água podem reduzir a complexidade dos reservatórios alterando as assembleias aquáticas, tais como a assembleia de macroinvertebrados bentônicos, prejudicando as atividades que esses organismos desempenham no ecossistema (Magbanua et al., 2015). Além disso, a redução da água atua como um filtro ambiental favorecendo a colonização por espécies mais adaptadas a esses ambientes (Passy & Blanchet, 2007).

Em assembleias de macroinvertebrados bentônicos é observado que esses organismos frequentemente respondem às reduções do volume hídrico, apresentando mudanças significativas na estrutura das assembleias (Leira & Cantonite, 2008). Entre essas mudanças está a redução da abundância, diversidade e dominância de espécies mais capazes de resistir ou se adaptar ao estresse hídrico (Leira & Cantonite, 2008; Zohary & Ostrovsky, 2011; Sutela et al., 2013, De Melo et al., 2022). Assim, é importante utilizar os macroinvertebrados bentônicos em estudos de monitoramento da redução do volume hídrico, pois são organismos sensíveis que respondem rapidamente às mudanças do ambiente (Magbanua et al., 2015). Além do mais, esses indivíduos desempenham um papel importante no ambiente aquático, auxiliando no acoplamento das teias alimentares bentônicas e pelágicas, bem como na ciclagem de matéria orgânica e no fluxo de energia (Liu et al., 2012).

Apesar dos avanços no entendimento dos impactos causados por mudanças na redução do nível hídrico, existem lacunas substanciais no conhecimento científico sobre como a redução hídrica influencia a diversidade de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido brasileiro. Portanto, identificar e abordar essas lacunas é essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação eficazes para os ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é analisar a resposta das variáveis ambientais e da diversidade taxonômica de macroinvertebrados bentônicos à redução do volume hídrico em reservatórios do semiárido brasileiro. Para tal testamos as hipóteses: I) com a redução do volume hídrico nos reservatórios ocorrerá alterações nas variáveis ambientais, levando a mudanças no pH, aumentando os níveis de nutrientes e a turbidez, diminuindo as concentrações de oxigênio dissolvido, ocasionando uma alteração significativa na qualidade da água do reservatório; II) A diversidade (os índices de Shannon-Winner, de Simpson, a riqueza e a abundância) da assembleia de macroinvertebrados bentônicos diminui com a redução do volume hídrico. Pois a redução no volume da água gera alterações na qualidade da água, impactando negativamente o estabelecimento dos macroinvertebrados.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

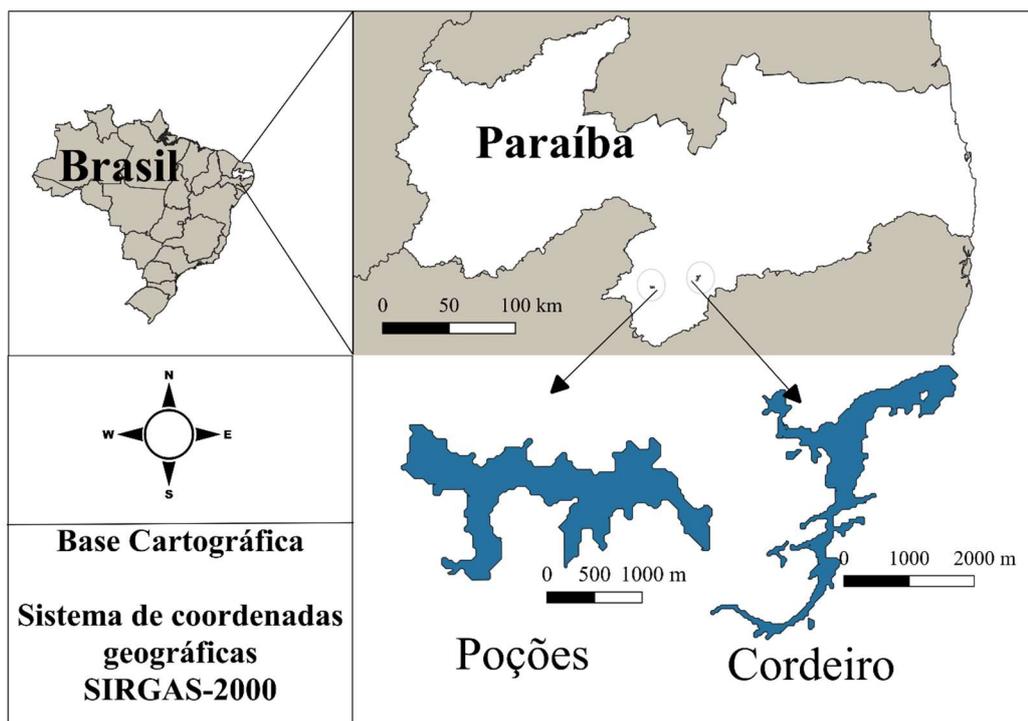
A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, abrangendo os reservatórios de Cordeiro (7.5° S, 36.5° W), localizado no Município do Congo, e Poções (7.5833° S, 36.5° W), situado no Município de Monteiro. Ambos os reservatórios estudados estão na região semiárida do estado da Paraíba, no Brasil (Fig. 1).

O clima da região é classificado como BSh, característico do semiárido, com precipitações médias anuais abaixo de 800 mm. A região apresenta períodos alternados de secas entre os meses (agosto a março) e de chuvas entre os meses (abril e julho), além de apresentar alta taxas de evaporação da água causados pelas elevadas temperaturas (Alvares et al., 2013).

Além disso, os reservatórios da região semiárida paraibana são de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico da região, sendo utilizados para consumo humano, irrigação, dessedentação de rebanhos, pesca e lazer, além de servirem de fonte de abastecimento para as comunidades rural do seu entorno (Dos Santos, Araujo, Brito, 2015).

Nos períodos de 2012 a 2017, os reservatórios do semiárido paraibano sofreram com o período de seca prolonga, resultando em inúmeros problemas, causando severa redução do volume hídrico dos reservatórios da região, levando esses ambientes ao colapso hídrico e nas características físicas, químicas e biológicas (De Lucena Barbosa et al., 2021).

Figura 1: Localização geográfica das áreas de estudo, os reservatórios de Cordeiro e Poções, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, estado da Paraíba.



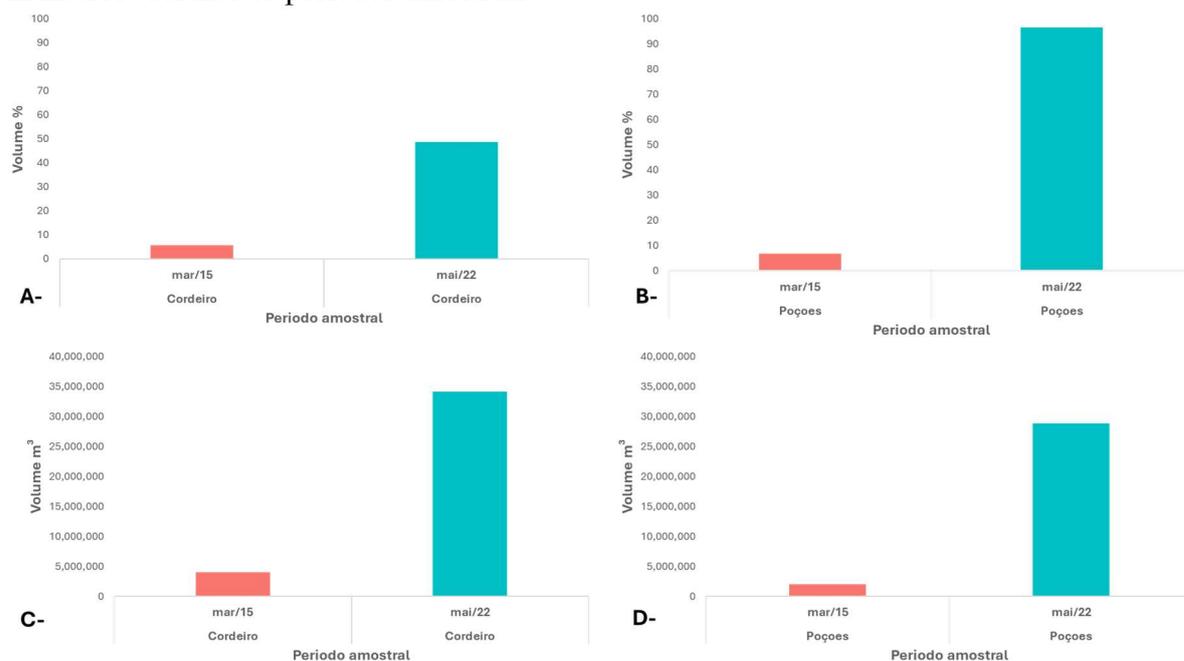
Fonte: Pereira, 2024.

2.2 Desenho amostral

Para a execução do nosso trabalho, as coletas foram realizadas em dois anos distintos: em março de 2015, durante o período de seca prolongada, e em maio de 2022, no período pós seca extrema. Assim, o período de março/2015 está representando o reduzido volume hídrico dos reservatórios, enquanto o período de maio/22 representa altos valores de volume hídrico (Fig. 2). Foram amostradas 15 unidades amostrais na região litorânea de cada reservatório. Em cada unidade amostral, foram coletadas amostras água para mensurar as variáveis químicas e

físicas da água, além do sedimento e organismos da assembleia de macroinvertebrados bentônicos. Os períodos de coleta, assim como o volume hídrico dos reservatórios durante os momentos de coleta e informações dos reservatórios, estão dispostos na tabela 1:

Figura 2: Volume hídrico dos reservatórios durante o período amostral. A) Dados do volume hídrico de Cordeiro em porcentagem durante os períodos amostrais. B) Dados do volume hídrico de Poções em porcentagem durante os períodos amostrais. C) Dados do volume hídrico de Cordeiro em metros³ durante os períodos amostrais. D) Dados do volume hídrico de Poções em metros³ durante os períodos amostrais.



Fonte: AESA,2024.

Tabela 1 - Informações gerais dos reservatórios amostrados.

Reservatório	Bacia hidrográfica	Capacidade máxima (m ³)	Volume de março de 2015 (%)	Volume de maio de 2022 (%)	Coordenadas
Cordeiro	Região do alto curso do Rio Paraíba	69.965.945,00	5,78	48,79	7.5° S, 36.5° W
Poções	Região do alto curso do Rio Paraíba	29.861.562,00	6,69	96,63	.5833° S, 36.5° W

Fonte: AESA, 2024.

2.3 Variáveis ambientais

Para analisar as variáveis abióticas, as amostras de água foram coletadas em garrafas plásticas e posteriormente avaliadas em laboratório. *In situ*, foram medidas a transparência da água com um disco de Secchi, a temperatura da água (°C), pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido utilizando uma sonda multiparâmetro (Horiba U-50). No laboratório, essas amostras foram utilizadas para medir as concentrações de nitrito, nitrato, DIN (nitrogênio dissolvido), fósforo total, conforme o método descrito pela APHA (2012). As

concentrações de clorofila-*a* foram determinadas pelo método de Lorenzen (1967). Para as análises do sedimento, foi feita a composição granulométrica. Foram coletadas amostras de sedimentos em cada local usando uma draga Eckman-Birge e para determinar suas composições granulométricas foi seguindo a metodologia de Callisto & Esteves (1996). Posteriormente, as amostras de sedimentos foram secas a 60 °C por 72 horas e separadas mecanicamente as frações por agitação mecânica através de uma série de peneiras. As partículas foram posteriormente classificadas em seis categorias: cascalho (> 1 mm); areia grossa (500 - 1000 µm); areia média (250 - 500 µm); areia fina (125 - 250 µm); silte (63 - 125 µm); e lama (< 63 µm).

2.4 Assembleia de macroinvertebrados bentônicos

Para a coleta de macroinvertebrados, utilizou-se uma draga Ekman-Birge, com uma área de coleta de 0,00225 m². As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, fixadas em álcool a 70% e levadas para o laboratório para o processamento. No laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras com malhas de 0,5 e 1,00 mm, seguidas por um processo de triagem para posterior identificação e contagem sob um microscópio estereoscópico. Os organismos foram identificados até o nível taxonômico de família e, no caso dos Chironomidea, até o nível gênero, utilizando chaves de identificação específicas (Trivinho-strixino, Strixino, 1995; Merritt & Commins, 1996; Epler, 2001; Fernández & Domínguez, 2001; Mugnai, Nessimian, Baptista, 2010).

2.5 Medidas de diversidade dos macroinvertebrados

Como medidas de diversidade usamos a riqueza de táxons, que é representada pelo o número total de táxons da assembleia de macroinvertebrados, e a abundância. Foi calculado também o Índice de diversidade de Shannon-Wiener, sendo este Índice calculado pela equação 1:

$$\text{Eq. (1): } H' = - \sum_{i=1}^s (P_i \cdot \ln P_i)$$

Na equação do Índice de Shannon-Wiener p_i indica a frequência de indivíduos encontrado na espécie encontrada i variando de 1 a S (Riqueza), e H é o índice da diversidade de espécies (Shannon & Weaver, 1949).

Além disso, foi calculado o Índice de diversidade de Simpson (D), utilizando-se da fórmula:

$$\text{Eq. (2): } D = \sum P_i^2$$

Onde: p_i equivale abundância relativa da espécie “ i ” da amostra.

2.6 Análise estatística

Para testar nossa hipótese de que as variáveis ambientais tiveram significância sobre os períodos de amostragem, realizamos uma *Permutation Multivariate Analysis of Variance* (PERMANOVA) (Anderson et al., 2008). Para realizar a PERMANOVA utilizamos a matriz de dados ambientais como variável resposta e o volume hídrico nos períodos de coleta (março de 2015 e maio de 2022) como variável explicativa. Para o teste de PERMANOVA utilizamos 9999 permutações e consideramos o valor de $p \leq 0,05$. Na execução do teste de PERMANOVA foi utilizado a função “*Adonis 2*” do pacote “*Vegan*” (Anderson et al., 2008). Além disso, na seleção dos dados ambientais para PERMANOVA, primeiramente testamos a colinearidade usando o pacote “*Pysich*”, após o teste de colinearidade, as variáveis ambientais selecionadas

foram: cascalho, argila, matéria orgânica, clorofila-a, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, oxigênio de porcentagem, TP, N-NO3 e N-NO2 (anexo I).

Para fazer a caracterização das variáveis químicas e físicas no período de menor volume hídrico (março/2015) e de maior volume hídrico (maio/2022) executamos uma *Análise de Componentes Principais* de correlação (PCA de correlação). A PCA de correlação foi utilizada para fins de padronização das unidades das variáveis ambientais, usando a função “*scale P*”.

Para testarmos nossa segunda hipótese de que os Índices de diversidades de Shannon-Winner, de Simpson, riqueza e abundância sofreram influência dos períodos de menor volume hídrico (março/2015) e o de maior volume hídrico (maio/2022), realizamos Modelos Lineares Generalizado Mistos (GLMM), utilizando a função “*glmer*”, do pacote “*Vegan*”. Em que a variável explicativa foi o volume hídrico, o qual foi categorizado em março/2015 (menor volume hídrico) e maio/2022 (maior volume hídrico), e as variáveis respostas foram os Índices de diversidades de Shannon-Winner, Simpson, riqueza e abundância. Em nossos modelos utilizamos como famílias de distribuição de erros a família Poisson, Binomial negativo. Os modelos foram submetidos ao teste de modelos, a fim de se verificar sua adequabilidade. Todas as análises foram executadas através do software R, versão 4.3.2. (Team R., 2023).

3 RESULTADOS

Os reservatórios apresentaram maior volume hídrico em maio de 2022, com o reservatório de Cordeiro registrando um volume de 34.134.607 m³, correspondendo a 48,79% da capacidade total, e o reservatório de Poções com volume hídrico de 28.856.125 m³, e atingindo 96,63% de sua capacidade total. Em março de 2015, ambos os reservatórios sofreram redução do volume, sendo que o reservatório de Cordeiro apresentou um volume hídrico de (atual:4.045.896 e total: 5,78%) e o reservatório de Poções registrou um volume hídrico de (atual: 1.997.017 e total: 6,69%) (Fig. 2).

Verificamos que as variáveis ambientais dos reservatórios foram influenciadas pelo volume hídrico dos reservatórios (março/2015 e maio/2022) (PERMANOVA: $p = 0,001$, $F = 15,837$, g.l.(grau de liberdade) = 1,56). Os valores das variáveis ambientais estão disponíveis na (Tab. 2):

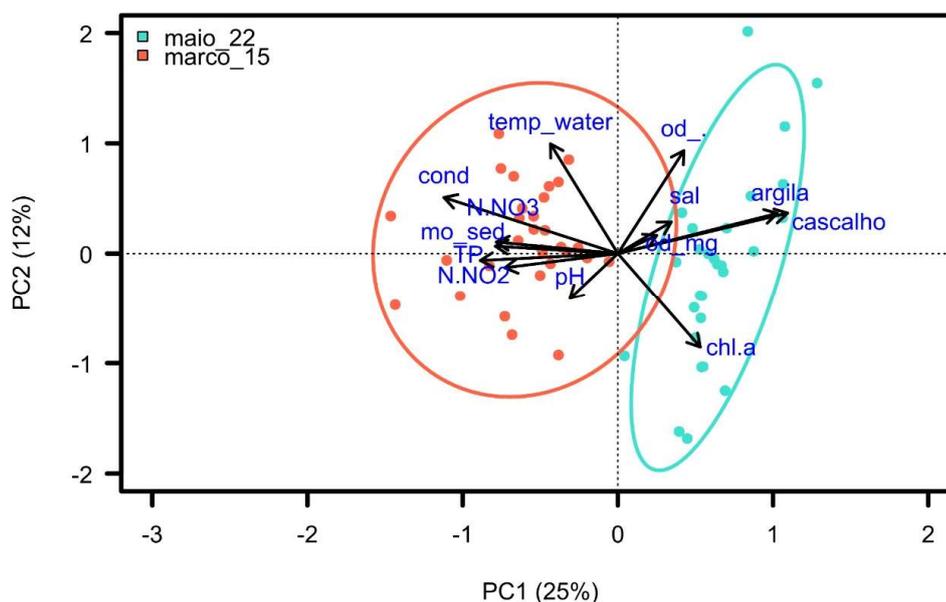
Tabela 2: Valores da média e desvio padrão para as variáveis ambientais no período amostral.

Variáveis ambientais	mar/15	mai/22	mar/15	mai/22
	Média		Desvio Padrão	
argila	1,5	14,88	0,0422001	9,40312959
mo_sed	0,25	0,15	0,141685	0,113896607
chl-a	11,68	47,44	11,7805	37,64521859
temp_water	28,4	27,05	1,527901273	1,910083016
pH	9,09	8,901	0,34404	1,81449594
cond	2,4	0,3	0,873726	0,15754166
od_mg	8,24	40,43	2,290641	170,6826154
od_%	107,9	117,44	31,65614	38,63440576
sal	0,12	0,183	0,044978	0,180197848
N-NO2	27,57	2,1932	34,30343	0,698831368
N-NO3	49	6,619	74,27103	5,476368955
TP	296,5	45,66	332,6732	37,86293085

Fonte – Pereira, 2024.

Observamos distinção nas concentrações da composição das variáveis ambientais que estavam moldando a composição química e física da água dos reservatórios entre o período de maior volume hídrico e menor volume hídrico, com uma explicação de 37% (fig. 3). Com uma explicação de 25% no eixo 1, e de 12% no eixo 2 da PCA (fig. 3). O período de menor volume hídrico (março de 2015) apresentou maior explicação das variáveis ambientais de: temperatura da água ($\pm 28,4$; 1,5279), condutividade ($\pm 2,4$; 0,8737), N.NO3 (± 49 ; 72,2710), matéria orgânica ($\pm 0,25$; 0,1416), TP ($\pm 296,5$; 332,6732), pH ($\pm 9,09$; 0,3440), N.NO2 ($\pm 27,57$; 34,3034). Enquanto, no período de maior volume hídrico (maio de 2022) as variáveis que estiveram associadas aos maiores valores de distribuição foram: oxigênio dissolvido ($\pm 117,44$; 38,6344), oxigênio_mg ($\pm 40,43$; 170,6826), argila ($\pm 14,88$; 9,40331), clorofila – a ($\pm 47,44$; 37,6452), salinidade ($\pm 0,183$; 0,18019).

Figura 3: Resultado da PCA para a distribuição das variáveis ambientais entre os períodos de menor volume hídrico (mar/2015) e maior volume hídrico (mai/2022). Temp_water = Temperatura da água; Cond = Condutividade; Mo_sed = matéria orgânica do sedimento; od = oxigênio dissolvido; sal = salinidade; chl.a = clorofila-a



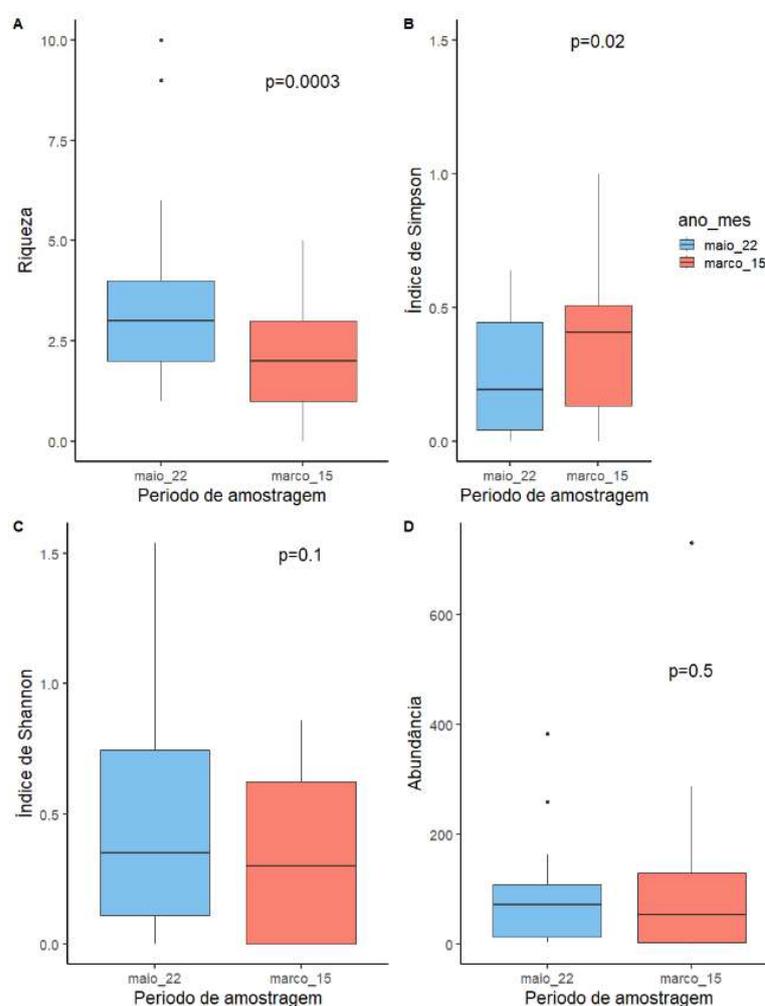
Fonte – Pereira, 2024.

Foram identificados um total de 5.590 organismos, distribuídos em 32 *taxa*. A maior abundância de organismos foi registrada no período de amostragem de março de 2015, com 3.127 indivíduos. Esse período amostral apresentou menor riqueza de *taxa*, com apenas 10 táxons identificados. A maior abundância por organismos foram de *Melanoides tuberculata*, (Müller, 1774), correspondendo a 2.092 indivíduos, seguido de *Oligochaeta*, com 972 indivíduos, e pelo gênero *Aedokritus* (Roback, 1956), com 30 indivíduos. Por outro lado, o período de maior volume hídrico (maio de 2022), a abundância foi menor, com apenas 2.463 indivíduos registrados. No entanto, esse período apresentou maior riqueza de táxons, com 29 identificadas. As espécies mais abundantes foram *M. tuberculata*, com 1.016 indivíduo, em seguida de *Goel-dichironomus* (Fittkau, 2008), com 701 organismos, e *Chironomus* (Meigen, 1803), correspondendo 345 organismos.

Além disso, verificamos que o volume hídrico influenciou a diversidade de macroinvertebrados bentônicos, ($p=0,0003$) (fig. 4, A), havendo uma maior riqueza no período de maior volume hídrico (maio/2022). O índice de diversidade Simpson também apresentou relação

com o volume hídrico dos reservatórios ($p=0,02$) (Fig. 4, B), sendo a maior diversidade de Simpson foi no período de menor volume hídrico (março de 2015). No entanto, a diversidade de Shannon não apresentou resposta significativa para os períodos de menor e maior volume hídrico (março de 2015 e maio de 2022) com $p=0,1$ (Fig. 4, C), igualmente a abundância, com $p=0,5$ (Fig.4, D).

Figura 4: Gráficos representando os resultados dos GLMMs para as respostas das medidas de diversidade de macroinvertebrados sobre as variações do volume hídrico. A) resposta da riqueza sobre o período de amostragem; B) Índice de Simpson sobre o período amostral; C) Índice Shannon sobre o período amostral e D) resposta da abundância sobre o período de amostragem.



Fonte: Pereira, 2024.

4 DISCUSSÃO

O estudo analisou a resposta do volume hídrico sobre as medidas de diversidade de macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios do semiárido brasileiro. Nossos resultados confirmaram parcialmente as hipóteses levantadas acerca do impacto da redução do volume hídrico nos reservatórios do semiárido brasileiro sobre as variáveis ambientais e a diversidade de macroinvertebrados bentônicos. De acordo com o esperado, as variações do volume hídrico influenciaram significativamente as variáveis físicas e químicas dos reservatórios, assim como a riqueza e abundância da assembleia de macroinvertebrados.

Como primeira hipótese, esperava-se que com a redução do volume hídrico, ocorresse o aumento dos valores das variáveis físicas e químicas dos reservatórios, as quais estão associadas à alteração da qualidade de água. Nossos resultados confirmaram essa relação. A redução do volume hídrico em períodos de seca esteve associada ao aumento de nutrientes, como aumento da matéria orgânica, o nitrogênio (NO₂ e NO₃), além do pH e da temperatura. O aumento dessas cargas de elementos juntamente com a temperatura e pH, estão relacionados ao estado trófico do ambiente e com a qualidade da água, favorecendo o estabelecimento de organismos adaptados a certas condições, atuando como um filtro ambiental (Bertoncin et al., 2019). Assim como observado em nossos resultados, essas características ambientais possibilitaram a dominância por espécies mais resistentes e tolerantes em períodos de menor volume hídrico. Sabe-se que as concentrações de nitrogênio e fósforo permitem que espécies tolerantes prosperem em reservatórios (Lee, Lee, Park, 2023).

Como segunda hipótese, esperávamos que a redução do volume hídrico diminuísse a diversidade de macroinvertebrados. Para essa segunda hipótese, nossos resultados foram parcialmente confirmados, mostrando uma relação significativa entre o período de maior volume hídrico e uma maior riqueza das assembleias de macroinvertebrados bentônicos, enquanto no período de menor volume hídrico foi registrado uma menor riqueza de táxons. Esses resultados corroboram o encontrado por Medeiros et al., (2024), que observaram que a redução do volume hídrico diminuiu a riqueza e a abundância da macrofauna bentônica em reservatórios da região semiárida do nordeste brasileiro. Assim, nossos resultados indicam que a diversidade da assembleia de macroinvertebrados bentônicos está positivamente relacionada com o volume hídrico nos reservatórios.

A relação entre a riqueza e o volume hídrico pode ser explicada pelo fato de que, nos períodos de maior volume hídrico, os reservatórios apresentam condições menos estressantes, o que aumenta a diversidade de habitats e diversifica o estabelecimento de táxons. Em períodos de menor volume hídrico, há uma menor disponibilidade de habitat, perda de recursos e mudanças na composição do substrato (Trottier et al., 2019). O trabalho de De Melo et al., (2022) corrobora nossos resultados, pois os autores verificaram que a diversidade de dípteros bentônicos diminuiu com a redução do volume hídrico, resultando em uma comunidade dominada por indivíduos com características adaptativas ao estresse hídrico. O mesmo estudo também observou a dominância de táxons de Chironomidae, como *Goeldichironomus*, *Aedokritus*, *Asheum* e *Polypedilum*, conhecidos por apresentarem altas abundâncias em ambientes impactados. Nossos resultados estão de acordo com esse achado, uma vez que observamos a maior presença do grupo *Aedokritus* no período de menor volume.

Além do mais, a maior riqueza de táxons de macroinvertebrados no período de maior volume hídrico se explica devido a maior entrada de água no reservatório, que possibilita a colonização de novas espécies. No estudo Chi et al., (2017), foi visto que, em um reservatório da China, a dinâmica durante o período de maior volume, permitiu que algumas espécies utilizassem comportamentos que possibilitou que novas espécies conseguissem se estabelecer.

Em nossos resultados, o Índice de Simpson mostrou uma relação significativa com o volume, destacando que a diversidade de macroinvertebrados foi maior durante o período de menor volume hídrico. No entanto, o Índice de Shannon, que considera a riqueza e a equabilidade, e a medida de abundância foram índices de diversidade que não apresentaram relação significativa com o volume hídrico. Esse maior valor do Índice de Simpson com o menor volume hídrico pode ser explicado pela maior abundância nesse período e dominância por espécies resistentes/tolerantes, pois esse Índice leva em consideração a abundância das espécies e a equidade (Gorenstein, 2002).

Os períodos de seca na região semiárida do Nordeste brasileira têm causado a redução do volume hídrico, tornando a qualidade dessa água baixa (De Melo et al., 2022). Reservatórios que tem apresentado menor volume hídrico tem sofrido com o aumento da concentração de

nutrientes e a diminuição nos níveis de oxigênio, o que reduz a persistência de organismos sensíveis e torna o ambiente adequado apenas para organismos resistentes/tolerantes, o que leva a uma redução na diversidade desses organismos e a um aumento da diversidade de organismos resistentes/tolerantes, como os *M. tuberculata* (Azevêdo et al., 2015; Medeiro et al., 2024). Conforme observado em nossos resultados, *M. tuberculata* apresentou maior abundância no período de menor volume.

Além disso, em ambientes impactados, a ocorrência de organismos tolerantes tem sido amplamente observada (Jovem-Azevêdo et al. 2022). *M. tuberculata* é uma espécie exótica que apresenta características adaptativas as alterações ambientais, como às secas, as altas temperaturas e ambientes ricos em nutrientes, além de possuir alta capacidade competitiva (Azevêdo et al., 2015). Esses organismos têm uma elevada resistência a períodos de seca nos ambientes aquáticos, pois conseguem sobreviver em condições desfavoráveis (Medeiro et al., 2024). Portanto, as características adaptativas dessa espécie favorecem sua alta abundância em ambientes que passa por períodos de menor volume hídrico (Linares et al., 2019; Jovem-Azevêdo et al., 2022). Esses resultados podem ser explicados também pelo fato de que, em períodos de seca, a baixa correnteza e o aumento da temperatura da água são fatores que desencadeiam a eclosão de alguns organismos dos macroinvertebrados, resultando no rápido crescimento dos indivíduos Mathooko & Mavuti (1992). Nossos achados indicam que, em períodos de redução do volume hídrico, há um aumento na diversidade de organismos resistentes/tolerantes e uma diminuição nos organismos sensíveis de macroinvertebrados bentônicos.

5 CONCLUSÃO

Concluimos que nossos resultados indicam que a redução do volume hídrico em reservatórios tem causado impactos significativos na dinâmica físico-química do ambiente, assim como na dinâmica das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. As variáveis ambientais são alteradas com a variação do volume hídrico, afetando diretamente a qualidade da água e por conseguinte os organismos ali presentes. Em períodos de maior volume hídrico, a riqueza de táxons foi maior devido à maior disponibilidade de habitat. A resposta do Índice de Simpson ao período de menor volume hídrico sugere que este período comprometeu a resiliência desses ecossistemas, favorecendo o estabelecimento de espécies mais tolerantes. Nossos resultados reforça a importância da gestão cuidadosa dos ambientes aquáticos, especialmente frente às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- AESA. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em: 31 out. 2024.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.D. DE; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, M. J. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. **PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory**, v. 214, 2008.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, Washington, DC. p.1200.2012.

AZEVEDO, D. J. S. et al. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: contradictory or complementary responses?. **Ecological Indicators**, v. 50, p. 135-149, 2015.

BARBOSA, J. E. DE L., MEDEIROS, E. S. F., BRASIL, J., CORDEIRO, R. DA S., CRISPIM, M. C. B., & SILVA, G. H. G. DA. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 24(1), 103–118. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>. 2012.

BERTONCIN, ANA PAULA DOS SANTOS et al. Extreme drought events can promote homogenization of benthic macroinvertebrate assemblages in a floodplain pond in Brazil. **Hydrobiologia**, v. 826, p. 379-393, 2019.

BRASIL, J., J.L. Attayde., F.R. VASCONCELOS., D.D.F. DANTAS., & V.L.M. HUSZAR. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**. 145-164. 2015.

CALLISTO, M. & F. A. ESTEVES. 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 8: 115-126.

CHI, SHIYUN et al. Temporal variations in macroinvertebrate communities from the tributaries in the Three Gorges Reservoir Catchment, China. *Revista chilena de historia natural*, v. 90, p. 1-11, 2017.

DA COSTA, MARIANA RODRIGUES AMARAL; ATTAYDE, JOSÉ LUIZ; BECKER, VANESSA. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 778, p. 75-89, 2016.

DALU, T.; CLEGG, B.; NHIWATIWA, T. Macroinvertebrate communities associated with littoral zone habitats and the influence of environmental factors in Malilangwe Reservoir, Zimbabwe. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**, n. 406, p. 06, 2012.

DE LUCENA BARBOSA, J. E.; DOS SANTOS SEVERIANO, J.; CAVALCANTE, H.; DE LUCENA-SILVA, D., MENDES, C. F., BARBOSA, V. V.; MOLOZZI, J. Impacts of interbasin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, p.1-23, 2021.

DE MELO, DALESCKA BARBOSA et al. Extreme drought scenario shapes different patterns of Chironomid coexistence in reservoirs in a semi-arid region. **Science of The Total Environment**, v. 821, p. 153053, 2022.

DOS SANTOS, RICARDO ALVES; DE ARAÚJO, DÉBORA THAIS RODRIGUES; DE BRITO, WHELSON OLIVEIRA. **Uma Análise Da Qualidade Da Água Do Reservatório Poções No Período De Escassez De Chuvas**. 2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VIII-027.pdf>. Acesso: 01 out. 2024.

EPLER, J.,; Identification manual for the larval chironomidae (diptera) of North and South Carolina. **Aquatic Entomologist**. **North Carolina Department of Environmental and Natural Resources Division of Water Quality**, 2001, p. 1073.

FERNÁNDEZ, H.R; Domínguez, E.; **Guia para la determinación de los artrópodos bentônicos**. Sudamericanos, Tucumán. UNT, p.282, (ed.), 2001.

GORENSTEIN, M. R.. Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual. Piracicaba: Esalq/USP (Dissertação em Ciências Florestais), v. 92. 2002.

JOVEM-AZEVÊDO, DANIELE et al. Modelling the abundance of a non-native mollusk in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, p. 1-15, 2022.

LEE, DA-YEONG; LEE, DAE-SEONG; PARK, YOUNG-SEUK. Taxonomic and functional diversity of benthic macroinvertebrate assemblages in reservoirs of South Korea. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 1, p. 673, 2022.

LEIRA, MANEL; CANTONATI, MARCO. **Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography**. Ecological effects of water-level fluctuations in lakes, p. 171-184, 2008.

LEITE, J. N. C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, 2019.

LINARES, MARDEN SEABRA et al. Small hydropower dam alters the taxonomic composition of benthic macroinvertebrate assemblages in a neotropical river. **River Research and Applications**, v. 35, n. 6, p. 725-735, 2019.

LIU, QI-GEN; ZHA, YU-TING; HU, ZHONG-JUN. **Spatial distribution of macrozoobenthos in a large and deep impoundment: Xin'anjiang Reservoir, Zhejiang Province**. Tropical and Sub-Tropical Reservoir Limnology in China: Theory and practice, p. 135-153, 2012.

LORENZEN, CARL J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations 1. **Limnology and oceanography**, v. 12, n. 2, p. 343-346, 1967.

MAGBANUA, FRANCIS S. et al. Water physicochemistry and benthic macroinvertebrate communities in a tropical reservoir: The role of water level fluctuations and water depth. **Limnologia**, v. 55, p. 13-20, 2015.

MATHOOKO, J. M.; MAVUTI, K. M. Composition and seasonality of benthic invertebrates, and drift in the Naro Moru River, Kenya. **Hydrobiologia**, v. 232, p. 47-56, 1992.

MEDEIROS, CARLINDA RAILLY et al. How Does the Storage Volume of Semi-Arid Reservoirs Change Water Quality and Modulate the Diversity of Benthic Macroinvertebrates?. **Available at SSRN 4878710**.2024.

MENEZES, R. F., ATTAYDE, J. L., KOSTEN, S., LACEROT, G., E SOUZA, L. C., COSTA, L. S., ... & JEPPESEN, E. Differences in food webs and trophic states of Brazilian

tropical humid and semi-arid shallow lakes: implications of climate change.

Hydrobiologia.doi:10.1007/s10750-018-3626-8. 2019.

MERRITT, R.W., Cummins, K.W., An introduction to the aquatic insects of North America, 3rd ed. Kendall/ Hunt **Publishing Company**, Dubuque, Iowa, 1996, pp. 862.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F.; **Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, 2010.

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, mar. 2023.

PASSY, S.L. & F.G. BLANCHET. Algal communities in human-impacted stream ecosystems suffer beta-diversity decline. **Diversity and distribution**. 13: 670-679. 2007.

PENG, LIANG et al. **Limnological characteristics of liuxihe reservoir. Tropical and Sub-Tropical Reservoir Limnology in China: Theory and practice**, p. 243-257, 2012.

REZENDE, R. S.; NOVAES, J. L. C.; ALBUQUERQUE, C. Q.; COSTA, R. S.; JUNIOR, J. F. C.; Aquatic invertebrates increase litter breakdown in Neotropical shallow semi-arid lakes. **Journal of Arid Environments**. p.1-8, 2018.

RODRIGUES, M. R.; SEVERIANO, J. S; BARBOSA, J. E. L. **Influência Da Seca Nas Variáveis Físicas, Químicas E Biológica Em Reservatório Do Semiárido Brasileiro**. 2020. Disponível em: https://mail.editorarealize.com.br/editora/ebooks/conimas/2019/ebook1/5efb7a62cd6f0_30062020144610.pdf; Acesso em: 19 maio. 2024.

RStudio Team (2023)RStudio: Integrated Development for R.[<http://www.rstudio.com>] Accessed January 9, 2023.

SHANNON, C. "The mathematical theory of communication," in C. Shannon and W. Weaver (eds.) *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: Univ. of Illinois Press. 1949.

SUTELA, T.; AROVIITA, J.; KETO, A. Assessing ecological status of regulated lakes with littoral macrophyte, macroinvertebrate and fish assemblages. **Ecological indicators**, v. 24, p. 185-192, 2013.

TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (iptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros**, 1995.

TROTTIER, Gabrielle et al. Macroinvertebrate abundance is lower in temperate reservoirs with higher winter drawdown. **Hydrobiologia**, v. 834, p. 199-211, 2019.

WWAP-UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, **Água para um Mundo sustentável: Sumário Executivo**. 2015. p. 8. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002322/232272POR.pdf> Acesso em: 04 de janeiro de 2018.

ZOHARY, TAMAR; OSTROVSKY, ILIA. Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. *Inland waters*, v. 1, n. 1, p. 47-59, 2011.

ANEXO A – TESTE DE COLINEARIDADE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Figura 5: Resultado da análise de colinearidade.



Fonte: Pereira, 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe por todo o amor, cuidado e educação. Por ser uma mulher tão forte e batalhadora na tarefa de educar e cuidar dos filhos. Agradeço pela confiança que sempre depositou em nós e por nos motivar a estudar. Sou grata por todos os conselhos que me deram, especialmente o de que a educação mudaria nossa realidade. Agradeço também por ter sido forte nos momentos difíceis, por termos enfrentado juntas a luta contra o linfoma e por ter encontrado forças para continuar ao nosso lado. Obrigada por tudo, mãe. Te amo!

Agradeço aos meus irmãos, Jhonalte e Débora, pelo companheirismo, amor e carinho. Por todas as brincadeiras da infância, pelo cuidado de irmãos e pelas conversas que nos uniram. Uma parte de vocês me inspira a ser quem sou. Também agradeço à minha prima/irmã Vitória por todo o amor e carinho, pelos conselhos valiosos e pelas experiências que vivemos juntas. Sou grata pelas leves memórias da infância e pelas boas histórias que compartilhamos. Obrigada pelo apoio emocional durante o período da graduação.

Agradeço à minha orientadora, Joseline Molozzi, pelos ensinamentos, pela oportunidade de fazer parte do laboratório e pelo meu desenvolvimento acadêmico ao longo da graduação. Agradeço por me permitir participar de eventos e por ser uma mulher forte que inspira outras mulheres a fazer ciência.

Agradeço às minhas amigas Ana Gabriella e Vitória por todo o apoio emocional durante a graduação, pelo amor e carinho recebidos, pelos conselhos e pelas boas conversas regadas a fofocas e cafés. Obrigada, Ana Gabriella, por ser a parte que me falta. Amo muito vocês! Quero agradecer também aos meus amigos João, Breno e Quênia por toda a vivência, amor e carinho, por todas as risadas e por tornarem a rotina acadêmica mais leve. Obrigada pela amizade e pelos conselhos; sou muito grata por ter encontrado vocês nessa jornada. Vocês são a família que Campina me deu. Agradeço ainda às minhas amigas Daiane, Amanda e Nélida, pelos momentos felizes, pelos conselhos e pela nossa amizade, que foi fundamental para nosso amadurecimento e para as memórias da adolescência. Agradeço a William por todo o carinho, pelos encontros que tornaram os dias mais leves e, de alguma forma, por fazer parte desse processo que é a caminhada da vida. Obrigada por tudo!

Agradeço à minha coorientadora Érica, por todo o ensinamento e apoio na elaboração deste trabalho. Agradeço à equipe LEB, pelas oportunidades de trabalho e pelo meu crescimento acadêmico. Sou grata às amigas que fiz no LEB, Thayza, Emanuelle, Rayssa e Eduarda, por todas as risadas, pelas vivências e pelos momentos divertidos nas viagens dos eventos, além do apoio nas atividades do laboratório. Agradeço à nossa querida técnica de laboratório, Climélia, por toda a ajuda, ensinamentos e conversas. Você é fundamental no laboratório e em nossas vidas. Agradeço a toda a equipe LEB que, de alguma forma, me ajudou nos ensinamentos e nas convivências diárias.

Agradeço aos órgãos de fomento, CNPq, FAPESC, CTHidro, PELD, PELD RIPA e UEPB, por financiarem meus projetos, o que foi crucial para meu desenvolvimento acadêmico. Agradeço à Proest por disponibilizar auxílio para minha permanência na universidade. Agradeço à minha banca por disponibilizar tempo para participar e por fazer parte dessa grande etapa da minha vida.

Obrigada a TODOS!