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

JOSÉ GOMES DA SILVA NETO

DISTRIBUIÇÃO DA RARIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

CAMPINA GRANDE
2024

JOSÉ GOMES DA SILVA NETO

DISTRIBUIÇÃO DA RARIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

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

Área de concentração: Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Joseline Molozzi.

Coorientadora: Ma. Dalescka Barbosa de Melo.

CAMPINA GRANDE
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.

S586d Silva Neto, Jose Gomes da.

Distribuição da raridade de macroinvertebrados bentônicos e sua relação com a precipitação no semiárido brasileiro [manuscrito] / Jose Gomes da Silva Neto. - 2024.

24 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. Dalescka Barbosa de Melo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação".

1. Biodiversidade. 2. Macrofauna bentônica. 3. Reservatórios. I. Título

21. ed. CDD 592

Elaborada por Bruno Rafael Freitas de Lima - CRB - 15/1021 BC

JOSÉ GOMES DA SILVA NETO

DISTRIBUIÇÃO DA RARIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

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

Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 21 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Joseline Molozzi (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dra. Wilma Izabelly Ananias Gomes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico à classe trabalhadora, a única que torna possível a existência de nossa própria humanidade.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	6
2	**METODOLOGIA**	8
2.1	**Área de estudo**	8
2.2	**Desenho amostral**	9
2.3	**Macroinvertebrados bentônicos**	10
2.4	**Análise de dados**	10
3	**RESULTADOS**	11
3.1	**Estrutura da comunidade**	11
3.2	**Distribuição da comunidade**	11
4	**DISCUSSÃO**.....	13
5	**CONCLUSÃO**	15
	REFERÊNCIAS	15
	APÊNDICE A – ABUNDÂNCIA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	20
	APÊNDICE B – PROPORÇÃO DA ABUNDÂNCIA DE *TAXA* PARA A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	21
	APÊNDICE C – RARIDADE DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	22
	ANEXO A – CORRELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL COM PADRÃO HISTÓRICO PARA A ECORREGIÃO DA BORBOREMA	23

DISTRIBUIÇÃO DA RARIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

DISTRIBUTION OF BENTHIC MACROINVERTEBRATE RARITY AND ITS RELATIONSHIP WITH RAINFALL IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

José Gomes[*]
Dalescka Barbosa[**]
Joseline Molozzi[***]

RESUMO

A biodiversidade é um conceito multifacetado na qual reflete todo o conjunto das variações espaciais e temporais sobre os conjuntos biológicos, e uma de suas métricas é a abundância, levando em consideração que as comunidades ecológicas não se constituem por espécies de mesma abundância. Essas diferenças também são explicadas em função das interações dos organismos com fatores abióticos, configurando a dominância e a raridade nos ecossistemas. Nesse contexto, a distribuição de comunidades é refletida em relação às condições ambientais, como por exemplo, a influência da precipitação sobre a estrutura dos ecossistemas aquáticos. À vista disso, o objetivo deste trabalho é analisar a distribuição da raridade na comunidade de macroinvertebrados bentônicos devido à variação espacial de precipitação no semiárido. A área de estudo abrange reservatórios artificiais no planalto da Borborema, uma ecorregião semiárida que forma um gradiente de precipitação entre as encostas à oeste, mais secas (Borborema Seca) e à leste, mais úmidas (Borborema Úmida). A amostragem de macroinvertebrados bentônicos foi realizada nas zonas litorâneas dos reservatórios durante a estação chuvosa em 2018. Os resultados mostraram se *taxa* raros e dominantes responderam à variação de precipitação na ecorregião da Borborema, comparando os níveis de similaridade em suas distribuições espaciais. Observou-se que a estrutura da macrofauna de invertebrados bentônicos foi alterada em função da variação espacial de precipitação, incluindo uma maior contribuição da raridade para a dissimilaridade na distribuição da comunidade, e de forma oposta, maior similaridade entre *taxa* dominantes. Além disso, a dominância de organismos resistentes e generalistas e a raridade de diversos *taxa* tolerantes e outros sensíveis, indica que os efeitos da redução de precipitação nos reservatórios do semiárido representam um cenário de perda de diversidade e deterioração nesses ecossistemas, direcionando à importância da compreensão sobre a estrutura e distribuição da raridade, como guia às medidas de conservação da biodiversidade.

Palavras-Chave: biodiversidade; macrofauna bentônica; reservatórios.

ABSTRACT

[*] Graduando em Ciências Biológicas. Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: jose.gomes.neto@aluno.uepb.edu.br
[**] Doutoranda em Ecologia e Conservação. Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: dalescka.melo@aluno.uepb.edu.br
[***] Docente na Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: jmolozzi@servidor.uepb.edu.br

Biodiversity is a multifaceted concept in which it reflects all the spatial and temporal variations in biological assemblages, and one of its metrics is abundance, considering that ecological communities are not made up of species of equal abundance. These differences are also explained as a function of the interactions between organisms and abiotic factors, configuring dominance and rarity in ecosystems. In this context, the distribution of communities is reflected in relation to environmental conditions, such as the influence of rainfall on the structure of aquatic ecosystems. In view of this, the aim of this work is to analyse the distribution of rarity in the benthic macroinvertebrate community due to spatial variation in rainfall in the semi-arid region. The study area covers artificial reservoirs on the Borborema plateau, a semi-arid ecoregion that forms a precipitation gradient between the drier western slopes “Borborema Seca” and the wetter eastern slopes “Borborema Úmida”. Benthic macroinvertebrates were sampled in the littoral zones of the reservoirs during the rainy season in 2018. The results showed whether rare and dominant taxa responded to rainfall variation in the Borborema ecoregion, comparing the levels of similarity in their spatial distributions. It was observed that the structure of the benthic invertebrate macrofauna was altered as a function of the spatial variation in rainfall, including a greater contribution from rarity to dissimilarity in the distribution of the community, and conversely, greater similarity between dominant taxa. Furthermore, the dominance of resistant and generalist organisms and the rarity of several tolerant and other sensitive taxa indicate that the effects of reduced rainfall in semi-arid reservoirs represent a scenario of loss of diversity and deterioration in these ecosystems, pointing to the importance of understanding the structure and distribution of rarity as a guide to biodiversity conservation measures.

Keywords: biodiversity; benthic macrofauna; reservoirs.

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade é um conceito de caráter multidimensional, na qual abrange todo um conjunto de variações bióticas, dos genes aos ecossistemas, podendo ser analisada por diversas abordagens variáveis espacial e temporalmente (MAGURRAN, 2021; PURVIS; HECTOR, 2000), como por exemplo, pelas vias taxonômica, funcional, filogenética e ecossistêmica (DÍAZ; MALHI, 2022). Dentro da perspectiva taxonômica, as métricas da riqueza e do nível de similaridade, em termos de abundância, são ferramentas comumente utilizadas na ecologia (CARDINALE et al., 2012; GOTELLI; CHAO, 2013; MAGURRAN, 2021; PURVIS; HECTOR, 2000). Nesse sentido, a avaliação da similaridade nos direciona à compreensão sobre a estrutura das comunidades ecológicas, uma vez que a distribuição da abundância das espécies reflete diferenças entre taxa raros e dominantes (WHITE; THIBAULT; XIAO, 2012).

A definição da raridade é desenvolvida através de perspectivas variadas (WHITE et al., 2023), tais como, pelas medições biológicas, e pelos níveis de ameaça e valoração das espécies (GASTON, 1997). Dentre essas abordagens, a raridade pode ser analisada por meio dos atributos das espécies, como por exemplo, pela abundância e distribuição, ou seja, é caracterizada por populações pouco abundantes e/ou com ocorrências restritas (DEE et al., 2019; KONDRATYEVA; GRANDCOLAS; PAVOINE, 2019; RABINOWITZ, 1981; WHITE et al., 2023). Em geral, muitas

espécies são raras (pouco abundantes), enquanto poucas espécies são dominantes (abundantes), e por isso a raridade é comumente presente nas comunidades ecológicas (RESH et al., 2013; SGARBI; MELO, 2018), além de ser variável espacialmente e temporalmente, pois muitas espécies consideradas raras em condições específicas, podem ser abundantes em outros locais e períodos e em habitats favoráveis (CRISFIELD et al., 2024; SGARBI; MELO, 2018).

As variações sobre a estrutura da biodiversidade também provocam alterações na distribuição das espécies em relação aos gradientes ambientais (PAIVA et al., 2023; WHITTAKER, 1972), nos direcionando à teoria de que a raridade pode ser resultado da especialização às condições ambientais, devido a menor amplitude de ocorrência e baixa abundância dos grupos especialistas em relação aos generalistas (BROWN, 1984; PANDIT; KOLASA; COTTENIE, 2009; SWAN; BROWN, 2014). Nesta perspectiva na qual taxa raros e dominantes são impactados de formas distintas pelas características da paisagem (VAN SCHALKWYK; PRYKE; SAMWAYS, 2019), se faz necessário maiores esclarecimentos acerca da estrutura e distribuição da raridade nas comunidades ecológicas, dentro de um contexto de perdas (atual e projetada) de biodiversidade nas dimensões local, regional e global (GASTON, 2012). Essa perda também está relacionada às alterações nos padrões de temperatura e precipitação devido às mudanças climáticas (IPCC, 2023).

Nesse sentido, a precipitação é uma variável ambiental que desempenha um papel importante também na estrutura dos ecossistemas aquáticos (DODDS et al., 2019). Mais especificamente, as alterações no regime de precipitação favorecem a projeção de secas mais frequentes e prolongadas, especialmente nas regiões semiáridas, mais vulneráveis (IPCC, 2023). E esses efeitos podem ser conhecidos como secas extremas, que conferem impactos sobre a biodiversidade nos reservatórios da região semiárida (MELO et al., 2022; PAIVA et al., 2023). Esses ecossistemas artificiais no semiárido brasileiro são corpos hídricos rasos que normalmente apresentam um balanço hídrico negativo (maior evapotranspiração do que precipitação), desse modo, propiciando o aumento da concentração de nutrientes e tornando-os mais vulneráveis à eutrofização em relação às áreas úmidas (BARBOSA et al., 2012).

Nesses ecossistemas aquáticos, a precipitação tem sido constituída como uma variável climática que afeta a estrutura da biodiversidade, conforme relatado em estudos sobre comunidades de macroinvertebrados bentônicos (ÁLVARO et al., 2023; MELO et al., 2022; EPELE et al., 2024). Esses organismos merecem destaque em função de seu potencial bioindicador sobre a qualidade ambiental nesses ecossistemas (MOLOZZI et al., 2012), o que pode ser justificado em razão de seus ciclos de vida curtos (o que os afeta estruturalmente de forma mais rápida às alterações ambientais), do hábito sedentário (conferindo uma boa representação de área amostral), e da diversidade na comunidade, conferindo respostas diferentes dos taxa aos impactos ambientais (PAIVA et al., 2023; ROSENBERG; RESH, 1993). Além disso, devido a essa última característica, os macroinvertebrados bentônicos podem ser classificados quanto à sua tolerância aos estressores ambientais, desde taxa sensíveis até os tolerantes e resistentes, devido a maior ou menor necessidade de oxigênio dissolvido na água e diversidade de hábitats e microhábitats, respectivamente (GOULART; CALLISTO, 2001).

A literatura tem evidenciado uma preocupação sobre a perda de diversidade da fauna de invertebrados bentônicos no semiárido em função das alterações no regime de precipitação, destacando a dominância de organismos resistentes a essas condições estressoras (ÁLVARO et al., 2023; MELO et al., 2022; EPELE et al., 2024; PANDIT; KOLASA; COTTENIE, 2009) e a raridade de grupos ambientalmente sen-

síveis (KINARD; PATRICK; CARVALLO, 2021). Nesse contexto, uma maior contribuição para o conhecimento sobre a vulnerabilidade dos taxa raros pode guiar a elaboração de medidas de conservação e monitoramento da biodiversidade (RESH et al., 2013; VAN SCHALKWYK; PRYKE; SAMWAYS, 2019).

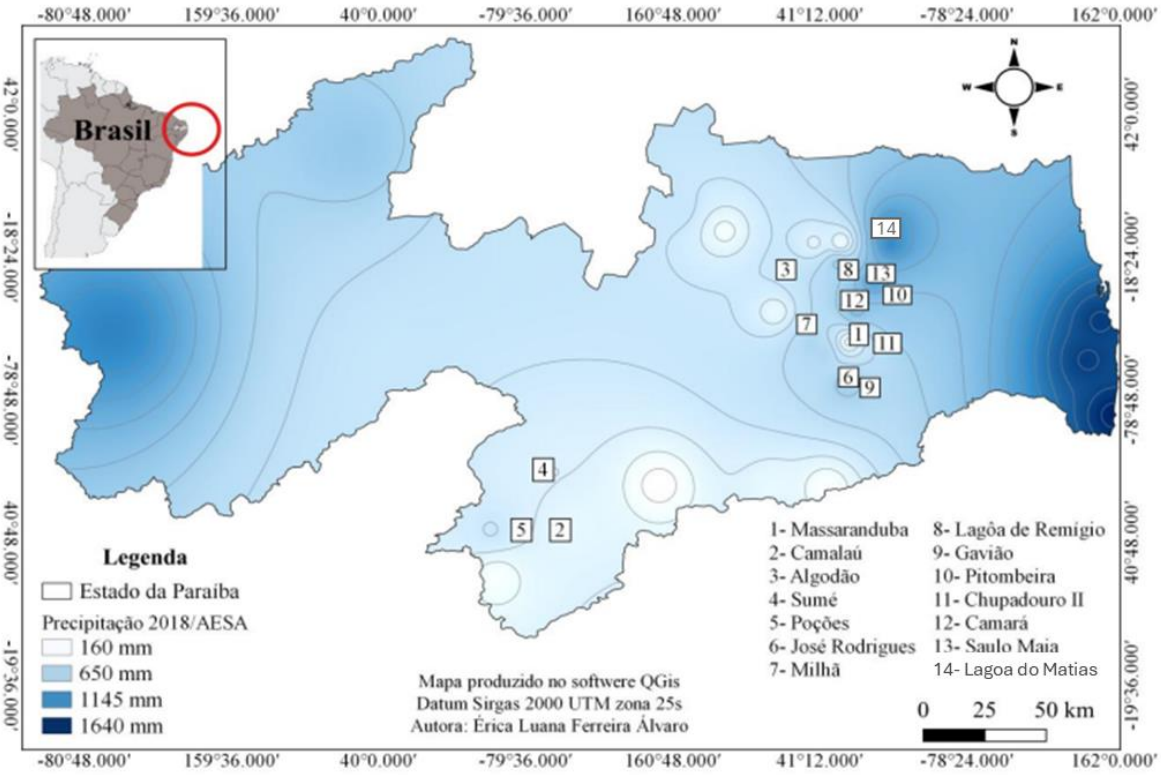
Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho é analisar a distribuição da raridade na comunidade de macroinvertebrados bentônicos em relação à variação espacial de precipitação em reservatórios na região semiárida. Nesse caminho, a hipótese formulada indica que a distribuição de taxa raros seguirá um maior nível de dissimilaridade em função da raridade desses organismos mais sensíveis e a dominância daqueles mais tolerantes à variação espacial de precipitação, refletindo sobre a estrutura da macrofauna bentônica nesses ecossistemas.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área analisada no estudo compreende reservatórios na ecorregião do planalto da Borborema, Paraíba, Nordeste, Brasil (Massaranduba, Camalaú, Algodão, Sumé, Poções, José Rodrigues, Milhã, Lagoa de Remígio, Gavião, Pitombeira, Chupadouro II, Camará, Saulo Maia e Lagoa do Matias) (Figura 1). Esses sistemas são fontes importantes de abastecimento hídrico para a sociedade no semiárido brasileiro, além da manutenção de rebanhos, irrigação e pesca (AESA, 2024).

Figura 1 - Localização da área de estudo. As cores representam um gradiente espacial em relação à precipitação média anual (mm) em 2018, com dados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas - AESA.



Fonte: ÁLVARO et al. (2023, com adaptações).

Nessa ecorregião há uma distinção na composição de aspectos climáticos e geomorfológicos, incluindo variações espaciais em relação à precipitação (BARBOSA et al., 2012). A região é caracterizada pelo clima seco, quente e semiárido e relevo entre 150 e 650 metros de altitude com declives onde se formaram barreiras para a umidade e que permitiram a constituição de áreas com diferenças de precipitação (VELLOSO, 2002). Isso reflete em fitofisionomias variadas, desde uma vegetação arbustiva aberta e matas secas da caatinga na encosta mais seca à oeste, até os brejos de altitude com enclaves de mata atlântica na encosta mais úmida à leste (VELLOSO, 2002). Essa configuração permitiu a formação de um gradiente espacial de precipitação entre as porções à oeste, com precipitação média anual entre 400 e 650 mm (VELLOSO, 2002), e à leste, com precipitação média anual que pode variar entre 1.000 e 1.600 mm (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017). Estas porções foram denominadas por ÁLVARO et al. (2023), como Borborema Seca e Borborema Úmida, respectivamente.

2.2 Desenho amostral

A amostragem abrangeu 14 reservatórios inseridos na ecorregião do planalto da Borborema, dentre os quais, 7 reservatórios foram agrupados como Borborema Seca (507 a 761 mm/ano) e outros 7, como Borborema Úmida (992 a 1300 mm/ano) (Tabela 1). As coletas foram realizadas nos meses de maio e julho de 2018 durante a estação chuvosa da região (BARBOSA et al., 2012). De acordo com dados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, a precipitação anual (2018) consistiu, aproximadamente, entre 300 e 1.100 mm. Variação similar à média histórica de precipitação anual, entre 500 e 1.300 mm (FICK; HIJMANS, 2017). Além disso, não houve variação significativa de altitude (Kruskal-Wallis, $p = 0.44$, ÁLVARO et al., 2023), e a média de precipitação do período amostrado (mês de coleta) seguiu o padrão histórico de precipitação da região ($r = 0.8$, ÁLVARO et al., 2023). Finalmente, foram atribuídos entre 5 e 7 pontos equidistantes na zona litorânea para cada reservatório, totalizando 90 pontos, de onde foram coletadas as amostras de macroinvertebrados bentônicos.

Tabela 1 – Caracterização geral dos reservatórios. Dados: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA,2024) e WorldClim 2 (FICK; HIJMANS, 2017). Coordenadas geográficas (graus decimais): Latitude (Sul) e Longitude (Oeste). Altitude (metros). Volume hídrico (metros cúbicos). Capacidade do volume máximo (porcentagem). Precipitação do ano de 2018 (milímetros). Precipitação do mês de coleta (milímetros): Borborema Seca (julho), Borborema Úmida (maio).

Reservatório	Latitude (sul)	Longitude (oeste)	Altitude (m)	Volume (m^3)	Capacidade máxima (%)	Precipitação	
						(mm/ano)	(mm/mês)
Borborema Seca							
Algodão	-6,906	-36,004	459	162.465	15,84	507	9,8
Camalaú	-7,89	-36,838	533	4.551	9,46	545	0
Sumé	-7,675	-36,902	532	4.504	12,25	553	2,8
Poções	-7,892	-37,001	568	597.822	2,58	592	0
Milhã	-7,14	-35,954	654	1.601	0,19	635	56,1
José Rodrigues	-7,314	-35,78	308	5.910	27,32	715	30
Gavião	-7,356	-35,741	481	403.900	28,56	761	23
Borborema Úmida							
Chupadouro II	-7,165	-35,692	450	250.774	40,7	992	103,7
Massaranduba	-7,151	-35,73	349	86.612	51,64	1023	123,5
Pitombeira	-6,992	-35,65	360	3.030.620	102,53	1037	123,1

Lagoa de Remígio	-6,938	-35,788	531	-	-	1114	71,1
Camará	-7,033	-35,763	447	1.016.970	3,91	1240	91,5
Saulo Maia	-6,923	-35,677	436	8.413.989	85,56	1300	106
Lagoa do Matias	-6,735	-35,579	444	1.150.021	93,39	-	112,9

Fonte: ÁLVARO et al. (2023, com adaptações).

2.3 Macroinvertebrados bentônicos

Em cada ponto, foram obtidas amostras de sedimento para análise dos macroinvertebrados bentônicos, coletados com auxílio de uma draga Ekman-Birge (0,0225 m^2), em seguida, fixados, in situ, com álcool à 70% e armazenados em sacos plásticos. Em laboratório, as amostras foram lavadas com uso de peneiras (malha de 0,5 mm), e novamente fixadas com álcool à 70% e armazenadas em recipientes plásticos. A partir disso, os organismos das amostras foram triados dos sedimentos com o uso de bandejas iluminadas, e identificados em estereoscópio e microscópio óptico e com auxílio de chaves dicotômicas específicas, visando a identificação até a menor resolução taxonômica possível, seja em nível de classe, ordem, família, gênero e/ou espécie (FERNÁNDEZ, 2001; MARIANO, 2007; MUGNAI et al., 2019; TRIVINHO-STRIXINO, 1995).

2.4 Análise de dados

Inicialmente, a raridade de abundância dos macroinvertebrados foi calculada a partir do percentual de abundância de cada táxon em relação a abundância total na comunidade, cujos *taxa* raros foram classificados como aqueles com menos de 5% do total de organismos amostrados (ALTHER et al., 2019). Adicionalmente, também foi calculada a raridade de ocorrência, por meio da matriz de presença e ausência, definindo *taxa* raros como aqueles presentes em menos de 10% de locais amostrados (ALTHER et al., 2019). A partir da raridade de abundância foi verificado se *taxa* raros e dominantes, separadamente, responderam às diferenças de precipitação entre as regiões da Borborema Seca e Úmida (grupos de interesse), utilizando da análise multivariada permutadora de variância – PERMANOVA (ANDERSON, 2001), realizando 9999 permutações. Subsequentemente, comparou-se o nível de similaridade na composição de *taxa* raros e dominantes em suas distribuições espaciais entre Borborema Seca e Úmida. Para tal finalidade, foi utilizada a análise de porcentagem de similaridade – SIMPER (CLARKE, 1993), que atribui a porcentagem de contribuição de *taxa* para a dissimilaridade entre os dois grupos. Nesta análise, foram geradas 999 permutações; e foi utilizada a medida de dissimilaridade "Bray-Curtis" (CLARKE, 1993), com a seguinte fórmula:

$$D_{i,h} = \frac{\sum_{j=1}^{p} |a_{ij} - a_{hj}|}{\sum_{j=1}^{p} a_{ij} + \sum_{j=1}^{p} a_{hj}}$$

Onde, *p* é o número de *taxa*, a_{ij} é a abundância de *taxa j* na unidade amostral *i*, a_{hj} é a abundância de *taxa j* na unidade amostral *h*. Por fim, foram visualizadas diferenças na composição de *taxa* raros e dominantes entre Borborema Seca e Úmida por meio do escalonamento não-métrico – nMDS, em um gráfico com duas dimensões. Esta se configura como uma técnica de ordenação baseada em medida de

distância. Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico R v4.4.0 (R CORE TEAM, 2024) com o pacote “Vegan”, versão 2.6-4.

3 RESULTADOS

3.1 Estrutura da comunidade

Foi encontrado um total de 6.860 organismos classificados em 34 *taxa* de macroinvertebrados bentônicos distribuídos nos reservatórios da ecorregião do planalto da Borborema. Mais especificamente, a abundância total na região da Borborema Seca foi maior do que na porção correspondente à Borborema Úmida, com 5.796 e 1.065 organismos, respectivamente (Apêndices A e B).

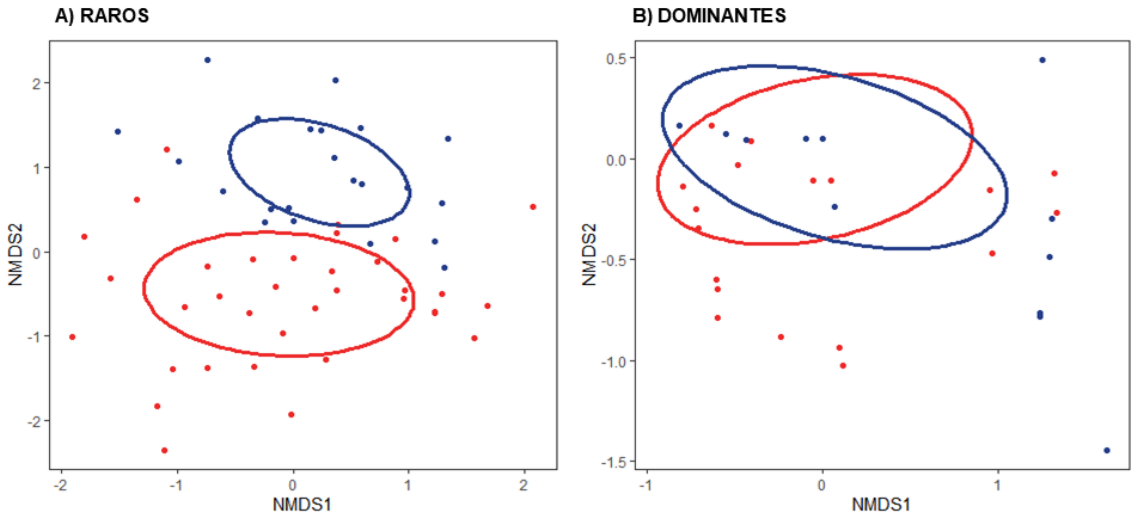
Com relação a estrutura da comunidade, em termos de abundância, na ecorregião como um todo, verificou-se que *Melanoides tuberculata* (Müller 1774) (Gastropoda, Mollusca), *Goeldichironomus* (Fittkau 1965) e *Asheum* (Sublette 1964) (Chironomidae, Diptera) e Oligochaeta (Annelida) são dominantes e constituem 80% da abundância relativa da comunidade, em contraste aos 20% restante da abundância representada por 30 *taxa* raros, aos quais abrangem, Bulimulidae, Planorbidae, *Pomacea* (Perry 1810) e *Corbicula* (Megerle von Mühlfeld 1811) (Mollusca) e outros gêneros da ordem Diptera, além das ordens Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata e Hemiptera (Apêndice C). A partir disso, notou-se que a dominância entre os ecossistemas foi representada por organismos resistentes com maior abundância média na região de menor precipitação. Além disso, foi observada, tanto a presença de *taxa* tolerantes, como de sensíveis, considerados raros em abundância.

Adicionalmente, ao considerar a raridade e dominância de ocorrência, notou-se que 20 *taxa* são raros, integrando apenas 3,15% da abundância da comunidade, e 14 são dominantes com 96,85% do total de abundância. Nesta configuração, alguns moluscos (*Pomacea* e *Corbicula*), Diptera (parcialmente), e as demais ordens, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata e Hemiptera se mantiveram como os *taxa* mais raros (Apêndice C). Alguns desses, considerados sensíveis, tais como: Ephemeroptera e Trichoptera (GOULART; CALLISTO, 2001).

3.2 Distribuição da comunidade

A distribuição da abundância de *taxa* raros de macroinvertebrados bentônicos apresentou uma variação significativa em relação às diferenças espaciais de precipitação entre os grupos Borborema Seca e Borborema Úmida ($F1,64 = 4,6141$; $p < 0,0001$), conforme é possível visualizar através da NMDs, uma maior distância dos pontos amostrais “scores” entre ambos os grupos (BS e BU), indicando diferenças na abundância desses *taxa* em função da variação de precipitação, refletindo, tanto em *taxa* associados à maior, quanto à menor precipitação (Figura 2 A). Além disso, a partir da SIMPER, constatou-se que a raridade da comunidade contribuiu para a dissimilaridade entre as regiões, cujo valor de dissimilaridade total foi igual a 0,92 (Tabela 2). Notoriamente, observou-se que *Parachironomus* (Lenz 1921), *Tanytarsus* (Van der Wulp 1874), *Chironomus* (Meigen 1803) e *Labrundinia* (Fittkau 1962) (Chironomidae, Diptera), *Chaoborus* (Lichtenstein 1800) (Chaoboridae, Diptera) e *Cyrnellus* (Banks 1913) (Polycentropodidae, Trichoptera), foram os *taxa* que apresentaram a maior parte da contribuição para dissimilaridade (35,88%) dentro do conjunto de *taxa* raros. As médias de abundância desse grupo foram consideravelmente maiores nos reservatórios de maior precipitação (Borborema Úmida).

Figura 2 - Escalonamento não-métrico (nMDS) destacando as distâncias na abundância dos macroinvertebrados bentônicos entre as regiões da Borborema Seca (BS) e Borborema Úmida (BU), com elipses e scores dos locais amostrados apresentados em vermelho e azul, respectivamente. A) Distribuição entre *taxa* raros. 2D. Stress = 0,1067809; n = 63. B) Distribuição entre *taxa* dominantes. 2D. Stress = 0,04250129; n = 67. Os gráficos indicam uma maior distância no grupo de *taxa* raros entre as regiões BS e BU, e maior sobreposição, entre *taxa* dominantes.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Tabela 2 – Porcentagem de Similaridade (SIMPER) entre os pares de grupos Borborema Seca (BS) e Borborema Úmida (BU), para *taxa* raros e dominantes. Dissimilaridade = Contribuição média de cada táxon para a dissimilaridade média entre os grupos BS e BU; Dissimilaridade média total = Soma da dissimilaridade média de todos os *taxa* entre BS e BU; Contribuição = Contribuição cumulativa do táxon e taxa anteriores na coluna, que representa uma proporção da dissimilaridade média; Abundância BS e BU = Abundância média de cada táxon nos grupos; Valor-P = Probabilidade de obter contribuição média igual ou maior de cada táxon, caso o fator de agrupamento fosse permutado de forma aleatória.

Raros	**Dissimilaridade**	**Contribuição**	**Abundância BS**	**Abundância BU**	**Valor-P**
Dissimilaridade média total = 0,9163112.					
Contribuição de *taxa* significativos (p<0,05) = 35,88%					
Parachironomus	0,085327	0,09312	0,121951	0,44	0,004**
Tanytarsus	0,083647	0,184406	0,243902	0,44	0,022*
Polypedilum	0,071992	0,262973	0,390244	0,24	0,819
Hydrophilidae	0,066255	0,33528	0,268293	0,08	0,624
Aedokritus	0,064011	0,405137	0,268293	0,04	0,727
Chironomus	0,062354	0,473186	0,073171	0,36	0,002**
Planorbidae	0,053779	0,531877	0,317073	0,08	0,878
Bulimulidae	0,041164	0,576801	0,219512	0	0,905
Labrundinia	0,039107	0,61948	0,04878	0,24	0,025*
Ablabesmya	0,036882	0,65973	0,073171	0,16	0,283
Saetheria	0,03574	0,698734	0,219512	0,04	0,933
Chaoborus	0,031616	0,733237	0	0,12	0,022*
Pomacea	0,030042	0,766023	0,146341	0	0,901
Ceratopogonidae	0,028311	0,79692	0,073171	0,12	0,164
Cyrnellus	0,026722	0,826082	0	0,2	0,009**
Coelotanypus	0,024556	0,852881	0,146341	0	0,922
Libellulidae	0,018731	0,873323	0,097561	0,04	0,771
Dicrotendipes	0,016373	0,891191	0,04878	0,08	0,183
Caenidae	0,01521	0,907791	0,04878	0,12	0,294
Djalmabatista	0,014943	0,924099	0,097561	0,04	0,888

Tabanidae	0,012735	0,937997	0	0,04	0,213
Polymirtacyidae	0,012654	0,951807	0	0,08	0,109
Neotrichia	0,011643	0,964514	0,073171	0,04	0,721
Corbicula	0,009966	0,97539	0,073171	0	0,876
Naucoridae	0,006145	0,982096	0	0,04	0,238
Hirudinea	0,003822	0,986267	0,02439	0	0,621
Scirtidae	0,003737	0,990346	0	0,04	0,294
Notonectidae	0,003275	0,99392	0,02439	0	0,622
Lutrochidae	0,002869	0,997051	0,02439	0	0,644
Beardius	0,002702	1	0	0,04	0,307

Dominantes	**Dissimilaridade**	**Contribuição**	**Abundância BS**	**Abundância BU**	**Valor-P**
Dissimilaridade média total = 0,5139002					
Goeldichironomus	0,177873	0,346124	0,5	0,52	0,431
M. tuberculata	0,161159	0,659723	0,714286	0,64	0,273
Asheum	0,093127	0,840939	0,166667	0,24	0,146
Oligochaeta	0,081742	1	0,309524	0	0,763

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Por sua vez, a variação na abundância de *taxa* dominantes não foi significativa (F1,65 = 1,3929; p = 0,195), indicando um maior nível de similaridade na distribuição desse grupo em relação às diferenças de precipitação entre Borborema Seca e Úmida (Figura 2 B) com dissimilaridade total igual a 0,51 (Tabela 2) e uma maior amplitude em sua abundância e distribuição espacial. *Melanoides tuberculata*, *Goeldichironomus* e *Asheum* apresentaram maior uniformidade em sua abundância média e estiveram amplamente distribuídos na ecorregião do planalto da Borborema. No entanto, Oligochaeta esteve presente apenas na porção de precipitação mais baixa (Tabela 2).

4 DISCUSSÃO

Ao observar a estrutura e distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios do semiárido, constatou-se sua variação de abundância em relação às diferenças espaciais de precipitação na ecorregião da Borborema, uma vez que *taxa* raros apresentaram maior contribuição para a dissimilaridade entre as regiões da Borborema Seca e Úmida, nesse sentido, corroborando a hipótese formulada. Essa configuração na distribuição espacial pode indicar uma relação da raridade com a especificidade quanto às condições de hábitat (PANDIT; KOLASA; COTTENIE, 2009; SGARBI; MELO, 2018; SWAN; BROWN, 2014), além do fato que a maior dissimilaridade observada em *taxa* raros (DANEHY et al., 2021; SIQUEIRA et al., 2012) é um indicativo de que esse grupo possa ser mais afetado em relação a filtros ambientais e/ou interações bióticas (SIQUEIRA et al., 2012). Em outros estudos foram encontrados resultados semelhantes, cujas diferenças na composição da comunidade estiveram relacionadas à variação de precipitação, pois entre mesorregiões climáticas similares, a região semiárida apresentou uma dominância de organismos generalistas, e a região subúmida constituiu uma maior contribuição de *taxa* mais sensíveis (KINARD; PATRICK; CARVALLO, 2021); ou ainda, foi observada uma maior contribuição à diversidade em uma região subtropical (com maior precipitação), quando comparada a uma região semiárida (DE NECKER et al., 2016).

Especificamente, os *taxa* raros que mais contribuíram para a dissimilaridade na fauna de macroinvertebrados bentônicos, apresentaram maior média de abundância nos reservatórios com precipitação mais elevada. Na porção de maior pluvio-

sidade, a densidade de organismos resistentes (por exemplo, *M. tuberculata*) é menor (ABÍLIO; FONSECA-GESSNER; LEITE, 2006), uma vez que é relatado o fato da maior abundância destes estar associada a ambientes com maior tempo de residência d'água (WEERAKOON; CHANDRASEKARA; AMARASINGHE, 2021), ou seja, com precipitação reduzida. Esse fator pode favorecer a abundância de *taxa* mais raros onde há menor densidade de *taxa* dominantes, indicando que a raridade também é um produto das interações bióticas nos ecossistemas (LENNON et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012; SWAN; BROWN, 2014).

Percebeu-se que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi dominada pela abundância de *taxa* que apresentam maior nível de tolerância nesses reservatórios do semiárido. Isso pode ser justificado em razão do impacto das secas e, consequentemente, da redução no volume hídrico, refletindo no processo de homogeneização biótica nos reservatórios do semiárido (MELO et al., 2022). Pois a redução na precipitação pode ser um dos fatores que contribuem com a degradação da qualidade hídrica, tais como, pela elevação nos índices de turbidez e da concentração de fósforo, amônia e nitratos (BRANCO et al., 2019; MELO et al., 2022) e de salinidade (DE NECKER et al., 2016). Com isso, a baixa pluviosidade pode contribuir também com um aumento na produtividade primária (BRASIL et al., 2020), expressa pela dominância de cianobactérias e de macroinvertebrados resistentes, nos reservatórios do semiárido (ÁLVARO et al., 2023).

Além disso, foi observado um maior nível de similaridade na abundância de *taxa* dominantes e em suas amplitudes de distribuição espacial relacionadas à precipitação. É relatado que a redução na pluviosidade pode favorecer a dominância de *taxa* generalistas, que podem suportar condições mais extremas de seca, assim como foi observada em outros estudos, uma maior contribuição desse grupo nos padrões de abundância, biomassa e de capacidade energética nesses ecossistemas (ÁLVARO et al., 2023; MELO et al., 2022; NASCIMENTO FILHO et al., 2019), além de uma relação negativa da riqueza com a precipitação, favorecida pela maior presença de *taxa* resistentes na comunidade de região semiárida (ÁLVARO et al., 2023), e também em regiões globais onde há uma diminuição de áreas úmidas favorecida pela redução de precipitação (EPELE et al., 2024). É relatado que a espécie invasora *M. tuberculata* é amplamente dominante nos reservatórios do semiárido, em razão de sua alta plasticidade e capacidade competitiva em condições ambientais variadas (JOVEM-AZEVÊDO et al., 2022). E ainda, alguns gêneros de Chironomidae (por exemplo, *Goeldichironomus*), que apresentam características funcionais tolerantes ao estresse hídrico (MELO et al., 2022; PAIVA et al., 2023) e com alto nível de plasticidade ecológica (DE LIRA AZEVÊDO et al., 2017).

Apesar da distribuição de *taxa* raros seguir um maior nível de dissimilaridade em relação aos dominantes, é importante ressaltar que houve uma maior presença de grupos normalmente com maior tolerância à degradação ambiental (tais como, ordens de insetos, Diptera, Coleoptera e Odonata; além de Bivalvia e Gastropoda, entre moluscos) (GOULART; CALLISTO, 2001), que integraram a composição e abundância da raridade na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, e em menores proporções, *taxa* sensíveis. Nesse sentido, a hipótese divergiu com o observado. Isso pode ser explicado pelo fato de que, normalmente, os próprios reservatórios artificiais apresentam baixa diversidade pelo favorecimento de organismos invasores (AZEVEDO et al., 2015; ZHANG et al., 2021), além de que a baixa pluviosidade na região semiárida tende a aumentar a contribuição de *taxa* resistentes nesses ecossistemas (ÁLVARO et al., 2023; MELO et al., 2022; JOVEM-AZEVÊDO et al., 2019; NASCIMENTO FILHO et al., 2019). *Taxa* sensíveis (como por exemplo,

Ephemeroptera e Trichoptera) foram considerados os mais raros na amostragem, devido sua maior necessidade de oxigênio dissolvido na água e de diversidade de habitats (GOULART; CALLISTO, 2001). Visto que, de um modo geral, os reservatórios estudados são ambientes impactados, e nem todos os *taxa* conseguem lidar com tais condições (MELO et al., 2022; PAIVA et al., 2023). Em geral, a raridade desses organismos pode indicar uma maior vulnerabilidade desse grupo, no sentido que a redução na precipitação associada à degradação ambiental, pode refletir na perda de biodiversidade nesses ecossistemas aquáticos do semiárido (KINARD; PATRICK; CARVALLO, 2021; PAIVA et al., 2023).

5 CONCLUSÃO

Esse estudo reflete na compreensão acerca da distribuição da raridade na comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios do semiárido, ressaltando a importância do estudo de *taxa* raros como guia às medidas de conservação da biodiversidade. Observou-se que a precipitação é um fator que contribui com a variação na estrutura e distribuição da comunidade objeto de estudo, refletindo na dominância daqueles organismos que são os mais resistentes à redução de precipitação, e a raridade de muitos *taxa* tolerantes e outros sensíveis, que podem suportar ou não, as mais variadas condições ambientais. Nesse contexto, alterações sobre o regime de precipitação no semiárido podem conferir uma maior vulnerabilidade às comunidades biológicas, e consequentemente, refletindo na perda de biodiversidade nesses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; LEITE, R. L. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita Eichhornia crassipes de um açude hipertrófico do semiárido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 2006.

AESA. **AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba)**., 2024. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 2 jun. 2024

ALTHER, R. et al. Macroinvertebrate diversity and rarity in non-glacial Alpine streams. **Aquatic Sciences**, v. 81, n. 3, p. 42, 13 abr. 2019.

ÁLVARO, É. L. F. et al. Phytoplankton and macroinvertebrate diversity and eco-exergy responses to rainfall diverge in semiarid reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 147, p. 110012, mar. 2023.

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

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, mar. 2015.

BARBOSA, J. E. D. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103–118, 4 set. 2012.

BRANCO, C. W. C. et al. New lake in a changing world: the construction and filling of a small hydropower reservoir in the tropics (Rio de Janeiro, Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 35, p. 36007–36022, dez. 2019.

BRASIL, J. et al. Rainfall leads to habitat homogenization and facilitates plankton dispersal in tropical semiarid lakes. **AQUATIC ECOLOGY**, v. 54, n. 1, p. 225–241, mar. 2020.

BROWN, J. H. On the Relationship between Abundance and Distribution of Species. **The American Naturalist**, v. 124, n. 2, p. 255–279, ago. 1984.

CARDINALE, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 7 jun. 2012.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, n. 1, p. 117–143, 1993.

CRISFIELD, V. E. et al. How and why species are rare: towards an understanding of the ecological causes of rarity. **Ecography**, v. 2024, n. 2, p. e07037, 2024.

DANEHY, R. J. et al. Aquatic Biological Diversity Responses to Flood Disturbance and Forest Management in Small, Forested Watersheds. **Water**, v. 13, n. 19, p. 2793, jan. 2021.

DE LIRA AZEVÊDO, E. et al. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 2, p. 65, fev. 2017.

DE MELO, D. B. 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, maio 2022.

DE NECKER, L. et al. Aquatic invertebrate community structure of selected endorheic wetlands (pans) in South Africa. **Inland Waters**, v. 6, n. 3, p. 303–313, 1 jan. 2016.

DEE, L. E. et al. When Do Ecosystem Services Depend on Rare Species? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 8, p. 746–758, ago. 2019.

DÍAZ, S.; MALHI, Y. Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 47, n. Volume 47, 2022, p. 31–63, 17 out. 2022.

DODDS, W. K. et al. The freshwater biome gradient framework: predicting macroscale properties based on latitude, altitude, and precipitation. **Ecosphere**, v. 10, n. 7, p. e02786, jul. 2019.

EPELE, L. B. et al. A global assessment of environmental and climate influences on wetland macroinvertebrate community structure and function. **Global Change Biology**, v. 30, n. 2, p. e17173, fev. 2024.

FERNÁNDEZ, D. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. [s.l.] Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.

FICK, S.; HIJMANS, R. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, 15 maio 2017.

GASTON, K. J. What is rarity? Em: KUNIN, W. E.; GASTON, K. J. (Eds.). **The Biology of Rarity: Causes and consequences of rare—common differences**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1997. p. 30–47.

GASTON, K. J. The importance of being rare. **Nature**, v. 487, n. 7405, p. 46–47, jul. 2012.

GOTELLI, N. J.; CHAO, A. Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. Em: LEVIN, S. A. (Ed.). **Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)**. Waltham: Academic Press, 2013. p. 195–211.

GOULART; CALLISTO. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA COMO FERRAMENTA EM ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL. 2001.

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)].** IPCC, , 2023.

JOVEM-AZEVÊDO, D. et al. Dipteran assemblages as functional indicators of extreme droughts. **Journal of Arid Environments**, v. 164, p. 12–22, maio 2019.

JOVEM-AZEVÊDO, D. et al. Modelling the abundance of a non-native mollusk in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 849, n. 3, p. 625–639, fev. 2022.

KINARD, S.; PATRICK, C. J.; CARVALLO, F. Effects of a natural precipitation gradient on fish and macroinvertebrate assemblages in coastal streams. **PeerJ**, v. 9, p. e12137, 1 out. 2021.

KONDRATYEVA, A.; GRANDCOLAS, P.; PAVOINE, S. Reconciling the concepts and measures of diversity, rarity and originality in ecology and evolution. **Biological Reviews**, v. 94, n. 4, p. 1317–1337, ago. 2019.

LENNON, J. J. et al. Are richness patterns of common and rare species equally well explained by environmental variables? **ECOGRAPHY**, v. 34, n. 4, p. 529–539, ago. 2011.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. **Current Biology**, v. 31, n. 19, p. R1174–R1177, out. 2021.

MARIANO. **Guia on-line de identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo: Ephemeroptera**. [s.l: s.n.].

MOLOZZI, J. et al. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 155–165, dez. 2012.

MUGNAI, R. et al. Morphological traits and vertical distribution of hyporheic chironomid larvae in Atlantic Forest streams. **Tropical Zoology**, v. 32, n. 3, p. 119–134, 3 jul. 2019.

NASCIMENTO FILHO, S. L. D. et al. Interactions between benthic microalgae, nutrients and benthic macroinvertebrates in reservoirs from the semi-arid Neotropical region. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 192, n. 3, p. 237–254, 25 abr. 2019.

PAIVA, F. F. et al. Functional threshold responses of benthic macroinvertebrates to environmental stressors in reservoirs. **Journal of Environmental Management**, v. 329, p. 116970, mar. 2023.

PANDIT, S. N.; KOLASA, J.; COTTENIE, K. Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. **Ecology**, v. 90, n. 8, p. 2253–2262, ago. 2009.

PURVIS, A.; HECTOR, A. Getting the measure of biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 212–219, maio 2000.

R CORE TEAM. **R: The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 1 jun. 2024.

RABINOWITZ. Seven forms of rarity. **The biological aspects of rare plant conservation**, 1981.

RESH, V. H. et al. Long-term population and community patterns of benthic macroinvertebrates and fishes in Northern California Mediterranean-climate streams. **Hydrobiologia**, v. 719, n. 1, p. 93–118, nov. 2013.

ROSENBERG; RESH. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. 1. ed. [s.l: s.n.].

SGARBI, L. F.; MELO, A. S. You don’t belong here: explaining the excess of rare species in terms of habitat, space and time. **Oikos**, v. 127, n. 4, p. 497–506, abr. 2018.

SILVA, J. M. C. D.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (EDS.). **Caatinga**. Cham: Springer International Publishing, 2017.

SIQUEIRA, T. et al. Common and rare species respond to similar niche processes in macroinvertebrate metacommunities. **Ecography**, v. 35, n. 2, p. 183–192, fev. 2012.

SWAN, C. M.; BROWN, B. L. Using rarity to infer how dendritic network structure shapes biodiversity in riverine communities. **Ecography**, v. 37, n. 10, p. 993–1001, out. 2014.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos generos**. [s.l: s.n.].

VAN SCHALKWYK, J.; PRYKE, J. S.; SAMWAYS, M. J. Contribution of common vs. rare species to species diversity patterns in conservation corridors. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 279–288, set. 2019.

VELLOSO, A. L. **Ecorregiões para o bioma caatinga**. [s.l.] Instituto de conservação ao Ambiental The Nature Conservancy do Brasil; Recife; Associação de Plantas do Nordeste, 2002.

WEERAKOON, S.; CHANDRASEKARA, U.; AMARASINGHE, U. **Seasonal water-level fluctuations and changes in macro-benthic community structure in tropical reservoirs: A Sri Lankan case study - Weerakoon - 2021 - Lakes & Reservoirs: Science, Policy and Management for Sustainable Use - Wiley Online Library**. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/lre.12358>. Acesso em: 19 ago. 2024.

WHITE, E. P.; THIBAULT, K. M.; XIAO, X. Characterizing species abundance distributions across taxa and ecosystems using a simple maximum entropy model. **Ecology**, v. 93, n. 8, p. 1772–1778, 2012.

WHITE, H. J. et al. The contribution of geographically common and rare species to the spatial distribution of biodiversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 32, n. 10, p. 1730–1747, 2023.

WHITTAKER, R. H. Evolution and Measurement of Species Diversity. **TAXON**, v. 21, n. 2–3, p. 213–251, 1972.

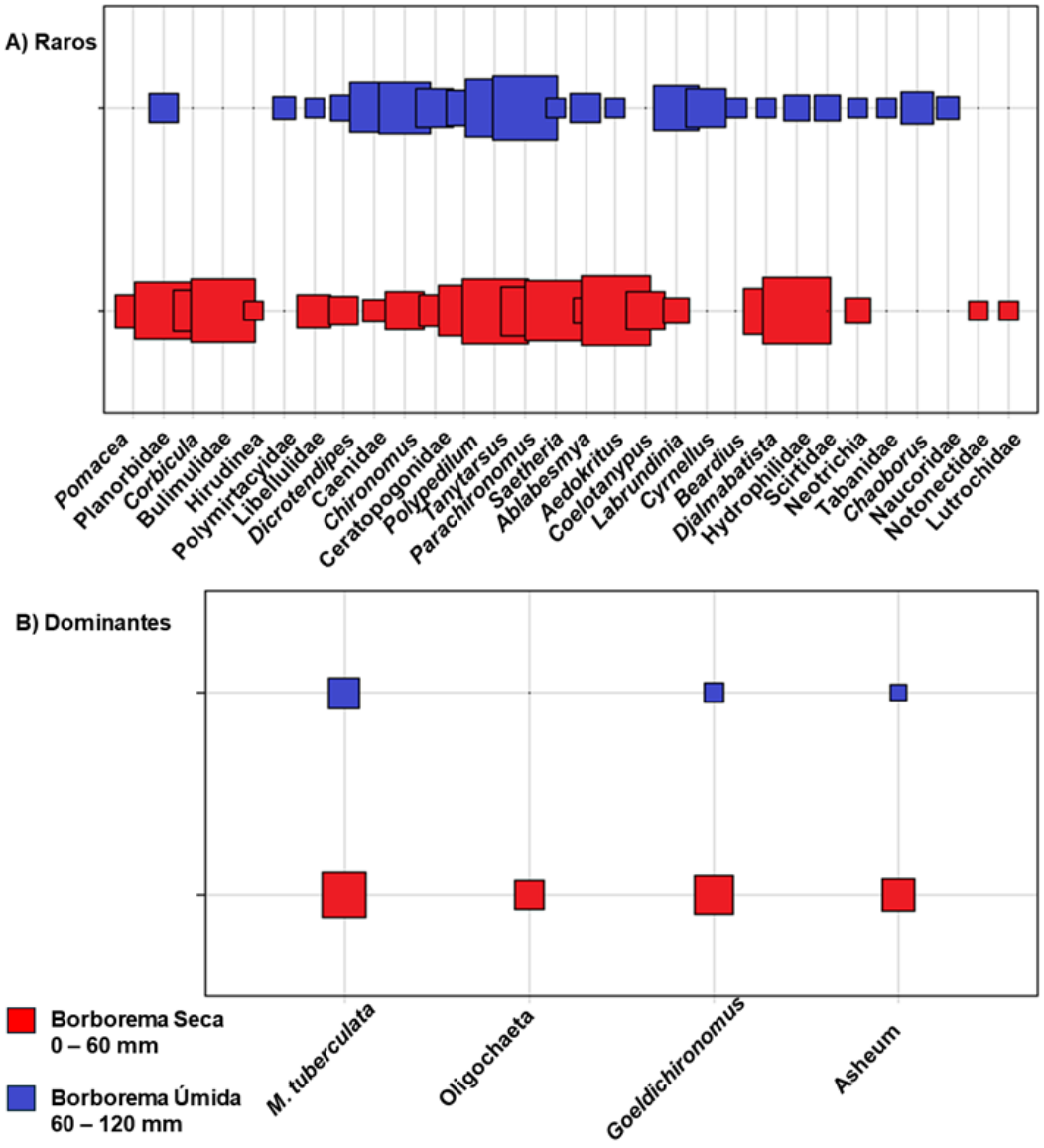
ZHANG, H. et al. Dam cascade alters taxonomic composition of benthic macroinvertebrate community in upper Yangtze River. **River Research and Applications**, v. 37, n. 8, p. 1070–1079, out. 2021.

APÊNDICE A – ABUNDÂNCIA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

TAXA	BS	BU	TOTAL
MOLLUSCA			
Gastropoda			
Thiaridae			
Melanoides tuberculata Müller, 1774	2.304	524	2.828
Bulimulidae	121	0	121
Planorbidae	80	5	85
Ampullariidae			
Pomacea Perry, 1810	9	0	9
Bivalvia			
Corbicula Megerle von Mühlfeld, 1811	20	0	20
ANNELIDA			
Oligochaeta	421	0	421
Hirudinea	1	0	1
INSECTA			
Diptera			
Chironomidae			
Chironominae			
Goeldichironomus Fittkau, 1965	1390	90	1480
Asheum Sublette, 1964	699	53	752
Tanytarsus Van der Wulp, 1874	139	85	224
Aedokritus Roback, 1958	172	1	173
Parachironomus Lenz, 1921	43	112	155
Saetheria Jackson, 1977	97	1	98
Polypedilum Kieffer, 1912	53	12	65
Chironomus Meigen, 1803	16	46	62
Dicrotendipes Kieffer, 1913	5	3	8
Beardius Reiss & Sublette, 1985	0	1	1
Tanypodinae			
Djalmabatista Fittkau, 1968	35	1	36
Labrundinia Fittkau, 1962	3	29	32
Coelotanypus Kieffer, 1913	15	0	15
Ablabesmya Johannsen, 1905	3	6	9
Ceratopogonidae	8	15	22
Chaoboridae			
Chaoborus A.A.H.Lichtenstein, 1800	0	7	7
Tabanidae	0	1	1
Coleoptera			
Hydrophilidae	145	3	148
Scirtidae	0	3	3
Lutrochidae	1	0	1
Ephemeroptera			
Caenidae	2	44	46
Polymirtacyidae	0	2	2
Trichoptera			
Polycentropodidae			
Cyrnellus Banks, 1913	0	17	17
Hydroptilidae			
Neotrichia Morton, 1905	3	1	4
Odonata			
Libellulidae	10	1	11
Hemiptera			
Naucoridae	0	2	2
Notonectidae	1	0	1
TOTAL	**5.796**	**1.065**	**6.860**

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

APÊNDICE B – PROPORÇÃO DA ABUNDÂNCIA DE *TAXA* PARA A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

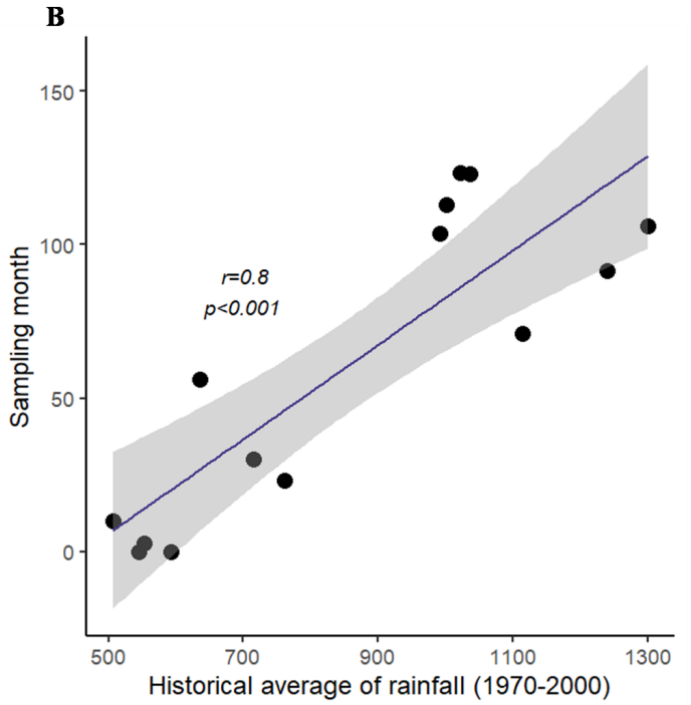
APÊNDICE C – RARIDADE DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

TAXA	ABUNDÂNCIA			OCORRÊNCIA	
MOLLUSCA					
Gastropoda					
Thiaridae					
Melanoides tuberculata Müller, 1774	2828	41,22%	Dominante	58,97%	Dominante
Bulimulidae	121	1,76%	Raro	11,54%	Dominante
Planorbidae	85	1,24%	Raro	19,23%	Dominante
Ampullariidae					
Pomacea Perry, 1810	9	0,13%	Raro	7,69%	Raro
Bivalvia					
Corbicula Megerle von Mühlfeld, 1811	20	0,29%	Raro	3,85%	Raro
ANNELIDA					
Oligochaeta	421	6,14%	Dominante	16,67%	Dominante
Hirudinea	1	0,01%	Raro	1,28%	Raro
INSECTA					
Diptera					
Chironomidae					
Chironominae					
***Goeldichironomus* Fittkau**, 1965	1480	21,57%	Dominante	43,59%	Dominante
***Asheum* Sublette,** 1964	752	10,96%	Dominante	16,67%	Dominante
Tanytarsus Van der Wulp, 1874	224	3,27%	Raro	26,92%	Dominante
Aedokritus Roback, 1958	173	2,52%	Raro	15,38%	Dominante
Parachironomus Lenz, 1921	155	2,26%	Raro	20,51%	Dominante
Saetheria Jackson, 1977	98	1,43%	Raro	12,82%	Dominante
Polypedilum Kieffer, 1912	65	0,95%	Raro	28,21%	Dominante
Chironomus Meigen, 1803	62	0,90%	Raro	15,38%	Dominante
Dicrotendipes Kieffer, 1913	8	0,12%	Raro	5,13%	Raro
Beardius Reiss & Sublette, 1985	1	0,01%	Raro	1,28%	Raro
Tanypodinae					
Djalmabatista Fittkau, 1968	36	0,52%	Raro	6,41%	Raro
Labrundinia Fittkau, 1962	32	0,47%	Raro	10,26%	Dominante
Coelotanypus Kieffer, 1913	15	0,22%	Raro	7,69%	Raro
Ablabesmya Johannsen, 1905	9	0,13%	Raro	8,97%	Raro
Ceratopogonidae	22	0,32%	Raro	6,41%	Raro
Chaoboridae					
Chaoborus A.A.H.Lichtenstein, 1800	7	0,10%	Raro	3,85%	Raro
Tabanidae	1	0,01%	Raro	1,28%	Raro
Coleoptera					
Hydrophilidae	148	2,16%	Raro	16,67%	Dominante
Scirtidae	3	0,04%	Raro	1,28%	Raro
Lutrochidae	1	0,01%	Raro	1,28%	Raro
Ephemeroptera					
Caenidae	46	0,67%	Raro	6,41%	Raro
Polymirtacyidae	2	0,03%	Raro	2,56%	Raro
Trichoptera					
Polycentropodidae					
Cyrnellus Banks, 1913	17	0,25%	Raro	6,41%	Raro
Hydroptilidae					
Neotrichia Morton, 1905	4	0,06%	Raro	5,13%	Raro
Odonata					
Libellulidae	11	0,16%	Raro	6,41%	Raro
Hemiptera					
Naucoridae	2	0,03%	Raro	1,28%	Raro
Notonectidae	1	0,01%	Raro	1,28%	Raro
TOTAL	**6.860**				

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

ANEXO A – CORRELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL COM PADRÃO HISTÓRICO PARA A ECORREGIÃO DA BORBOREMA

Representação da correlação entre os valores de precipitação referentes ao mês da amostragem (AESA, 2018) e da média histórica obtida na base de dados “WorldClim 2” (FICK; HIJMANS, 2017), evidenciando que a precipitação mensal seguiu o padrão histórico da região estudada.



Fonte: ÁLVARO et al. (2023, com adaptações).

AGRADECIMENTOS

À minha família. Minha mãe, Ana Paula e irmãos, Nicolle e Ryan. Pessoas que amo tanto, e dedico este trabalho e minha própria vida. Ana Paula, quem tanto lutou entre linhas e agulhas para poder sustentar seus filhos, e garantir a eles, melhores condições de vida. Espero que essa formação na graduação seja o início da recompensa que lhe é devida, por todo esforço e amor dedicado!

Aos amigos que marcaram os melhores momentos nessa vida acadêmica. Independente dos melhores ou piores momentos, tudo fica melhor quando se reconhece o valor da amizade. Caio, Brenda, Fialho e Kleber. E prossigamos a acreditar em nossos sonhos, nós somos capazes, e chegamos lá!

Ao Laboratório de Ecologia de Bentos, com toda sua solidariedade e espaço de crescimento pessoal. À professora Joseline, orientadora, quem sempre acolhe e incentiva os seus alunos a construir sonhos. Não esquecerei desse mantra: “Quem lê, escreve! Quem lê, escreve!” À Dalescka, coorientadora, quem sempre acreditou na minha capacidade e sempre me ajudou com dedicação e lealdade. Um fato aleatório e engraçado, é que ela ficava chocada quando eu levava comidas vegetarianas para o LEB. À Érica, pelo grande aprendizado no laboratório, e sobretudo, me fez erguer a cabeça perante momentos difíceis. Gratidão! Por suposto, também dedico a Climélia, pessoa sempre acolhedora e que faz questão de unir o LEB enquanto trabalhamos todos no processamento das amostras. Lucianna, com sua impressionante tranquilidade, até mesmo, por exemplo, quando a vaca comeu a trena que estávamos usando para delimitar as parcelas de vegetação durante o campo. Faço menção honrosa a todas as pessoas que já estiveram, estão, ou estarão no LEB, pois o trabalho científico e social dessa equipe é de grande valor.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), pela formação no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, instituição onde aprendi não somente o valor do conhecimento e do desenvolvimento da ciência, mas também sobre a construção de humanidade e compromisso ético.

Finalmente, agradeço ao suporte financeiro do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – Rio Paraíba Integrado (PELD-RIPA) e do Fundo Setorial de Recursos Hídricos – CT Hidro, que possibilitaram e continuam possibilitando a produção científica e a função social do Laboratório de Ecologia de Bentos, vinculado à Universidade Estadual da Paraíba.