



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

FABIANA SANTOS ANDRADE

**INFLUÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO SOBRE A
MACROFAUNA BENTÔNICA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DO
BRASIL**

**CAMPINA GRANDE
2023**

FABIANA SANTOS ANDRADE

**INFLUÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO SOBRE A
MACROFAUNA BENTÔNICA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Artigo) apresentado ao
Departamento do Curso Ciências
Biológicas da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharelada em
ciências biológicas.

Área de Concentração: Ecologia.

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

Co-orientadora: Dr^a. Franciely Ferreira Paiva

**CAMPINA GRANDE
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma 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.

A554i Andrade, Fabiana Santos.
Influência das concentrações de fósforo sobre a
macrofauna bentônica em reservatórios no semiárido do Brasil
[manuscrito] / Fabiana Santos Andrade. - 2023.
29 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Joseline Molozzi, Coordenação
de Curso de Biologia - CCBS."

"Coorientação: Profa. Dra. Franciely Ferreira Paiva ,
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Macroinvertebrados bentônicos. 2. Diversidade
taxonômica. 3. Impacto antrópico. I. Título

21. ed. CDD 628.162

FABIANA SANTOS ANDRADE

INFLUÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO SOBRE A MACROFAUNA
BENTÔNICA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

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

Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 05/04/2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr^a. Joseline Molozzi

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Dalescka Barbosa de Melo

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr^a. Juliana dos Santos Severiano

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, por toda força, dedicação,
companheirismo, amor e sua grande
amizade, DEDICO.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	METODOLOGIA.....	9
2.1	Área de estudo.....	9
2.2	Coleta dos macroinvertebrados bentônicos.....	10
2.3	Medição das concentrações de fósforo total.....	10
2.4	Medição da diversidade taxonômica.....	11
2.5	Análise de dados.....	11
3	RESULTADOS.....	12
4	DISCUSSÃO.....	16
5	CONCLUSÃO.....	20
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

INFLUÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

INFLUENCE OF PHOSPHORUS CONCENTRATIONS ON THE BENTHONIC MACROFAUNA IN RESERVOIRS IN SEMI-ARID BRAZIL

Fabiana Santos Andrade*

RESUMO

Os reservatórios são ecossistemas aquáticos construídos com o propósito de prover reserva de água para toda a população. Estes também são utilizados para outros fins como o lazer, agricultura, pasto, criação de animais e atividades industriais. Todas essas atividades vêm causando pressões antrópicas nesses ambientes, levando a esses ecossistemas uma grande carga de nutrientes como o fósforo. O fósforo quando inserido em altas concentrações nos ecossistemas aquáticos, juntamente com outros fatores antrópicos, causam o processo de eutrofização que causa efeitos nocivos para os reservatórios e para os seres ali presentes. Dentre esses seres temos os macroinvertebrados bentônicos, os quais estão inseridos nesses ecossistemas e são sensíveis as mudanças ambientais. Quando estas comunidades entram em contato com as altas concentrações de fósforo em consequência das ações antrópicas, tendem a ter alterações em seus táxons e na sua diversidade. Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar qual a implicação que a concentração de fósforo tem sobre a diversidade da comunidade bentônica. Este estudo foi realizado em quatro reservatórios localizados na bacia do Rio Piranhas-Açu (Sabugí e Cruzeta) e na bacia do Rio Paraíba (Sumé e Cordeiro), no semiárido do Nordeste brasileiro. Em cada reservatório foram definidos 15 pontos amostrais localizados na região litorânea e as coletas foram realizadas nos meses de setembro e dezembro de 2019, depois de fenômenos de precipitação em 2018. Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados na região litorânea dos reservatórios, em seguida foram levados para laboratório onde foram triados e identificados. Em laboratório também foram mensuradas as concentrações de fósforo total da água ($\mu\text{g} / \text{L}$), bem como os índices de diversidade taxonômica de Shannon-Wiener, Pielou e Simpson. Foram encontrados 13708 organismos distribuídos em 36 táxons, dentre esses organismos os mais abundantes encontrados foram os *Oligochaeta* (4473) e *Melanoides tuberculata* (4435). Diferenças significativas foram encontradas, em relação a abundância dos organismos tanto para os reservatórios ($F_{3, 109}=10.5$; $p < 0.0001$) quanto para os meses de coleta ($F_{1, 109}=83$; $p < 0.0001$). As concentrações de fósforo total também diferiram significativamente tanto em relação aos reservatórios ($F_{3, 109}=63.7$; $p < 0.0001$), quanto para os meses ($F_{1, 109}=17.3$; $p < 0.0001$). Modelos de regressão linear mostraram que o aumento do fósforo total impulsionou o aumento da diversidade de Shannon-Wiener ($R^2= 0.06$; $P=0.003$), Pielou ($R^2= 0.06$; $P=0.003$) e Simpson ($R^2 0.07$; $P= 0.002$). O enriquecimento do fósforo total vem agindo sobre a macrofauna bentônica dos reservatórios, aumentando assim sua diversidade taxonômica, porém apenas para espécies tolerantes a ambientes impactados e poluídos as nutrindo excessivamente. Então existe-se a necessidade de que ocorra uma fiscalização por meio da gestão hídrica nas áreas estudadas (Paraíba e Rio Grande do Norte) com o intuito de que os reservatórios bem como as comunidades de macroinvertebrados bentônicos sejam menos afetados pelos fatores antrópicos.

Palavras-chaves: macroinvertebrados bentônicos; diversidade taxonômica; região semiárida; impacto antrópico.

ABSTRACT

Reservoirs are aquatic ecosystems built with the purpose of providing water reserves for the entire population. These are also used for other purposes such as leisure, agriculture, pasture, animal husbandry and industrial activities. All these activities have been causing anthropic pressures in these environments, leading to these ecosystems a large load of nutrients such as phosphorus. Phosphorus, when inserted in high concentrations in aquatic ecosystems, together with other anthropic factors, causes the process of eutrophication that causes harmful effects to the reservoirs and to the beings present there. Among these beings we have the benthic macroinvertebrates, which are inserted in these ecosystems and are sensitive to environmental changes. When these communities come into contact with high concentrations of phosphorus as a result of anthropic actions, they tend to have changes in their taxa and diversity. Therefore, the objective of this study was to analyze the implication that the concentration of phosphorus has on the diversity of the benthic community. This study was carried out in four reservoirs located in the Piranhas-Açu River basin (Sabugí and Cruzeta) and in the Paraíba River basin (Sumé and Cordeiro), in the semi-arid region of Northeastern Brazil. In each reservoir, 15 sampling points located in the coastal region were defined and the collections were carried out in September and December 2019, after precipitation phenomena in 2018. The benthic macroinvertebrates were collected in the coastal region of the reservoirs, then taken to the laboratory where they were screened and identified. In the laboratory, the concentrations of total phosphorus in the water ($\mu\text{g} / \text{L}$) were also measured, as well as the taxonomic diversity indexes of Shannon-Wiener, Pielou and Simpson. A total of 13708 organisms distributed in 36 taxa were found, among these the most abundant organisms found were *Oligochaeta* (4473) and *Melanoides tuberculata* (4435). Significant differences were found in relation to the abundance of organisms both for the reservoirs ($F_3, 109=10.5$; $p < 0.0001$) and for the collection months ($F_1, 109=83$; $p < 0.0001$). Total phosphorus concentrations also differed significantly both for reservoirs ($F_3, 109=63.7$; $p < 0.0001$) and for months ($F_1, 109=17.3$; $p < 0.0001$). Linear regression models showed that increasing total phosphorus boosted Shannon-Wiener ($R^2= 0.06$; $P=0.003$), Pielou ($R^2= 0.06$; $P=0.003$) and Simpson ($R^2 0.07$; $P= 0.002$) diversity. . The total phosphorus enrichment has been acting on the benthic macrofauna of the reservoirs, thus increasing their taxonomic diversity, but only for species tolerant to impacted and polluted environments, feeding them excessively. So there is a need for supervision through water management in the areas studied (Paraíba and Rio Grande do Norte) with the aim that the reservoirs as well as the communities of benthic macroinvertebrates are less affected by anthropic factors.

Keywords: benthic macroinvertebrates; taxonomic diversity; semi-arid region; anthropic impact.

* Aluna de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
E-mail: fabianandradee@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida no Nordeste brasileiro se caracteriza pelas elevadas temperaturas, baixa amplitude térmica mensal e as altas taxas de insolação, sendo marcada por uma alta escassez hídrica, afetando diretamente as populações que lá vivem (Zanella, 2014). Então uma das medidas adotada e utilizada para minimizar essa escassez de água é a construção de reservatórios (Zanella, 2014). Os reservatórios são ecossistemas construídos por meio do represamento de um fluxo natural de um rio, com o intuito principal, nessas regiões semiáridas, de fornecer reserva de água para o abastecimento da população, como também desenvolvimento de irrigação, atividades industriais, piscicultura e lazer (Fanny et al., 2013; Zanella 2014). Devido a pressões antrópicas como a alta das cargas de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, por meio de descargas e escoamentos de efluentes antrópicos, os reservatórios estão suscetíveis a processos como a eutrofização artificial (Tett et al., 2003; Revenga et al., 2005; Serediak et al., 2014). A eutrofização está relacionada a um aumento excessivo de nutrientes como o fósforo e nitrogênio, ocasionando um crescimento excessivo de algas, cianobactérias e da vegetação e a diminuição do oxigênio, podendo trazer consequências como a perda de biodiversidade e qualidade da água, morte da fauna e outros danos aos ecossistemas, diferentemente da eutrofização natural, cuja ocorre de forma gradual e bem lenta (Boavida, 2001; Klein & Agne, 2012; Mello, 2014; Azevêdo et al., 2015).

As concentrações de fósforo são um dos principais fatores ambientais que está associado a eutrofização dos ecossistemas aquáticos apresentando efeitos nocivos (Morais et al., 2010; Barbosa et al., 2020). O fósforo (P) é um elemento químico natural, não tóxico e essencial a plantas e animais, pois é responsável pela nutrição e funcionamento dos ecossistemas biológicos e das comunidades que neles estão inseridos (Quevedo & Paganini, 2011; Klein & Agne, 2012). O fósforo é fundamental à formação biológica como parte fundamental dos conjuntos de transferência de energia e dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e não pode ser substituível ou sintetizado pelo homem (Quevedo & Paganini, 2011). Este elemento pode ser encontrado e inserido em larga escala em ecossistemas artificiais como os reservatórios (assim como também em outros ecossistemas) (Quevedo & Paganini, 2011; Klein & Agne, 2012). Um trabalho realizado por (Everal et al., 2019) relata que esse enriquecimento de nutrientes compõe uma das

causas mais relevantes de danos à saúde do ecossistema aquático em todo o planeta, ocasionando por exemplo a redução da biodiversidade, da riqueza dos macroinvertebrados e da perda de qualidade da água.

O fósforo é um nutriente que pode causar mudanças nos ambientes aquáticos quando em altas concentrações, podendo atingir diretamente as comunidades bentônicas, as nutrindo excessivamente (Morais et al., 2010). Os macroinvertebrados são grupos de comunidades bêmicas suscetíveis a mudanças químicas e físicas da água, ou seja, apenas alguns táxons se adaptam a diferentes condições ambientais (Morais et al., 2010). E a resposta de tolerância que essa comunidade bentônica tem ao fósforo irá se dá de acordo com o nicho ecológico de cada espécie, sendo então estes macroinvertebrados, utilizados como parâmetros de biomonitoramento para obter dados sobre a qualidade da água (química e física) de ecossistemas aquáticos (Rickfles, 1996; Morais et al., 2010).

Os macroinvertebrados podem se diferenciar de acordo com a qualidade do ambiente, apresentando organismos tolerantes, como alguns Heteroptera subordem da ordem Hemiptera; Odonata; a classe Insecta; e a ordem Amphipoda pertencente ao Crustácea (Callisto et al., 2001). E nos lugares em que sua maioria são poluídos como nos reservatórios, estes locais comumente irão possuir uma baixa diversidade de espécies ao mesmo tempo que possuirão uma alta densidade de organismos que são restritos a grupos mais tolerantes, a exemplo da família Chironomidae, cuja possui alguns táxons tolerantes, como *Chironomus*, *Polypedilum*, os *Melanoides tuberculata* pertencentes a classe Gastropoda e a subclasse Oligochaeta, onde os duas últimas são consideradas espécies tolerantes e indicadoras de poluição orgânica (Kazanci & Girgin, 1998; Callisto et al., 2001).

Os métodos por quais o enriquecimento do fósforo afeta as comunidades bentônicas são complexos e a abundância deste elemento (P) reduzirá a riqueza de alguns macroinvertebrados (Rickfles, 1996; Yuan, 2010; Friberg et al., 2010; Ortiz & Puig, 2017; Everal et al., 2019). Isso ocorre devido a diminuição na densidade das ordens de bentos como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, já que estas ordens são sensíveis a mudanças ambientais, não resistindo assim a muitas ações antrópicas (Rickfles, 1996; Yuan, 2010; Friberg et al., 2010; Ortiz & Puig, 2017; Everal et al., 2019). Mas também existem ordens que toleram esses processos antrópicos como a ordem Diptera composta por diversas famílias a exemplo de Chironomidae, composta de organismos numerosos

com espécies sensíveis e resistentes a ambientes afetados pela ação humana (Odume & Muller., 2011; Serra et al., 2017; Gomes et al., 2020).

Diante disso, este respectivo trabalho tem como o objetivo analisar qual a implicação que a concentração de fósforo tem sobre a diversidade da comunidade bentônica. Para isso, será analisado a diversidade taxonômica da macrofauna bentônica em relação as concentrações de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) em reservatórios na região semiárida do Nordeste brasileiro.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e desenho amostral

As coletas foram realizadas em quatro reservatórios localizados no estado da Paraíba e do Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil (Tabela 1). A região apresenta clima semiárido com temperaturas médias anuais superiores à 20°C e precipitação que varia entre 280 e 800mm (Lira et al., 2018). São estes os reservatórios que estão localizados na bacia hidrográfica do Rio Grande do Norte: reservatório Sabugí (município de São João do Sabugí) e reservatório Cruzeta (município de Cruzeta); já na Paraíba estão localizados o reservatório de Sumé (município de Sumé) e o de Cordeiro (município do Congo) (Gomes et al., 2018; Lira et al., 2018). Os reservatórios estudados estão propensos a numerosos impactos antrópicos devido a estarem posicionados perto de regiões antrópicas (Barbosa et al., 2012; Melo et al., 2022). Em cada reservatório foram definidos 15 pontos amostrais e as coletas foram realizadas nos meses de setembro e dezembro de 2019, depois de fenômenos de precipitação em 2018 (Melo et al., 2022).

Tabela 1: Caracterização ambiental dos reservatórios Sabugí e Cruzeta localizados no estado do Rio Grande do Norte e reservatórios Sumé e Cordeiro localizados no estado da Paraíba. O * representa a ausência de informação.

Reservatórios	(continua)			
	Sabugí	Cruzeta	Sumé	Cordeiro
Município	São José do Sabugi	Cruzeta	Sumé	Congo
Coordenadas geográficas	06°43'06"S e 37°12'02"W	06°24'42"S e 36°47'23"W	7°29'8"S e 37°12'20"W	7°47'38,00"S e 36°40'14,04"W
Precipitação (mm)	62,66	50,6	22,68	28,72
Capacidade máxima (m^3)	65,9	23,6	44,8	69,9

Tabela 1: Caracterização ambiental dos reservatórios Sabugí e Cruzeta localizados no estado do Rio Grande do Norte e reservatórios Sumé e Cordeiro localizados no estado da Paraíba. O * representa a ausência de informação.

Reservatórios	(conclusão)			
	Sabugí	Cruzeta	Sumé	Cordeiro
Volume aproximado de água (10 ⁶ m ³)	26	21	37	13
Volume morto (m ³)	210.304,90	1.179.186,00	2.243	3.4985
Ano de construção	1965	1929	1953	*

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Dados foram retirados da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas, ANA (Agência Nacional de águas), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e do SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte).

2.2 Coletas dos macroinvertebrados bentônicos

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados com um amostrador de fundo Ekman Birge (área de 225 cm²) em todos os 15 pontos na região litorânea dos reservatórios. O sedimento coletado foi fixado em formaldeído a 4% em campo. Em laboratório o material coletado foi lavado em água corrente (com o auxílio de uma peneira de 500 mm) e em seguida essas amostras foram colocadas em recipientes com álcool 70% e coradas com o corante Rosa de Bengala, diferenciando assim os macroinvertebrados de outros resíduos (Kuhlmann et al., 2012). Após a lavagem, os macroinvertebrados foram triados sendo separados dos outros detritos e partículas, com ajuda de pinças e uma bandeja (de fundo branco) de base iluminada (Kuhlmann et al., 2012). Depois da triagem os macroinvertebrados foram colocados em ependofes com álcool 70% e identificados com o auxílio das chaves de identificação em da lupa e/ou microscópio. A identificação se deu ao nível de família, exceto para as larvas de Chironomidae, que foram distinguidas ao nível de gênero (Boffi, 1979; Peterson, 1960; Péres, 1988; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Carvalho & Calil, 2000; Epler, 2001; Fernández & Domínguez, 2001; Costa et al., 2006; Trivinho-Strixino, 2011; Kuhlmann et al., 2012).

2.3 Medição das concentrações de fósforo total

Em cada ponto amostral dos reservatórios, um litro de água foi coletado na subsuperfície e armazenado em garrafas plásticas, acondicionadas em caixas de isopor e gelo. Em laboratório, foi determinado as concentrações de Fósforo total (µg/L) seguindo a metodologia APHA et al. (2005).

2.4 Medição da diversidade taxonômica

Como medidas de diversidade taxonômica utilizou-se a diversidade Shannon-Wiener, bem como os índices de Pielou e de Simpson. A diversidade de Shannon-Wiener considera a equitabilidade (frequência de abundância) e riqueza das espécies em uma comunidade, a partir da seguinte equação:

$$H^1 = - \sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i)$$

onde o P_i se trata da frequência de cada espécie encontrada para i variando de 1 a S que se refere a riqueza (Shannon & Weaver, 1949; Rickfles, 1996). O índice de Pielou é determinado pela seguinte equação:

$$J' = H/\ln S$$

onde o J se refere ao índice de uniformidade ou similaridade que será igual ao H que irá se referir ao índice de Shannon-Weaver/ \ln que será o seu logaritmo natural e o S cujo diz respeito ao número total de espécies (Pielou, 1996). Já o índice de Simpson é utilizado para determinar a quantidade da biodiversidade do habitat levando em consideração tanto o número de espécies como a abundância de cada espécie (Vijaylaxmi et al., 2010). A equação do índice Simpson é da seguinte forma:

$$1 - D = 1 - (\sum n(n-1) / N(N-1))$$

onde o número total de indivíduos de uma determinada espécie é representada pela letra n e o número total de indivíduos de todas as espécies é representado pela letra N (Simpson, 1949).

2.5 Análise de dados

Realizou-se testes de PERMANOVA para verificar se existiam, ou não, diferenças significativas entre a abundância dos organismos tanto em relação aos reservatórios quanto aos meses. Isso também foi realizado para as concentrações de fósforo em relação aos meses e os reservatórios.

Também foi realizada uma análise de regressão linear entre as concentrações de fósforo e a diversidade de Shannon-Wiener, o índice de Pielou e o índice de Simpson. O modelo de regressão linear se caracteriza de uma ligação entre uma variável dependente ou variável de resposta e uma variável independente ou de regressão, este modelo utiliza a equação de linha reta y (variável de saída ou dependente) = mx (variável de entrada ou independente) + c (interceptação de y) (Gowda et al., 2021). Previamente, foram testados

a distribuição dos dados utilizando o teste de Shapiro-Wilk para verificar se os dados atendiam aos pressupostos da análise escolhida (Rodrigues et al., 2023). Estas análises foram realizadas no software estatístico R versão 3.5.1, (R Core Team, 2017).

3 RESULTADOS

No total, foram coletados 13708 organismos distribuídos em 36 táxons nos meses de setembro e dezembro do ano de 2019 nos reservatórios. Dentre esses táxons, 5 são Mollusca, 2 Annelida, 2 Coleoptera, 20 Diptera, 2 Odonata, 2 Ephemeroptera, 1 Hemiptera e 1 Tricophetera (Tabela 2). Para mais detalhes considerado cada mês e reservatório amostrado ver Tabela 2. Destes, os mais dominantes foram Oligochaeta com 4773 organismos, *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) com 4435 indivíduos.

Tabela 2: Lista contendo todos os táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos que foram coletados nos reservatórios de Sabugí, Cruzeta, Sumé e Cordeiro nos meses de setembro e dezembro 2019. Os números representam as quantidades de indivíduos encontrados e os * quando nenhum foi encontrado.

TÁXONS	(continua)							
	Sabugí – RN		Cruzeta - RN		Sumé - PB		Cordeiro - PB	
	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez
MOLLUSCA								
Gastropoda								
<i>Corbicula largillieri</i> (Philippi, 1844)	*	1	*	*	*	*	*	*
<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)	1857	1402	9	120	*	75	*	872
Planorbidae								
<i>Pomacea</i> (Soy, 1829)	*	1	7	15	*	*	*	6
ANNELIDA								
Hirudínea								
Oligochaeta	161	2334	139	1250	8	1	184	696
COLEOPTERA								
Dytiscidae (Leach, 1915)								
Dytiscidae (Leach, 1915)	*	1	*	*	*	*	*	*
Hydrophilidae (Latreille, 1802)								
Hydrophilidae (Latreille, 1802)	*	*	2	*	*	*	*	*
DIPTERA								
Insecta								
Ceratopogonidae (Newman, 1839)								
Ceratopogonidae (Newman, 1839)	23	7	13	51	25	10	19	24
Chaoboridae (Eduardo, 1912)								
Chaoboridae (Eduardo, 1912)	*	*	*	*	1	*	20	*
Chironomidae								
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen)	1	1	23	1	10	2	4	7
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	38	37	4	616	1	*	72	53
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	14	7	103	74	2	*	28	8
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	*	*	30	*	1	*	1	2
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	*	*	1	7	*	*	2	1
<i>Clinotanypus</i> (Kieffer, 1913)	*	*	1	*	*	*	*	*
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	5	*	36	25	31	15	31	115

Tabela 2: Lista contendo todos os táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos que foram coletados nos reservatórios de Sabugí, Cruzeta, Sumé e Cordeiro nos meses de setembro e dezembro 2019. Os números representam as quantidades de indivíduos encontrados e os * quando nenhum foi encontrado.

TÁXONS	(conclusão)							
	Sabugí – RN		Cruzeta - RN		Sumé - PB		Cordeiro - PB	
	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	*	*	9	7	*	*	*	*
<i>Fissimentum</i> (Cranston & Nolte, 1996)	24	28	*	4	*	*	*	*
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	28	12	160	224	*	*	94	30
<i>Labrundinia</i> (Fittkau, 1962)	*	*	1	*	*	*	*	*
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	*	*	*	*	*	*	*	10
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	2	*	10	*	7	*	*	*
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	49	15	8	224	19	*	24	48
<i>Procladius</i> (Skuse, 1889)	*	*	1	*	*	*	*	*
<i>Saetheria</i> (Jackson, 1977)	*	*	10	16	2	*	4	5
<i>Tanypus</i> (Meigen, 1803)	23	*	410	14	*	*	3	1
<i>Tanytarsus</i> (Wulp, 1874)	*	5	8	1174	35	1	2	8
<i>Zavreliella</i> (Kieffer, 1920)	*	*	2	*	*	*	*	*
ODONATA								
Gomphidae	*	*	5	6	*	*	*	4
Libellulidae	*	1	4	1	*	*	*	*
EPHEMEROPTERA								
Caenidae	*	3	2	6	*	*	*	4
Ephemeraeidae	*	*	*	*	*	32	*	*
HEMIPTERA								
Corixidae (Leach, 1815)	5	*	*	*	*	*	*	*
TRICHOPTERA								
Hydroptilidae (Stephens, 1836)	*	*	4	*	*	*	*	*

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Diferenças significativas foram encontradas por meio de testes de PERMANOVA, em relação a abundância dos organismos tanto para os reservatórios ($F_{3, 109}=10.5$; $p<0.0001$) quanto para os meses ($F_{1, 109}=83$; $p<0,0001$) de setembro e dezembro do ano de 2019 (Tabela 2). Os resultados dos índices de diversidade taxonômica variaram entre os reservatórios bem como para os meses estudados, entre médias de no mínimo 0,1 (Cordeiro – RN, período do mês de setembro) até o máximo de 1,40 (Cruzeta – RN, período do mês de setembro) (Tabela 3). O índice de Shannon-Wiener teve sua maior média no reservatório de Cruzeta – RN, no mês de setembro (1,40) e a menor em Sabugí – RN, também no mês de setembro (Tabela 3). Ambos os índices Pielou e Simpson obteve sua maior média no mês de setembro, no reservatório de Cruzeta – RN e a menor no reservatório de Cordeiro – PB também no mês de setembro (Tabela 3).

Tabela 3: Média dos Índices de diversidade taxonômica encontrada nos quatros reservatórios do semiárido, nos meses de setembro e dezembro de 2019.

Diversidade taxonômica	Sabugí – RN		Cruzeta – RN		Sumé - PB		Cordeiro - PB	
	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez
Shannon	0,58	0,74	1,40	1,27	0,83	0,64	1,0	0,79
Pielou	0,06	0,07	0,14	0,13	0,08	0,06	0,1	0,08
Simpson	0,26	0,45	0,63	0,60	0,46	0,37	0,5	0,37

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

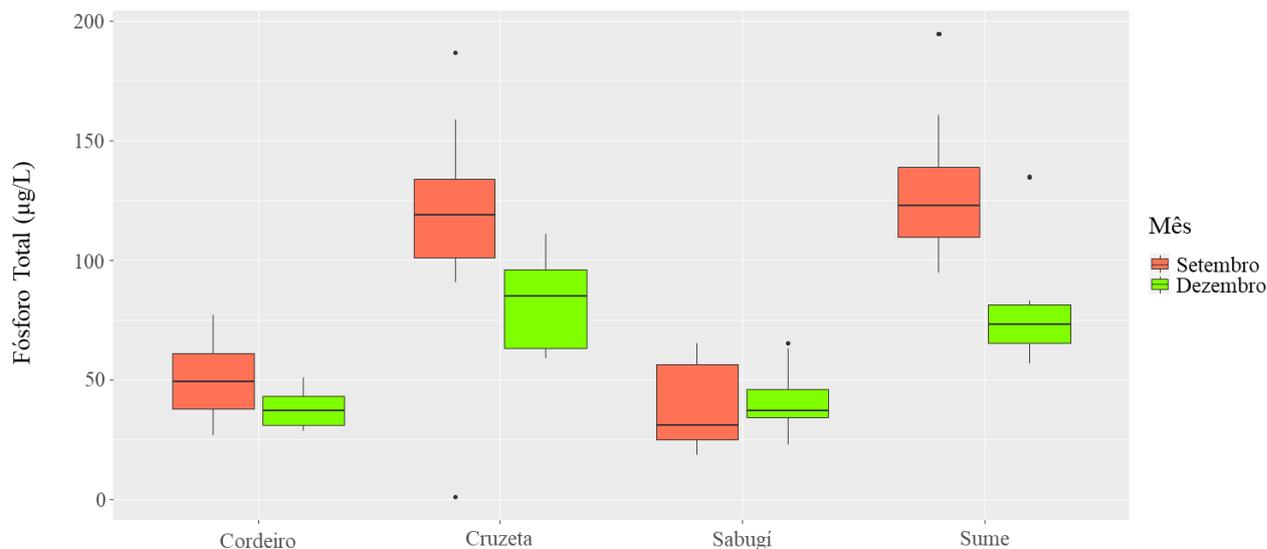
Sobre as concentrações de fósforo total encontradas em cada reservatório, estas diferiram em altas e baixas concentrações nos diferentes reservatórios como podemos observar na Tabela 4. Dentre os reservatórios da bacia do Rio Grande do Norte podemos observar o reservatório de Cruzeta com as maiores concentrações de fósforo total e a de Sabugí com as menores concentrações. Já entre os reservatórios da bacia do Rio Paraíba pode-se observar Sumé como o reservatório com as mais altas concentrações de fósforo total e Cordeiro com as menores concentrações (Tabela 4). Em relação a diferença mensal de fósforo total, foi possível observar que no mês de setembro para o mês de dezembro ocorreu uma diminuição significativa das concentrações de fósforo total, em ambos os reservatórios (Figura 1). As concentrações de fósforo total diferiram significativamente tanto em relação aos reservatórios ($F_{3, 109}=63,7$; $p<0,001$) de Sabugí, Cruzeta, Sumé e Cordeiro, quanto para os meses ($F_{1, 109}=17,3$; $p<0,0001$) estabelecidos.

Tabela 4: Concentrações de fósforo total ($\mu\text{g} / \text{L}$) encontradas nos períodos de setembro e dezembro de 2019 nos reservatórios Sabugí, Cruzeta, Sumé e Cordeiro. Os * representam pontos onde secaram durante o período de estudo.

Pontos amostrais	Sabugí - RN		Cruzeta - RN		Sumé – PB		Cordeiro - PB	
	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez	Set	Dez
Ponto 1	31	37	127	109	101	*	35	51
Ponto 2	19	31	103	10	111	*	61	51
Ponto 3	53	23	127	61	123	*	37	29
Ponto 4	19	47	117	97	109	*	49	51
Ponto 5	27	37	119	95	133	63	77	31
Ponto 6	59	57	145	63	151	71	39	31
Ponto 7	27	65	187	93	103	57	39	49
Ponto 8	19	33	93	59	95	83	69	37
Ponto 9	65	35	121	59	119	75	55	31
Ponto 10	45	63	91	63	141	*	37	37
Ponto 11	23	27	99	75	*	135	61	29
Ponto 12	59	37	141	87	195	*	27	35
Ponto 13	27	43	113	85	123	*	43	37
Ponto 14	35	45	1	69	131	*	65	37
Ponto 15	65	41	159	111	161	*	40	29

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

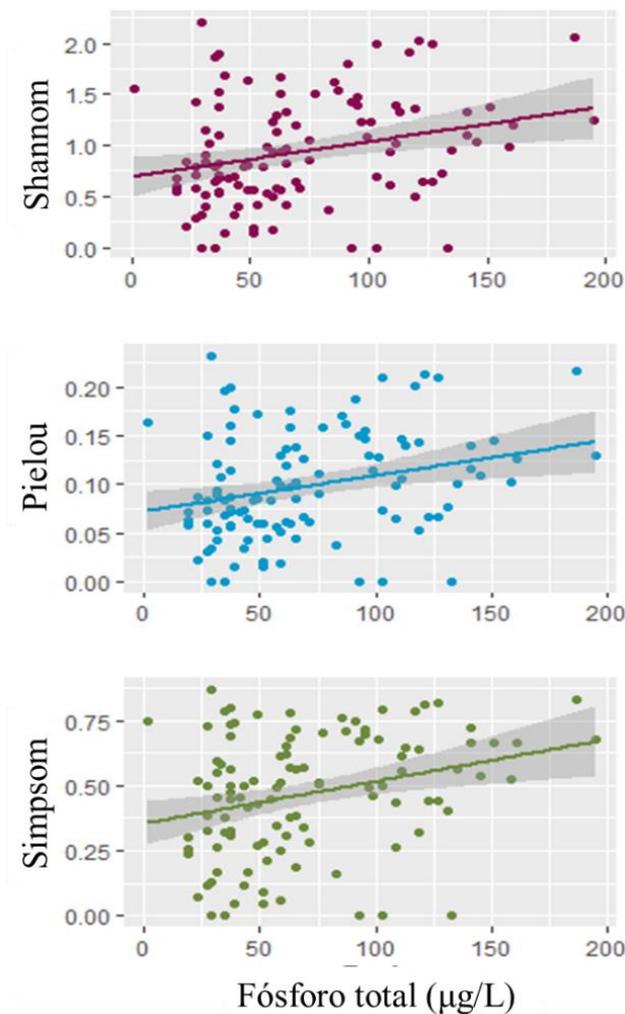
Figura 1: Gráfico de Boxplot mostrando as concentrações de fósforo total nos reservatórios Cordeiro, Sumé, Sabugí e Cruzeta nos meses de setembro e dezembro no ano de 2019.



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Os modelos de regressão linear gerados mostraram que o fósforo total impulsionou o aumento da diversidade de Shannon-Wiener ($R^2= 0,06$; $P=0,003$), bem como do índice de Pielou ($R^2= 0,06$; $P=0,003$) e do índice de Simpson ($R^2 0,07$; $P= 0,002$) influenciando assim significativamente e positivamente esse aumento (Figura 2).

Figura 2: Análise de regressão linear das concentrações de fósforo total e a diversidade de Shannon-Wiener, Pielou e Simpson nos reservatórios Cordeiro, Sumé, Sabugí e Cruzeta nos meses de setembro e dezembro no ano de 2019.



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

4 DISCUSSÃO

O fósforo é um recurso finito e não renovável de nutrientes cuja taxa de exploração é atualmente muito superior à taxa de retorno do seu ciclo natural causando graves e irreversíveis impactos ao meio ambiente, e as possíveis causas do aumento do fósforo fora de seu ciclo natural nos reservatórios são as atividades antrópicas, já que estas ações vêm afetando diretamente esses ecossistemas (Quevedo & Paganini, 2011). No estudo de Quevedo & Paganini, 2011, pode-se observar alguns fatores que em conjunto vêm causando a alteração do fósforo no meio ambiente, como as atividades humanas (lazer, pesca, agricultura, etc.) e a presença de fósforo nos esgotos domésticos. Portanto as atividades industriais e agrícolas, a mineração, assim como ações de predação do homem em relação aos animais aquáticos são os principais fatores que vêm consequentemente

alterando esse nutriente nos ecossistemas (Quevedo & Paganini, 2011). Ou seja, tudo isso vêm afetando os ecossistemas fazendo com que ocorra uma nutrição excessiva de fósforo, já que os reservatórios possuem sua fonte natural de fósforo (Rickfles, 1996; Quevedo & Paganini, 2011). Sobre esta fonte natural de fósforo nesses ecossistemas, esta vem por meio do ciclo de fósforo onde segundo o estudo de Ruttenberg (2003) existem as rochas fosfatadas que irão ser elevadas pelas forças geológicas naturalmente e estas vão se desgastar com o tempo, em um processo conhecido como intemperização, liberando assim o fósforo. Este fósforo liberado, quando se encontra em excesso na terra, se escoará superficialmente ou será lixiviado do solo, chegando assim nos habitats aquáticos (Ruttenberg, 2003).

Alguns organismos da fauna bentônica não necessitam dessa sobrecarga de nutriente causada por todas essas atividades antrópicas citadas anteriormente, pois o fósforo é um elemento químico natural presente em todos os ecossistemas biológicos, sendo responsável pela nutrição e desempenho de todas as comunidades que estão inseridas nesses ecossistemas, não sendo necessário ser inserido de forma direta ou indireta nesses ecossistemas, já que ele existe de forma natural (Morais et al., 2010; Paganini, 2011; Klein & Agne, 2012). Os táxons de macroinvertebrados que serão favorecidos por este excesso de fósforo, como os tolerantes, irão indicar que aquele ecossistema está impactado e poluído (Callisto et al., 2001; Odume & Muller., 2011; Serra et al., 2017; Gomes et al., 2020;). Já os táxons de bentos que são sensíveis ao aumento desse nutriente, irão ser raros ou conseqüentemente desaparecer daquele ecossistema, também indicando um meio bem impactado (Rickfles, 1996; Yuan, 2010; Friberg et al., 2010; Ortiz & Puig, 2017; Everal et al., 2019)

Sobre a abundância dos organismos de macroinvertebrados bentônicos houve diferença significativa em relação aos meses de setembro e dezembro de 2019, bem como para os reservatórios de Sabugí, Cruzeta, Sumé e Cordeiro. O que pode ser explicado devido ao fato diferença na diversidade nos táxons encontrados, quanto na quantidade de organismos dentro desses táxons, de um mês para o outro e entre os reservatórios. Isso pode ser observado nos resultados, onde o reservatório com o maior índice de diversidade para os três os índices estudados (Shannon, Pielou e Simpson), foi o de Cruzeta localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, tanto no mês de setembro quanto no mês de dezembro. As concentrações de fósforo também diferiram significativamente para os reservatórios do estudo bem como para os meses de dezembro e setembro, o que pode ser

explicado pela diferença das concentrações de fósforo nos pontos amostrais, que variaram entre os meses e entre os reservatórios amostrados, onde do mês de setembro para o de dezembro houve uma diminuição dessa concentração. E diferentemente do índice de maior diversidade desses organismos que se concentrou em apenas um reservatório, o de maiores concentrações de fósforo se concentrou em dois reservatórios, um localizado na bacia do Rio Paraíba (Sumé) e o outro na do Rio Grande do Norte (Cruzeta).

Os reservatórios diferiram tanto nas concentrações de fósforo como na composição das espécies implicando que um reservatório pode estar mais impactado que o outro. Em estudos anteriores nesses reservatórios realizados por Azevêdo et al. (2017), Gomes et al. (2018), Jovem-Azevêdo et al. (2019; 2020 e 2021), mostram que estes reservatórios são impactados por atividades humanas como a agricultura, urbanização, desmatamento, bem como por um aumento da degradação causada pelo enriquecimento de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo. Tais impactos em conjunto com o aumento das concentrações de fósforo, podem estar afetando assim a diversidade taxonômica desses macroinvertebrados e a sua abundância.

Os organismos mais abundantes encontrados foram os *Oligochaeta* e *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) que são consideradas espécies tolerantes e indicadoras de poluição orgânica (Kazanci & Girgin, 1998). Segundo um estudo de Azevêdo et al. (2018) as espécies de *Melanoides tuberculata* e *Oligochaeta* associaram-se a má qualidade da água pois estas estavam presentes em abundância em reservatórios mais impactados localizados também no semiárido. outro estudo, Kazanci e Girgin (1998) verificaram que a maior abundância de oligoquetas foram em regiões onde a concentração de fósforo total era maior. Ou seja, as abundâncias desses dois táxons tolerantes estão associadas ao aumento das concentrações de fósforo.

Podemos observar que o aumento do fósforo levou ao aumento da diversidade taxonômica e que o reservatório Cruzeta foi o que possuiu a maior concentração de fósforo da bacia do Rio Grande do Norte e foi o único reservatório cujo obteve a maior diversidade taxonômica para os três índices estudados (Pielou, Shannon e Simpson). Mas também se examinou que em dezembro houve a diminuição nas concentrações do fosforo e embora essa diminuição tenha ocorrido, essas não foram tão drásticas a ponto de provavelmente ocorrer mudanças na composição de espécies. Os cinco organismos mais abundantes encontrados no reservatório de Cruzeta foram *Oligochaeta*, *Tanytarsus*,

Aedokritus, *Tanypus* e *Goeldichironomus*. Estes macroinvertebrados encontrados em abundância no reservatório Cruzeta tratam-se de organismos tolerantes, pois podem suportar um grau elevado de poluentes, sendo até favorecidos, (Sonoda, 2010). Ou seja, estes táxons indicam um ambiente impactado e são favorecidos pelo aumento do fósforo. Já no reservatório Sumé da bacia do Rio Paraíba que tinha a maior concentração de fósforo, este não teve uma grande diversidade taxonômica comparada aos demais, pois no período do mês de dezembro alguns pontos estavam secos e não foi possível realizar a coleta, já que se tratava de um período pós seca prolongada. Os cinco organismos com mais abundância em Sumé foram *Melanoides tuberculata*, *Coelotanypus*, *Tanytarsus*, Ceratopogonidae e Ephemeraidae. Segundo Sonoda (2010) esses são organismos tolerantes, com exceção do táxon Ephemeraidae que é considerado um táxon muito sensível as mudanças, não suportando alterações ambientais de poluição. Um estudo realizado por Pereira et al. (2020) mostra que durante o período de menor volume de água houve uma redução nos táxons em reservatórios, também localizado na região semiárida do Brasil, pois o menor volume de água pode levar ao aumento das concentrações de fósforo devido ao fato da menor diluição do nutriente fósforo na coluna d'água.

Nos reservatórios com as menores concentrações de fósforo, no Rio Grande do Norte – Sabugí, e na Paraíba - Cordeiro, ambos tiveram uma diversidade taxonômica menor que Cruzeta, porém maior que Sumé, o que foi explicado anteriormente. E mesmo os reservatórios com as mais baixas concentrações houve a presença de táxons de macroinvertebrados bentônicos tolerantes e os modelos de regressão linear gerados entre as concentrações de fósforo total e os índices de Shannon-Wiener, Pielou e Simpson, se deu concomitante ao aumento da diversidade. Além do fósforo outras variáveis físicas e químicas podem ser levadas em consideração para avaliar como essas comunidades de macroinvertebrados bentônicos são influenciadas, como o nitrogênio, a salinidade e o oxigênio dissolvido, que são algumas das variáveis que também influenciam esses ecossistemas e sua fauna (Mendes, et al., 2022). Em relação as concentrações de fósforo total estes valores não foram tão altos comparados a outros estudos como Azevêdo et al. (2017), Barbosa et al. (2020) e Mendes et al. (2022), também realizados em reservatórios do semiárido, que obtiveram resultados de fósforo total superiores aos nossos. Isso mostra que as concentrações de fósforo influenciam a macrofauna bentônica, mas que provavelmente não é o único fator que vem afetando essa comunidade, o que precisa ser ter um estudo mais aprofundado com outros fatores em estudos futuros. Fatores esses já

que vem sendo estudados nos trabalhos citados anteriormente para outras comunidades aquáticas, como o nitrogênio, oxigênio dissolvido, Ph, entre outros (Azevêdo et al., 2017; Barbosa et al., 2020; Mendes et al., 2022).

Possíveis formas de minimizar e evitar essas altas concentrações de fósforo foram mostradas por Jilbert et al., (2020), onde foi abordado em seus resultados com base na literatura científica, que se existe uma ampla gama de ferramentas que podem contribuir para a restauração dos ecossistemas aquáticos. Como por exemplo, pode ser realizado um monitoramento para limitar a entrada de carga externa e interna de nutrientes como o fósforo causada pelas atividades antrópicas, como agricultura, atividade industrial, pesca e o lazer, evitando assim com que haja o fluxo de fósforo do sedimento para a água dessas bacias hidrográficas (Quevedo & Paganini, 2011; Jilbert et., 2020). Dessa forma, poucas quantidades desse nutriente irão fluir para essas bacias de uma fonte não natural, as quais podem vir de pesticidas, esgoto, sabão, entre outros, tornando os ecossistemas aquáticos menos eutróficos e menos afetados (Quevedo e Paganini, 2011). Em outro estudo realizado por Lucena-Silva et al. (2019) é destacado a eficácia de remoção de fósforo por geotécnicas utilizadas para conter o fósforo nesses ecossistemas, em seu estudo é utilizado a técnica de mitigação “flock & sink”. Esta técnica irá usar coagulantes e argilas para remover particulados e fósforo que estarão contidos nestes corpos d’água (Lucena-Silva et al., 2019). Os resultados com esta técnica, mostrou eficácia, onde apenas com a aplicação de coagulantes foi o suficiente para remover o fósforo com sucesso (Lucena-Silva et al., 2019). Mas em outro em estudo realizado por Lucena-Silva 2022, mostrou que essa técnica de mitigação deve ser estudada mais profundamente pois ela pode causar impactos maiores a comunidades aquáticas. Ambas as técnicas apresentadas por Jilbert et al., (2020) e Lucena-Silva et al., (2019) mostram prováveis formas de controlar e minimizar a entrada de fósforo nesses ecossistemas, bem como a própria retirada do fósforo deles, ou seja, ambas podem desempenhar um papel importante para a conservação dos corpos aquáticos assim que forem colocadas em prática, evitando o excesso de nutrição pelo fósforo e conseqüentemente a sua eutrofização.

5 CONCLUSÃO

O aumento das concentrações de fósforo nos ecossistemas aquáticos atua sobre a macrofauna bentônica de forma significativa e positiva, aumentando sua diversidade

taxonômica, porém para espécies tolerantes a ambientes poluídos e impactados. Estudos futuros devem englobar mais variáveis ambientais que possam indicar como essa macrofauna vem sendo impactada. Desse modo, se faz necessário a gestão dos impactos antrópicos nessas regiões (Paraíba e Rio Grande do Norte) por meio de monitoramento e gestão dos reservatórios, que são importantes ecossistemas, para que não ocorra essa sobrecarga do nutriente fósforo de uma fonte não natural para dentro desses ecossistemas e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, assim com outras comunidades biológicas sejam menos impactadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

APHA. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.

A.V. BOFFI **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico São Paulo.** HVCITEC (1979), p. 181.

AZEVÊDO, D. J. S.; BARBOSA, J. E. L.; GOMES, W. I. A.; PORTO, D. E.; MARQUES, J. C.; MOLOZZI, J. 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.

AZEVÊDO, E. L.; MEDEIROS, C. R.; GOMES, W. I. A.; AZEVÊDO, D. J. S.; ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P.; MOLOZZI, J. The use of Risk Incidence and Diversity Indices to evaluate water quality of semi-arid reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 90, p. 90-100, 2018.

BARBOSA, José Etham de Lucena et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 103-118, 2012.

BARBOSA, V. V.; SEVERIANO, J. S.; OLIVEIRA, D. A.; BARBOSA, J. E. L. Influence of submerged macrophytes on phosphorus in a eutrophic reservoir in a semiarid region. **J Limnol [Internet]**, v. 79, p. 138-50, 2020.

BOAVIDA, Maria José L. Problemas da qualidade da água: Eutrofização e poluição. **www.ordembilogos/Biologias N**, v. 1, 2001.

C. COSTA, S. IDE, C.S. SIMONKA. **Insetos Imaturos Metamorfose e Identificação**. Helos, Ribeirão Preto (2006), p. 249.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramentas para Avaliar a Saúde de Riachos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/callisto.et.al.2001.RBRH.pdf>.

CARVALHO, A. L.; CALIL, E. R. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 41, n. 15, p. 223-241, 2000.

DE LIRA AZEVÊDO, Evaldo et al. The use of Risk Incidence and Diversity Indices to evaluate water quality of semi-arid reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 90, p. 90-100, 2018.

DE LIRA AZEVÊDO, Evaldo 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. 1-13, 2017.

DE LUCENA BARBOSA, Jose Etham et al. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 3, p. 651-673, 2021.

DE LUCENA-SILVA, Daniely et al. Impacts of the Floc and Sink technique on the phytoplankton community: A morpho-functional approach in eutrophic reservoir water. **Journal of Environmental Management**, v. 308, p. 114626, 2022.

DE LUCENA-SILVA, Daniely et al. Removal efficiency of phosphorus, cyanobacteria and cyanotoxins by the “flock & sink” mitigation technique in semi-arid eutrophic waters. **Water research**, v. 159, p. 262-273, 2019.

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.

DE SOUZA, Rafael Rodrigues et al. Sample size and Shapiro-Wilk test: An analysis for soybean grain yield. **European Journal of Agronomy**, v. 142, p. 126666, 2023.

DOS SANTOS PEREIRAI, Valéria et al. Variation of Chironomidae (Insecta: Diptera) trophic guilds and their relation with trophic state in reservoirs in the semiarid. **Ciência e Natura**, v. 42, 2020.

EPLER, J. H. **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. 1073p.

EVERALL, N. C.; JOHNSON, M. F.; WOOD, P.; PAISLEY, M. F.; TRIGG, D. J.; FARMER, A. Macroinvertebrate community structure as an indicator of phosphorus enrichment in rivers. **Ecological Indicators**, v. 107, p. 105619, 2019.

FANNY, C., VIRGINIE, A., JEAN-FRANÇOIS, F., JONATHAN, B., MARIE-CLAUDE, R. and SIMON, D. **Benthic indicators of sediment quality associated with run-of-river reservoirs**. *Hydrobiologia*, 2013, 703(1), 149-164.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1355-y>.

FERNÁNDEZ, H.R; DOMÍNGUEZ, E. (ed.). 2001. **Guía para la determinación de los artropodos bentônicos**. Sudamericanos. Tucumán. UNT, 282p.

FRIBERG, N.; SKRIVER, J.; LARSEN, S. E.; PEDERSEN, M. L.; BUFFAGNI, A. Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 7, p. 1405-1419, 2010.

GOMES, W. I. A.; AZEVÊDO, D. S. J., PAIVA, F. F.; MILESI, S. V.; MOLOZZI, J. Functional attributes of Chironomidae for detecting anthropogenic impacts on reservoirs: a biomonitoring approach. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 404-410, 2018.

GOMES, Wilma Izabelly Ananias et al. Effect of environmental filters on Chironomidae (Insecta: Diptera) assemblages of neotropical watersheds. **Limnetica**, v. 40, n. 1, p. 19-31, 2020.

GOWDA, C. R.; DUTTA, R.; PASHA, A. T.; RAVI, L. Use of multiple linear regression to compensate for diametrical deviations in machined components due to thermal errors. **Materials Today: Proceedings**, 2021.

GROLLEMUND, P.-M. et al. PERMANOVA testing and Poisson Log-Normal modelling unravel how two traditional cheeses are distinguished through sorting and verbalization tasks. **Food Quality and Preference**, v. 104, p. 104732, 2023.
Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em:
<<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

JILBERT, Tom et al. Preface: Restoration of eutrophic lakes: current practices and future challenges. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 21, p. 4343-4357, 2020.

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

JOVEM-AZEVÊDO, Daniele et al. Rehabilitation scenarios for reservoirs: Predicting their effect on invertebrate communities through machine learning. **River Research and Applications**, v. 36, n. 7, p. 1109-1123, 2020.

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, 7 nov. 2021.

KAZANCI, Nilgün; GİRGİN, Sönmez. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. **Turkish Journal of Zoology**, v. 22, n. 1, p. 83-88, 1998.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

KUHLMANN, M. L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G.; OGURA, L. L.; IMBIMBO, H. R. V. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. **São Paulo: CETESB**, 2012.

MELLO, Silvia Pereira et al. A eutrofização das águas causa malefícios à saúde humana e animal. **Semioses**, v. 8, n. 1, p. 44-51, 2014.

MENDES, Camila Ferreira et al. The reduction in water volume favors filamentous cyanobacteria and heterocyst production in semiarid tropical reservoirs without the influence of the N: P ratio. **Science of The Total Environment**, v. 816, p. 151584, 2022.

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

MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 995-1004, 2010.

NÜRNBERG, G. K. Hypolimnetic withdrawal as a lake restoration technique: determination of feasibility and continued benefits. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 21, p. 4487–4501, 23 out. 2019.

ODUME, O. N.; MULLER, W. J. Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops River. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 36, n. 14-15, p. 929-938, 2011.

ORTIZ, J. D.; PUIG, M. A. Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrates in a Mediterranean stream. **River Research and Applications**, v. 23, n. 2, p. 155-170, 2007.

PÉRES, G. R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia**. Editorial Presencia Bogotá (1988), p. 217p.

PETERSON, A., 1960. **Larvae of Insects**. An Introduction to Nearctic Species. Columbus: OHIO. 250p.

PIELOU, Evelyn C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. **Journal of theoretical biology**, v. 10, n. 2, p. 370-383, 1966.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 3539-3539, 2011.

R Core Team, 2017. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2017) <https://www.R-project.org/>.

REVENGA, C., CAMPBELL, I., ABELL, R., DE VILLIERS, P. and BRYER, M. **Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, 2005, 360(1454), 397-413. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2004.1595>. PMID:15814353.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. In: **A economia da natureza**. 1996. p. 470-470.

RUTTENBERG, K. C. The global phosphorus cycle. **Treatise on geochemistry**, v. 8, p. 682, 2003.

SEMARH - Início. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

SEREDIAK, N. A.; PREPAS, E. E.; PUTZ, G. J. **Eutrophication of Freshwater Systems. Environmental Geochemistry**, 2014, 11, 305-323.

SERRA, Sónia RQ et al. Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 7, p. 1-16, 2017.

SIMPSON, Edward H. Measurement of diversity. **nature**, v. 163, n. 4148, p. 688-688, 1949.

SONODA, Kathia Cristhina. Orientações Gerais para Avaliação de Macroinvertebrados Aquáticos em Bacias Hidrográficas. 2010.

SHANNON, C. E., & WEAVER, W. (1949). **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana, Illinois, University of Illinois Press.

TETT, P.; GILPIN, L.; SVENDSEN, H.; ERLANDSSON, C. P.; LARSSON, U.; KRATZER, S.; FOUILLAND, E.; JANZEN, C.; LEE, J. Y.; GRENZ, C.; NEWTON, A.; FERREIRA, J. G.; FERNANDES, T.; SCORY, S. **Eutrophication and some European waters of restricted exchange**. *Continental Shelf Research*, 23 (2003), pp. 1635-1671.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil**. *Biota Neotropica*, 11 (2011), p. 1-10.

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

VIJAYLAXMI, C.; RAJSHEKHAR, M.; VIJAYKUMAR, K. Freshwater fishes distribution and diversity status of Mullameri river, a minor tributary of Bheema river o

Gulbarga district, Kamataka. **International Journal of Systems Biology**, v. 2, n. 2, p. 1, 2010.

YUAN, L. L. Estimating the effects of excess nutrients on stream invertebrates from observational data. **Ecological Applications**, v. 20, n. 1, p. 110-125, 2010.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter conseguido trilhar essa caminhada até aqui, por ter me dado forças e por sempre me mandar luz em meio a escuridão!

Agradeço a minha família, meus pais e irmãos. Especialmente a minha mãe que renunciou a tanta coisa em sua vida para que seus filhos tivessem o que vestir, comer, como estudar. Nunca nos faltou amor, educação, carinho e principalmente incentivo para que seguíssemos pelo caminho da educação, do estudo. Tenho minha eterna gratidão por tanto que a senhora fez por mim mesmo sem muitas vezes merecer, obrigada! Ao meu irmão Widson, por mesmo sem ser da área me ajudar quando estava perdida no TCC ou na vida, por me dar “puxões de orelha” quando preciso e por sempre estar aqui me apoiando e ao meu lado quando eu mais precisei, gratidão! A minha pequena Emily por me fazer rir nos momentos mais difíceis e não ter noção do quanto isso me ajudou e ajuda tanto. Eu amo tanto vocês!

Ao meu namorado Lucas, que surgiu na minha vida como um pontinho de luz em meio a escuridão e vem se mostrando uma das pessoas mais incríveis que surgiu nela. Que me deu a mão quando eu mais precisei, que me abraçou e enxugou minhas lágrimas em meio as minhas crises, me fez sorrir e me tranquilizou no meio do caos que é uma graduação... E segue firme e forte, ao meu lado, me apoiando, sendo um grande companheiro, amo você, obrigada!

A minha psicóloga Thayse, que me acompanha antes mesmo de eu entrar na graduação, que viu meus medos e anseios, que graças a ela e a profissional e ser humano incrível que ela é, superei muitos traumas em minha vida e hoje sou uma pessoa melhor, mais madura, me amo mais e consigo tomar decisões importantes na minha vida, que me façam feliz e não me machuquem mais, obrigada!

A esse ser de luz que é minha orientadora Joseline, que sempre me acolheu bem com toda sua energia e paz, sempre soube me ouvir e me compreender e me ensinou muito nessa minha caminhada no LEB. A minha querida coorientadora Franciely, por toda a paciência e delicadeza ao me ensinar, por me guiar nessa caminhada. São graças a vocês que estou conseguindo, obrigada!

A Charles, namorado do meu irmão e grande amigo da família por ter sido essencial na conclusão desse trabalho, me auxiliando na conclusão dele, meu muito obrigada!

A todo o Laboratório de Ecologia de Bentos por me acolherem tão bem no decorrer desses anos, pelo trabalho em equipe, por um sempre está ali ajudando ao outro! Sem vocês a realização desse trabalho também não seria possível, cada um tem sua importância, então muito, muito obrigada!

A todos os meus amigos que estiveram comigo na realização desse sonho, antes mesmo de eu entrar no curso e agora na conclusão dele, eu sempre amarei vocês, obrigada! Aos meus companheiros de graduação que estiveram comigo nos momentos de lutas, mas também nos momentos de alegrias e levezas, obrigada por toda força e por trilharem essa graduação junto comigo!

Agradeço a Universidade Estadual da Paraíba e todos os seus funcionários, desde aos bons dias calorosos que recebia do pessoal da limpeza, aos professores, até a equipe que me acompanhava em campo, meu muito obrigada!

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, por ter sido contemplada dois anos seguidos com o auxílio da bolsa, sendo possível em meio a tantas dificuldades me manter no curso.

E por fim, deixo o meu agradecimento a todas as pessoas que eu amo e que me amam, a todos que contribuíram de alguma forma para que eu conseguisse chegar até aqui, que me deram a mão, amor e carinho nos momentos mais difíceis e não me deixaram desistir. Isso tudo é por mim, para mim, para vocês e para que de alguma forma todo esse meu esforço retorne de forma mais humana possível para a sociedade. Gratidão!

