



**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**

**JOALYSON SANTOS DE ANDRADE**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE HETEROGENEIDADE DO SEDIMENTO, USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO E MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO  
RESERVATÓRIO POÇÕES, PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE  
2024**

**JOALYSON SANTOS DE ANDRADE**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE HETEROGENEIDADE DO SEDIMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO RESERVATÓRIO POÇÕES, PARAÍBA**

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

**Área de concentração:** Ecologia.

**Orientador(a):** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joseline Molozzi

**Coorientador(a):** 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.

A554a Andrade, Joalyson Santos de.

Análise da relação entre heterogeneidade do sedimento, uso e ocupação do solo e macroinvertebrados bentônicos no reservatório poções, Paraíba [manuscrito] / Joalyson Santos de Andrade. - 2024.

28 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 UEPB".

1. Heterogeneidade de habitat. 2. Ecossistemas. 3. Granulometria do sedimento. I. Título

JOALYSON SANTOS DE ANDRADE

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE HETEROGENEIDADE DO SEDIMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO RESERVATÓRIO POÇÕES, PARAÍBA

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

Aprovada em: 19/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joseline Molozzi** (\*\*.443.470-\*\*), em **04/12/2024 17:10:53** com chave **dd6868a0b27b11ef9cc91a1c3150b54b**.
- **Jose Etham de Lucena Barbosa** (\*\*.666.494-\*\*), em **05/12/2024 10:54:28** com chave **71ed9574b31011efbdd01a1c3150b54b**.
- **Wilma Izabelly Ananias Gomes** (\*\*.701.994-\*\*), em **05/12/2024 11:16:04** com chave **7649df76b31311ef97d01a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Termo de Aprovação de Projeto Final

**Data da Emissão:** 06/12/2024

**Código de Autenticação:** 9a00bb



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Representação das Guildas Tróficas.....	11
Figura 2 –	Uso e cobertura do solo.....	13
Gráfico 1 –	Distribuição granulométrica do solo no mês de maio 2022.....	14
Gráfico 2 –	Distribuição granulométrica do solo em dezembro de 2022.....	15
Figura 3 –	Distribuição das guildas.....	16
Figura 4 –	Correlação uso e ocupação do solo com guildas.....	17
Figura 5 –	Correlação uso e ocupação com granulometria.....	18

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo e desenho de amostragem.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Caracterização do uso e ocupação do solo.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Coleta de dados granulométricos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Caracterização dos macroinvertebrados.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5</b>	<b>Análise de dados.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação do uso e ocupação do solo.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Classificação do substrato.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Classificação dos grupos de nutrição funcional.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise de correlação.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE HETEROGENEIDADE DO SEDIMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO RESERVATÓRIO POÇÕES, PARAÍBA

Joalysson Santos de Andrade<sup>1</sup>

### RESUMO

A forma em que o ser humano utiliza o solo produz consequências que são expressas no uso e ocupação da terra. Desta forma, esse estudo teve como objetivo avaliar como o uso e ocupação da terra e a composição granulométrica do sedimento pode direcionar os grupos de alimentação funcional dos macroinvertebrados bentônicos em um reservatório no semiárido da Paraíba. Para isso, o reservatório de Poções, Paraíba foi escolhido para realização de amostragem de macroinvertebrados e sedimentos, os quais ocorreram em maio e dezembro de 2022. Complementar aos dados biológicos foram obtidas imagens do satélite Copernicus Sentinel do reservatório e seu entorno. Com isto foi realizado o uso e ocupação do solo para os meses de amostragem. Análise como Permanova, possibilitou uma visão geral das diferenças entre sedimentos ao longo do reservatório. Para avaliação do grupo de alimentação funcional dos macroinvertebrados foi aplicado uma CMW e a partir desses dados foram realizadas correlações de Pearson para verificar as suas relações. Como resultados, na paisagem do entorno do reservatório observamos uma maior porcentagem de vegetação arbórea (30%) e solo exposto (27%). Nas áreas próximas aos pontos de coleta foi perceptível uma dominância de organismos dos grupos raspadores e filtradores em solos arenosos. Isto posto, destaca-se a falta de uma gestão integrada dos recursos hídricos e do uso do solo na região, considerando os impactos das atividades agrícolas e urbanas sobre a qualidade ambiental. Visto que, nesse estudo evidencia uma relação negativa entre o uso, sedimentos e grupos alimentares.

**Palavras-Chave:** heterogeneidade de habitat; ecossistemas; granulometria.

### ABSTRACT

The way in which human beings use the soil has consequences that are expressed in the use and occupation of the land. The goal of this study was to assess how the land use land occupation and the granulometric composition of the sediment can drive the functional feeding groups of benthic macroinvertebrates in a reservoir on the semiarid of Paraíba. To this end, the Poções reservoir in Paraíba was chosen for macroinvertebrate and sediment sampling, which took place in May and December 2022. Copernicus Sentinel's satellite images of the reservoir and its

---

<sup>1</sup> Aluno de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.  
Email: [joalysson12@gmail.com](mailto:joalysson12@gmail.com)

surroundings were obtained to complement the biological data. With this, land use and occupation was calculated for the months of sampling. Analysis such as Permanova provided an overview of the differences between sediments along the reservoir. To evaluate the functional feeding group of macroinvertebrates, a CMW was applied and Pearson's correlations were performed to verify their relationships. As a result, in the landscape surrounding the reservoir we observed a higher percentage of vegetation (30%) and exposed soil (27%). In the areas close to the collection points, there was a dominance of organisms from the scraper and filter groups in sandy soils. This highlights the lack of integrated management of water resources and land use in the region, considering the impacts of agricultural and urban activities on environmental quality. This study shows a negative relationship between land use, sediments and food groups.

**Keywords:** habitat heterogeneity; ecosystems; granulometry.

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos proporcionam microhabitats que favorecem o estabelecimento de espécies que contribuem para a biodiversidade, os quais são essenciais para sua manutenção e produtividade desse sistema (HARPER et al, 1997). Um deles é o substrato mineral, que são partículas de diferentes tamanhos em diferentes manchas (ex., argilas e/ou siltes, pedras) (DEMARS et al, 2012). Essas diferentes partículas influenciam a biodiversidade, pois as espécies podem preferir tamanhos de substrato específicos, sejam partículas maiores ou menores (GALLUCCI et al, 2012).

O equilíbrio entre a diversidade de sedimentos e a capacidade de fluxo de um reservatório é um fator fundamental da geomorfologia aquática, revelando o estado de degradação de um sistema e também controla as texturas do substrato, duas das características mais importantes que contribuem para aumentar a heterogeneidade do habitat (YARNELL et Al, 2006). Além disso, com os efeitos herdados dessas alterações ao longo do tempo tem-se uma modificação conformacional na paisagem culminando em um padrão que depende das características do solo (RICKLEFS e RELYEA, 2014). Os ambientes aquáticos podem ser influenciados pela sua paisagem de entorno, visto que alteração nas suas margens podem causar uma diminuição na heterogeneidade do substrato. Como visto em PORST et Al, (2019), nesse estudo percebeu-se uma redução da complexidade de habitats em margens, pois margens que não sofrem alterações são estruturalmente complexas, como por exemplo os bancos de algas e raízes de árvores.

No entanto, esses habitats complexos quando exposto às ações antropogênicas são alterados para areia e/ou pedra. Desta forma, com habitats arenosos houve uma diminuição de espécies especialistas e um aumento em espécies generalistas, que são mais resistentes aos impactos antropogênicos. Sedimentos mais grosseiros, como cascalhos, criam espaços intersticiais que servem como abrigo para invertebrados aquáticos, respiração e áreas de desova para peixes (CULP et al, 2011). Por outro lado, sedimentos mais finos, como silte e argila, são importantes para organismos que se alimentam por filtração ou que constroem tubos no substrato (PALMER et al, 2014).

O uso e ocupação do solo são uma das ações humanas que mais degradam os ecossistemas aquáticos, pois causam mudanças no uso e/ou cobertura da terra numa determinada área devido às atividades agrícolas, pecuária, povoações, áreas construídas e mineração (TOLESSA e KIDANE, 2017). Este processo causa um desfoque na disponibilidade e qualidade do solo, matéria orgânica, nutrientes e água, criando um desequilíbrio no ecossistema e nos sistemas hídricos (NASCIMENTO e FERNANDES, 2017). De modo que, pode ocorrer a erosão do solo das margens dos sistemas hídricos, que acumula no fundo e acarreta no aumento dos sólidos em suspensão, amplia a turbidez e polui a água com nutrientes lixiviados (AGUIAR et al, 2009).

Entre os ecossistemas aquáticos que sofrem pelo uso da terra em seu entorno estão os reservatórios que são ecossistemas aquáticos criados para o armazenamento de água principalmente nas regiões áridas e semiáridas, para prover recursos hídricos utilizados no consumo e também para necessidades domésticas dos habitantes próximos ao reservatório (OYAMA e NOBRE, 2004; VOTRUBA, 1989). Além disso, são construídos para outros propósitos como, pesca, armazenamento de água para irrigação, dessedentação animal (AZEVEDO et al, 2017). Contudo, embora importantes para as populações humanas próximas, os reservatórios do semiárido sofrem com constantes impactos devido às atividades antrópicas associadas ao uso da água, isso tem consequências na diminuição da qualidade da água e diminuição da diversidade (ÁLVARO et al, 2023; MELO et al., 2022; PAIVA et al., 2023).

Uma das principais comunidades biológicas presentes nos reservatórios são os macroinvertebrados bentônicos que habitam o substrato de fundo durante pelo menos parte do seu ciclo de vida (ROSENBERG E RESH, 1992). A distribuição das

espécies e comunidades de macroinvertebrados aquáticos respondem a fatores ambientais, tais como as características do habitat, qualidade da água, qualidade dos sedimentos, granulometria dos sedimentos e por fatores biológicos como a competição e a predação (PEETERS et al, 2004). A presença de diversos micro-habitats em ambientes aquáticos é essencial para manter a diversidade funcional das comunidades de macroinvertebrados bentônicos (WALLACE e WEBSTER, 1996). A heterogeneidade proporciona diferentes recursos que sustentam variados grupos tróficos, desde fragmentadores em áreas com vegetação até coletores em regiões com menor velocidade da água (LOKE e CHISHOLM, 2022). Ambientes com maior complexidade estrutural, como aqueles com macrófitas e troncos submersos são os principais recursos consumidos por macroinvertebrados, são a camada epilítico nas superfícies do substrato, detritos grossos; proveniente da vegetação ripária, e os detritos finos; vindo dos depósitos do substrato ou suspensos na coluna d'água (BENKE et al, 1999). As funções ecológicas facilitam o estudo das dinâmicas tróficas nos sistemas aquáticos pois agrupam a comunidade bentônica em grupos de nutrição funcional (FFGs), (CUMMIS e KLUG, 1979). Desta forma, com os FFGs é possível perceber macro interações no ambiente entre abióticos e bióticos como em Vannote et al., (1980), em que foi usado dados de distribuição dos FFGs e relacionou-os com gradiente ambiental para avaliar a qualidade de meios aquáticos. Com distúrbios nos sistemas é inevitável um desequilíbrio nos FFGs, refletindo em condições de estresse no ecossistema (UWADIAE, 2010; TOMANOVA e HELEŠIC, 2006).

Dentro de uma comunidade há diferentes tipos de reações dos macroinvertebrados às pressões no meio aquático, isso resulta em um conjunto de respostas graduais e reconhecíveis à perturbação ambiental (OLLIS et al, 2015). Os macroinvertebrados bentônicos são um dos grupos mais comuns de organismos utilizados para avaliar a saúde do ecossistema aquático, a presença ou ausência desses organismos demonstra o nível de perturbação desse meio (CALLISTO e GONÇALVES, 2005). Os macroinvertebrados bentônicos diferem entre si, em relação à poluição orgânica, desde organismos típicos de ambientes limpos ou de boa qualidade de águas (p. ex. Plecoptera e Trichoptera), passando por organismos tolerantes (p. ex. Heteroptera e Odonata) até organismos resistentes (p. ex. alguns Chironomidae) (BARBOUR, 1995).

Diante disso, esse estudo teve como objetivo avaliar como o uso e ocupação da terra pode interferir na heterogeneidade do sedimento de reservatórios e consequentemente na estrutura funcional de alimentação dos macroinvertebrados bentônicos. Foi usado como hipóteses; as alterações no uso e ocupação do solo promove sedimento menos heterogêneo no habitat e consequentemente causando uma seleção de espécies mais adaptadas ao meio, gerando uma diminuição em fragmentadores pela redução da vegetação decídua e aumento de raspadores e filtradores devido áreas urbanizadas.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo e desenho de amostragem**

O reservatório escolhido para esse estudo foi o de Poções localizado no riacho Mulungu, município de Monteiro, Paraíba, a aproximadamente 15 km da sede municipal. Esse reservatório configura-se como um importante corpo d'água na sub-bacia do Alto Paraíba (7°53'38"S e 37°0'30"W). Com capacidade de 29.861.562 m<sup>3</sup> e espelho d'água de 773,41 ha, este reservatório desempenha um papel crucial no equilíbrio hídrico regional. Sua bacia hidrográfica, com área de 656 km<sup>2</sup>, drena uma extensa região de 6.717,39 km<sup>2</sup>, submetida a uma precipitação média anual de 588 mm (MOURA et al., 2020).

A amostragem ocorreu em 15 pontos distribuídos na região litorânea do reservatório (previamente selecionados por imagens de satélite (MACEDO et al, 2016), os quais primeiramente foram realizadas no mês de maio e logo após repetida em dezembro de 2022.

### **2.2 Caracterização do uso e ocupação do solo**

Para analisar o uso e ocupação do solo foi feita a captura das imagens do satélite Copernicus Sentinel usado o Google Earth Engine com um *script* em JavaScript, o qual aplica filtros com base no reservatório estudado. Um dos filtros foi uma máscara de 10km ao redor do reservatório de Poções que demonstra a área de estudo.

As classes para a caracterização do uso e ocupação da terra foram a presença de água, vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, agricultura e área urbanizada. Um *buffer* foi realizado ao redor de cada ponto amostral no reservatório com um raio de 50m, que possibilita relacionar com os dados do sedimento e da comunidade bentônica. Logo após para a caracterização da área, foi usado o QGIS versão 3.36.3 com a opção *r.report* do Grass versão 8.3.2 na caixa de ferramentas de processamento que resultou na área de cada classe.

### **2.3. Coleta de dados granulométricos**

A análise da composição sedimentar do reservatório foi realizada considerando a composição granulométrica. O processo de amostragem foi efetuado mediante a utilização da draga Eckman-Birge, que tem 225 cm<sup>2</sup>, em cada ponto amostral do reservatório nos dois períodos de amostragem. Os sedimentos coletados em cada ponto de amostragem foram colocados em recipientes de alumínio e subsequentemente submetidos a um processo de secagem em temperatura ambiente, para a remoção da umidade residual.

Para a determinação da composição granulométrica, adotou-se o método de peneiramento proposto por Brown et al. (2000), que se baseia no princípio da separação mecânica das partículas. Este procedimento envolveu a utilização de um conjunto de seis peneiras com diferentes tamanhos de malha, permitindo a classificação do sedimento nas seguintes frações: argila (<38 µm), silte (38-63 µm), areia fina (63-250 µm), areia média (250-500 µm), areia grossa (500-1000 µm) e cascalho (>1000 µm). A agitação mecânica do conjunto de peneiras promoveu a segregação eficiente das partículas, possibilitando uma caracterização detalhada da distribuição granulométrica do sedimento.

### **2.4 Caracterização dos macroinvertebrados**

Nos períodos de amostragem foram coletadas amostras de sedimento em cada ponto de estudo usando uma draga Eckman-Birge. Em *situ*, fixamos as amostras com álcool a 70%. Em laboratório, lavamos as amostras em peneiras com malha de 0,5 mm. Os macroinvertebrados bentônicos que ficaram retidos foram separados e conservados em etanol 70%. Posteriormente identificamos os

organismos até o menor nível possível de classificação (gênero para Chironomidae e família para outros insetos) com a ajuda de chaves de identificação especializadas (CARVALHO e CALIL, 2000; FERNÁNDEZ e DOMÍNGUEZ, 2001; MERRITT E CUMMINS, 1996; PETERSON, 1960; TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO, 1995). Os gastrópodes e bivalves também foram conservados em etanol 70% mas apenas as conchas que continham o corpo mole do molusco foram incluídas para compor os dados.

A classificação de grupos de nutrição funcional (Figura 1) foi realizada mediante a literatura de modo a verificar em artigos qual guilda trófica representa majoritariamente os gêneros e famílias encontrados (ARMITAGE et al, 2012; CRANSTON, 2004; LENCIONI et al, 2018; PORINCHU e MACDONALD, 2003; ZILLI et al, 2009).

**Figura 1** - Representação Das Guildas Tróficas

Guilda Trófica	Coletor Catador Fragmentador Filtrador Raspador Predador
----------------	--

Figura 1. Quadro com a relação das guildas tróficas mais representadas entre os gêneros coletados.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

## 2.5 Análise de dados

A PERMANOVA foi empregada para avaliar potenciais diferenças significativas na distribuição das frações granulométricas (cascalho, areia grossa, areia média, areia fina, silte e argila) entre os pontos de amostragem distribuídos ao longo do reservatório. Esta abordagem não-paramétrica, fundamentada em permutações, apresenta a vantagem notável de não pressupor normalidade multivariada dos dados, tornando-a particularmente adequada para análises ecológicas (LEGENDRE E ANDERSON, 1999).

Para analisar os grupos de nutrição funcional foi empregado a análise de Média Ponderada da Comunidade (CWM, "Community-Weighted Mean"), a qual representa uma ferramenta estatística amplamente empregada para investigar as relações entre a abundância de espécies e características funcionais da

comunidade, de forma categórica. A implementação da análise CWM envolve a ponderação dos valores dos atributos funcionais pela abundância relativa das espécies presentes na comunidade. Este procedimento permite a obtenção de um valor médio para cada atributo funcional (LAVOREL et al, 2008). No contexto da correlação entre abundância de espécies e grupos de nutrição funcional, a análise CWM proporciona uma avaliação robusta da predominância de estratégias nutricionais na comunidade estudada.

Para avaliar o uso e ocupação do solo foi considerada a implementação da análise de correlação de Pearson pois é amplamente empregada para investigar as relações lineares entre variáveis contínuas. Essa análise entre os resultados do uso e ocupação do solo visa estabelecer uma relação estatisticamente significativa para cada um dos pontos amostrais considerados no estudo. Este procedimento permite quantificar o grau de associação linear entre estas variáveis, fornecendo um coeficiente de correlação ( $r$ ) que varia de -1 a +1, onde valores próximos a  $\pm 1$  indicam uma forte correlação, enquanto valores próximos a 0 sugerem uma associação fraca ou inexistente (ZUUR et al, 2007). A análise de covariância entre o uso e ocupação do solo, CWM e granulometria oferece informações sobre a heterogeneidade da paisagem e os grupos de nutrição funcional das comunidades a partir da função `cor()` com a tabela dos resultados do uso e ocupação e CWM como parâmetros obteve duas tabelas a de correlação e significância. Todas as análises foram feitas a partir de scripts em R software (R CORE TEAM, 2024), considerando o pacote `Vegan` (OKSANEN et al, 2024) para os dados granulométricos de cada pontos amostrais nos dois meses com 9999 permutações usando o método "Euclidian". O pacote `FD` (LALIBERTÉ et al, 2014) com função `functcomp()` para a análise da CWM.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Classificação do uso e ocupação do solo**

Ao analisar o uso e ocupação do solo, observamos que no mês de maio (Figura 2) a categoria "Vegetação arbórea" é predominante na maioria dos pontos, frequentemente representando mais de 30% da área. "Urbano" tem percentuais geralmente baixos, com alguns pontos chegando a 0% e o máximo sendo 11,90% no Ponto 12. A classe "Agricultura" varia consideravelmente, de 7% no Ponto 13 até

41,70% no Ponto 15. As categorias "Solo" e "Vegetação rasteira" mostram grande variabilidade entre os pontos, indicando diversidade na paisagem. Enquanto no mês de dezembro "Vegetação arbórea" aumentou (3-4%) devido à estação chuvosa. "Agricultura": Leve aumento (2-3%) devido à disponibilidade de água. "Solo" recebeu uma redução de cerca de 10-20% devido a uma leve inundação das margens.

**Figura 2** - Uso E Cobertura Do Solo

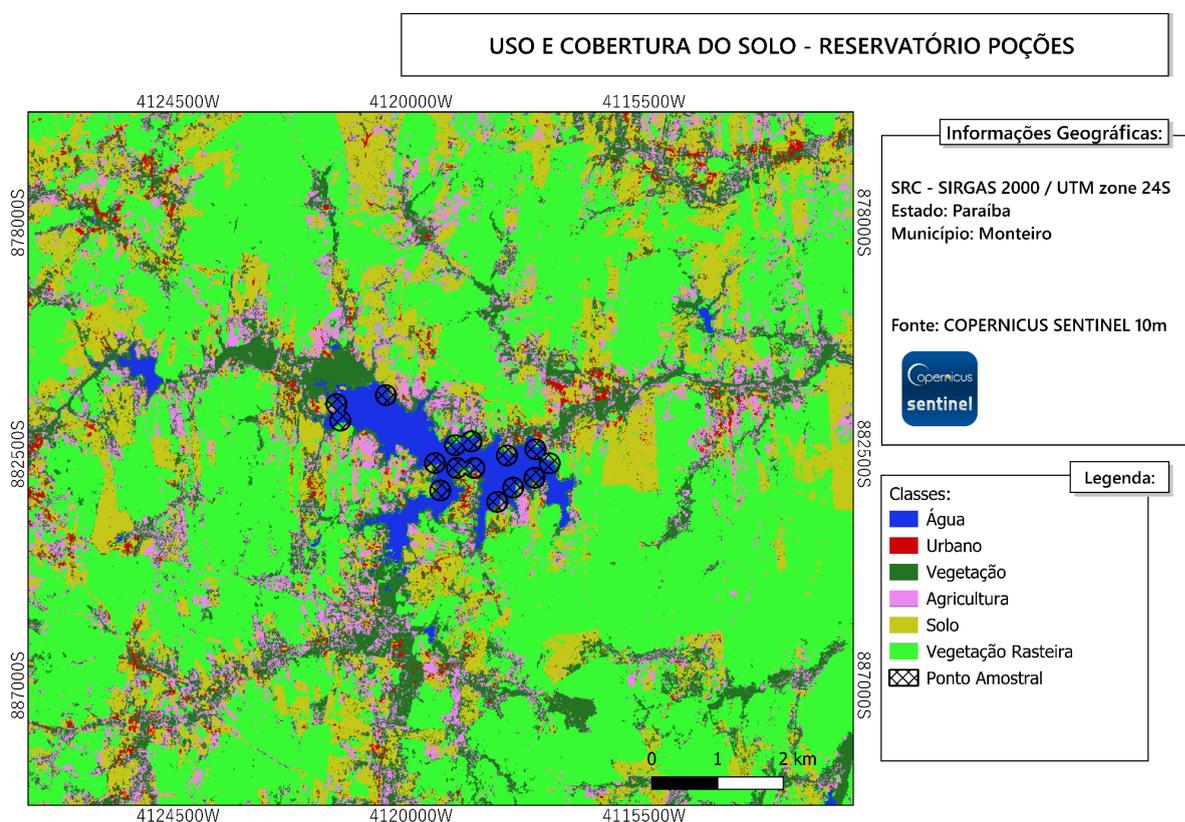


Figura 1: Caracterização do uso e cobertura do solo no reservatório de Poções em Monteiro, PB no ano de 2022. Cada ponto amostral possui uma área hachurada de 50m ao redor do ponto de coleta.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

### 3.2 Classificação do substrato

De um modo geral percebe-se um aumento na concentração de cascalho e areia grossa de maio para dezembro; cascalho (média de maio 59,02 g) para em dezembro 171,02 g, já a areia grossa média de maio 88,77 g para em dezembro

182,21 g. As outras variáveis também tiveram aumentos como 109%, 95% e 96% para areia média, areia fina e silte respectivamente. Finalmente um aumento não tão expressivo entre os meses na quantidade de argila média de maio 10,69 gramas para dezembro 12,29 gramas.

**Gráfico 1 – Distribuição granulométrica do solo no mês de maio 2022**

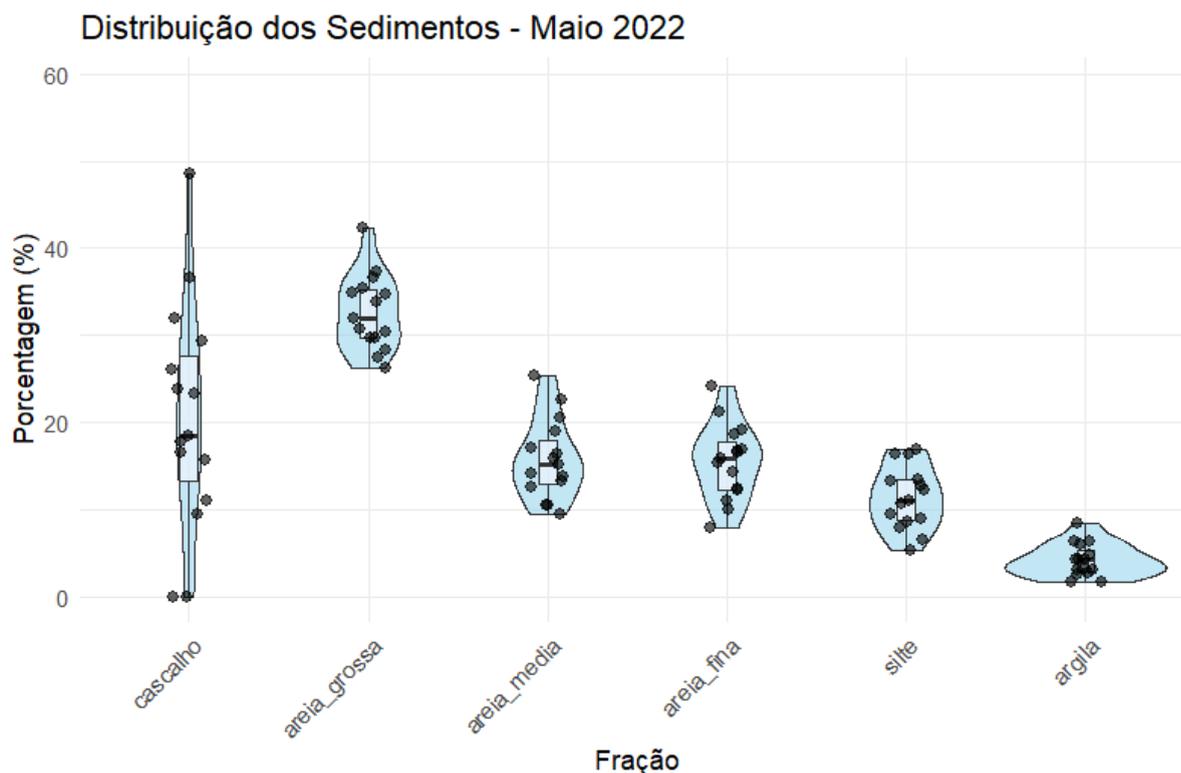


Gráfico 1: Distribuição das variáveis do substrato em relação ao valor total de cada ponto no reservatório de poções em Monteiro no ano de 2022.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

A PERMANOVA resultou o cascalho com a maior significância ( $P = 0,0004$ ) e explicou 39,863% ( $R^2 = 0,39863$ ) da variação total. A areia grossa e a areia média também apresentaram resultados altamente significativos ( $P = 0,0006$  e  $P = 0,0009$ ), explicando 33,638% e 33,209% da variação, respectivamente. A areia fina exibiu um padrão significativo ( $P = 0,015$ ), explicando 28,619% da variação. O silte, por sua vez, não apresentou significância estatística ao nível 0,05 ( $P = 0,124$ ), explicando apenas 16,741% da variação. A argila apresentou o menor poder explicativo ( $R^2 = 0,02105$ ) e não demonstrou significância estatística ( $P = 4,485$ ).

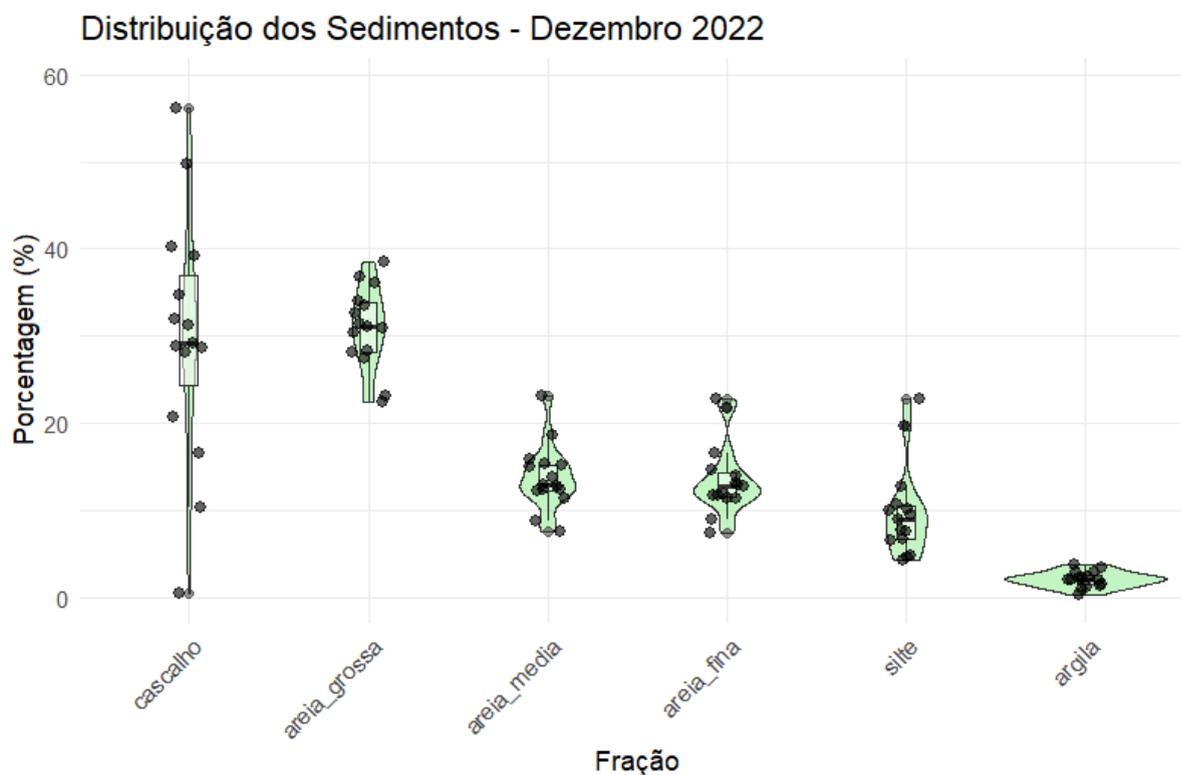
**Gráfico 2 – Distribuição granulométrica do solo no mês de dezembro 2022**

Gráfico 2: Distribuição das variáveis do substrato em relação ao valor total de cada ponto no reservatório de poções em Monteiro no mês de dezembro do ano de 2022.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

### 3.3 Classificação dos grupos de nutrição funcional

A guilda funcional da comunidade bentônica apresenta variações nas suas proporções (Figura 3). O grupo coletor catador foi o mais dominante na comunidade representando a maior parte da abundância estudada ao longo dos pontos 1, 5, 7, 9, 11, 13. O grupo fragmentador apresentou a menor porcentagem (2%) dentre os grupos, tendo sua concentração no ponto 14 de maio que possui uma alta taxa de cobertura vegetal (55,42% nos dados coletados do uso e ocupação). Os filtradores quando presentes, geralmente representam menos de 15% da comunidade, sendo expoentes nos pontos 10, 11 e 12 de dezembro, que obtiveram respectivamente resultado de ocupação urbana de 5%, 6,04% e 11,9%. Contudo os predadores são variáveis; alguns pontos têm uma proporção muito alta de predadores, como o ponto 6 (cerca de 67% e maior uso sendo vegetação 61%) e o ponto 8 de dezembro (cerca de 71% e uso mais alto é vegetação 54,4%). Finalmente, os raspadores com

presença irregular e geralmente em baixas proporções, com exceção no ponto 13 de dezembro, onde representam cerca de 40% da comunidade, com a maior classe de uso rasteira sendo 37,21%.

**Figura 3 – Distribuição Das Guildas**

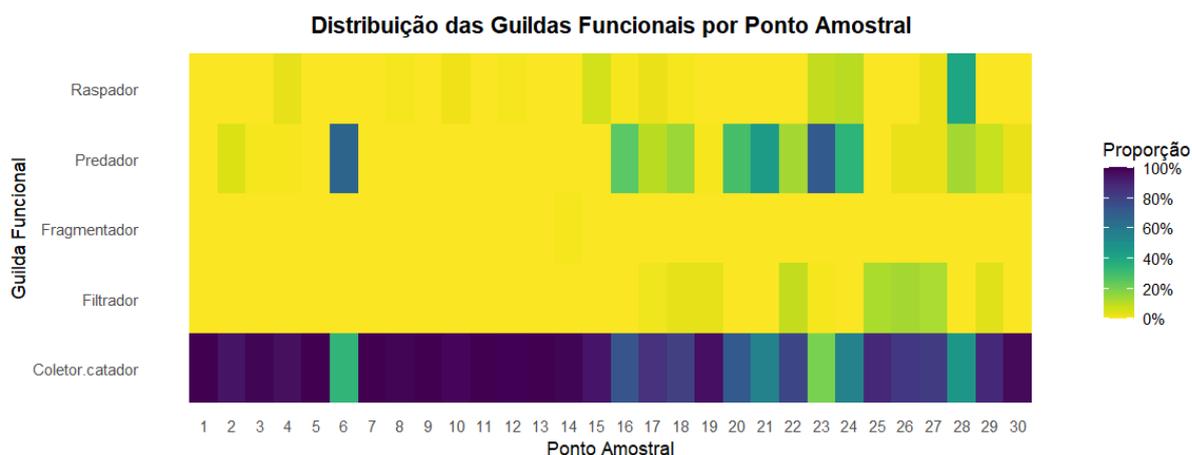


Figura 2: *Heatmap* da distribuição de cada guilda trófica por ponto de coleta em porcentagem. Onde cada retângulo representa uma FFG com coloração gradual à proporção, o mais roxo maior a representação dessa guilda nesse ponto. Em que do ponto 1 até 14 foram do mês de maio e de 15 até 30 do mês de dezembro.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

### 3.4 Análise de correlação

As análises de correlação (Figura 4) demonstraram alta correlação entre filtrador e urbano (0,47) e raspador e solo exposto (0,48) consequentemente essas duas correlações são significativas; 0,0086 para filtrador e urbano e 0,0072 para raspador e solo exposto. Entretanto, predador e agricultura (-0,04), raspador e urbano (-0,06) estão muito próximas de 0 de correlação. Observa-se uma correlação negativa moderada (-0,28) entre coletores-catadores e solo exposto, bem como uma correlação positiva fraca (0,26) entre fragmentadores e áreas agrícolas.

**Figura 4 – Correlação Uso E Ocupação Do Solo Com Guildas**

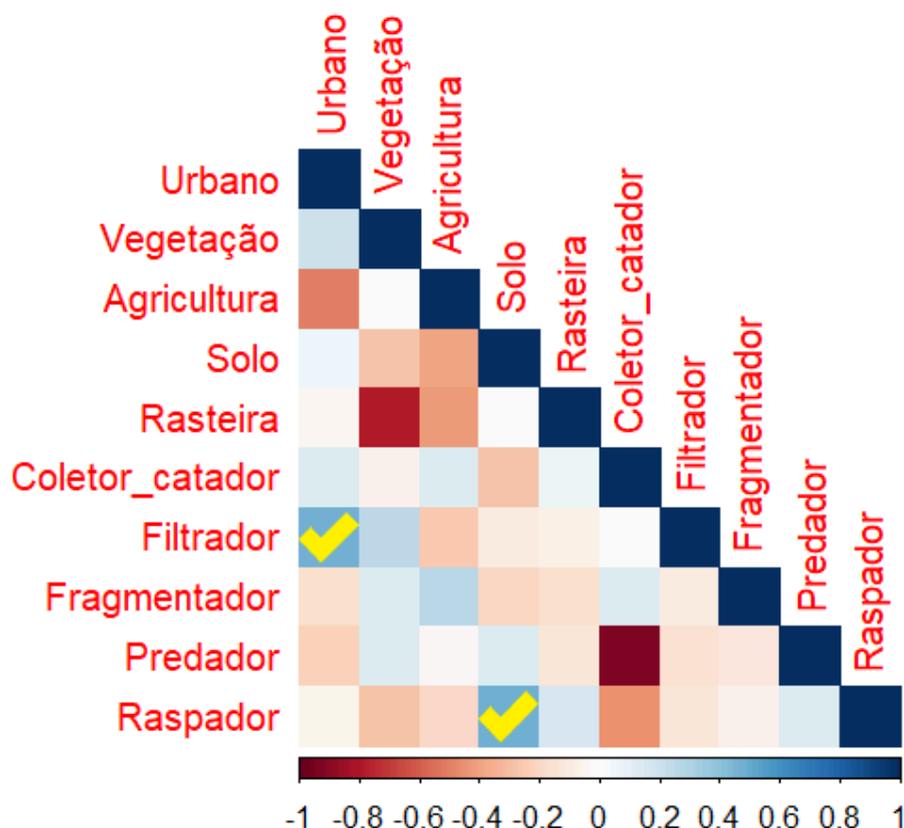


Figura 3: Correlação entre uso e ocupação do solo e guilda trófica. No qual quanto mais azul maior a correlação e os “V” amarelos representam relações significativas.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

A correlação entre o uso e ocupação e granulometria demonstra que a maioria das correlações são fraca ( $\pm 0,10$ ) a moderada ( $\pm 0,30$ ), com valores entre  $-0,32$  e  $0,29$  (COHEN, 1992). Pode-se destacar o comportamento da classe de vegetação arbórea que tem correlações negativas com todos os tipos de solo. Por outro lado, a correlação mais alta é entre areia grossa e a classe vegetação rasteira. Não houve correlação significativa, as que se aproximaram foram; vegetação arbórea e areia grossa ( $p = 0,0838$ ), vegetação rasteira e areia grossa ( $p = 0,1250$ ) e vegetação arbórea e areia média ( $p = 0,1181$ ).

**Figura 5 – Correlação Uso E Ocupação Com Granulometria**

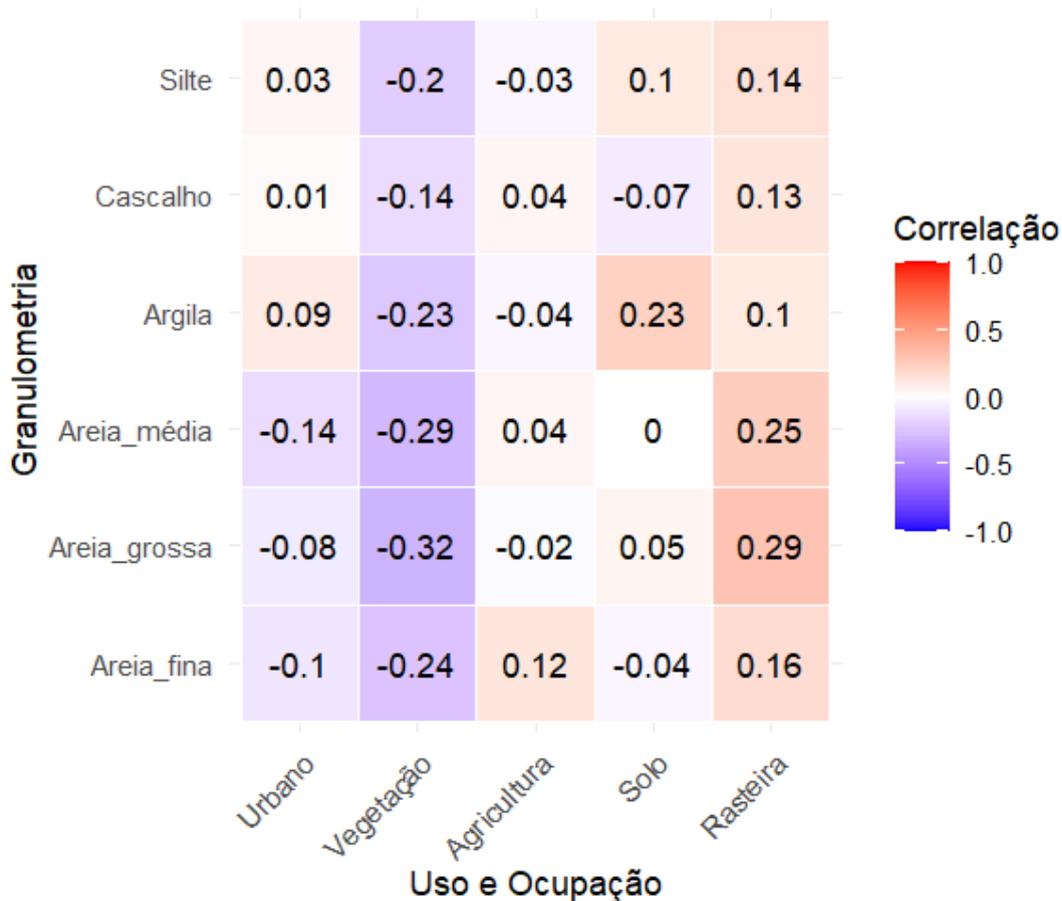


Figura 4: Correlação entre uso e ocupação do solo e granulometria do solo. No qual quanto mais vermelho maior a correlação.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

#### 4 DISCUSSÃO

Em nosso estudo, a diferença observada no uso e ocupação do solo entre os meses demonstra uma dinâmica espaço-temporal. A redução da cobertura vegetal e agrícola pode estar associada ao déficit hídrico sazonal, pois é bem comum em regiões semiáridas (SANTOS e OLIVEIRA, 2023). O aumento na taxa de solo exposto sugere uma possível intensificação dos impactos da sazonalidade em áreas de transição, causando degradação ambiental (FERREIRA et al, 2021).

Com os resultados ficou evidente que os efeitos do uso e ocupação do solo possuem influência na composição da comunidade de macroinvertebrados, validando a nossa hipótese de que raspadores e filtrados aumentam com área urbanizadas, já que a abundância dessas guildas em média teve um aumento entre os meses, concomitante com o aumento do solo urbano e solo exposto. Este

aumento do uso e ocupação do solo pode estar associado ao aumento no uso da água do reservatório para fins de irrigação, que tem levado à eutrofização do corpo d'água, comprometendo a qualidade ambiental e a biodiversidade aquática. A intensificação do uso agrícola, associada à descarga de nutrientes provenientes dos fertilizantes, desencadeia processos de proliferação de algas e depleção de oxigênio, impactando negativamente a comunidade biológica e os processos ecológicos do ecossistema aquático (BRITO, 2022). Dessa forma, ambientes mais urbanizados podem favorecer organismos que se alimentam por filtração, possivelmente devido ao aumento de partículas em suspensão resultantes de atividades antrópicas, como podem ser visto pela maior presença de filtradores em nossos resultados.

A correlação de raspadores com o solo exposto demonstra uma relação interessante, pois as pastagens ocupam 6% da área total, evidenciando a importância da atividade pecuária para a economia local. No entanto, a expansão das pastagens tem sido associada a processos de degradação ambiental, como a perda de cobertura vegetal nativa e a compactação do solo (MARTINS e FERNANDES, 2017). Desta forma, a redução da vegetação para solo compactado, possibilita um aumento do assoreamento e assim causa uma predominância de substrato mais duro e cria-se um ambiente propício para raspadores, ou seja, maior disponibilidade de algas e biofilmes nesses ambientes (AGUIAR, 2009).

Os resultados mostram uma correlação baixa de vegetação arbórea e fragmentadores e com a vegetação rasteira uma correlação negativa. Visto que, a abundância dessa guilda diminui entre os meses estudados ao ponto que a vegetação teve um aumento nos dados de uso e ocupação do solo devido ao verão, representando assim uma relação inversamente proporcional. Isto posto, nossos achados contrastam com o papel ecológico tradicionalmente atribuído a esta guilda, pois segundo Graça et al. (2015), os fragmentadores são fundamentais na decomposição inicial da matéria orgânica vegetal em ambientes aquáticos, sendo responsáveis pela conversão de partículas grosseiras em partículas mais finas (PINHEIRO-SILVA et al, 2016). Desse modo, a diminuição da vegetação tende consequentemente a diminuir as populações de fragmentadores. Deste modo, com nossos resultados contrastantes com a literatura é necessário mais estudos para analisar tais relações.

A interação entre o uso do solo, granulometria e a composição da comunidade de macroinvertebrados revela uma complexa teia de relações ecológicas no reservatório estudado. A correlação positiva entre vegetação rasteira e solos arenosos (areia grossa e média) pode influenciar indiretamente a abundância de raspadores e filtradores, que aumentaram em áreas mais urbanizadas. A presença de solos arenosos em áreas de vegetação rasteira pode facilitar o escoamento de nutrientes e sedimentos para o corpo d'água, especialmente em áreas de agricultura intensiva (BLANN et al, 2009). Este processo contribui para a eutrofização, criando condições favoráveis para algas e, conseqüentemente, para raspadores. Paralelamente, a correlação entre argila e solo exposto nos resultados foi a maior e pode estar relacionada ao aumento do assoreamento, fornecendo substratos mais duros que favorecem raspadores. Esse tipo de solo tem uma maior capacidade de manter a matéria orgânica do que os outros solos, isto devido a proliferação de resíduos complexos no meio (CYLE et al, 2016). Desta forma, áreas urbanas, possivelmente associadas a solos mais argilosos e compactos, podem aumentar o aporte de partículas em suspensão, beneficiando os organismos filtradores. Além disso, a diminuição de fragmentadores, apesar do aumento da vegetação, e sua maior correlação com áreas agrícolas, sugere que a qualidade, e não apenas a quantidade, da matéria orgânica é crucial. O uso de agrotóxicos nas lavouras próximas pode estar alterando a composição da matéria orgânica disponível.

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos demonstraram uma clara influência da paisagem e dos sedimentos na estruturação das guildas de macroinvertebrados no reservatório de Poções. A predominância de raspadores e filtradores em áreas urbanizadas sugere uma adaptação funcional dessas comunidades às alterações ambientais antropogênicas. Este padrão de distribuição evidencia a capacidade de certas guildas em explorar recursos disponíveis em ambientes modificados, onde possivelmente há maior aporte de material. No entanto, embora os organismos possam desempenhar esse tipo de adaptação, isso indica que a comunidade tende a ser pobre em termos funcionais de alimentação devido a dominância de raspadores e filtradores dentro das guildas. Tais constatações ressaltam a importância do manejo integrado da paisagem e dos recursos hídricos, uma vez que

alterações no uso do solo podem resultar em modificações substanciais na estrutura funcional das comunidades aquáticas. O que pode trazer implicações em toda a dinâmica nos níveis tróficos do ecossistema. Com isso, esse estudo pode fornecer informações valiosas que possam servir para a elaboração de estratégias de conservação e restauração desses ecossistemas.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Daniel Alves de, et al. "Avaliação da conversão do uso e ocupação do solo para cana-de-açúcar utilizando imagens de sensoriamento remoto." Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 14 (2009): 5547-5554.

Aguiar, Alana Fraga de. "ECOLOGIA ALIMENTAR DAS ESPÉCIES DO GÊNERO OPHIOBLENNIUS (BLENNIIDAE) NO BRASIL."

Albuquerque, Ulysses Paulino de, and Felipe PL Melo. "Socioecologia da Caatinga." *Ciência e Cultura* 70.4 (2018): 40-44.

Armitage, Patrick D., L. C. Pinder, and P. S. Cranston, eds. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Springer Science & Business Media, 2012.

Álvaro, Érica Luana Ferreira, et al. "Phytoplankton and macroinvertebrate diversity and eco-exergy responses to rainfall diverge in semiarid reservoirs." *Ecological Indicators* 147 (2023): 110012.

Arias, Ana Rosa Linde, et al. "Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos." *Ciência & Saúde Coletiva* 12 (2007): 61-72.

Barbour, Michael Thomas. *An approach to assess the condition of the physical habitat and the benthic macroinvertebrate assemblage of streams*. University of Maryland, Baltimore County, 1995.

Benke, Arthur C., et al. "Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States." *Journal of the North American Benthological Society* 18.3 (1999): 308-343.

Blann, Kristen L., et al. "Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: a review." *Critical reviews in environmental science and technology* 39.11 (2009): 909-1001.

Brito, Anielle dos Santos. "Influência do conteúdo orgânico na mobilidade de metais pesados em sedimentos do leito da rede de drenagem natural de microbacias urbanas no Cariri Cearense." (2022).

Brown, Steven S., et al. "Effects of sediment contaminants and environmental gradients on macrobenthic community trophic structure in Gulf of Mexico estuaries." *Estuaries* 23 (2000): 411-424.

Callisto, Marcos, José Francisco Gonçalves Jr, and Pablo Moreno. "Invertebrados aquáticos como bioindicadores." *Navegando o Rio das velhas das Minas aos Gerais* 1 (2005): 1-12.

Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 1(3), 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>

Culp, Joseph M., et al. "Incorporating traits in aquatic biomonitoring to enhance causal diagnosis and prediction." *Integrated environmental assessment and management* 7.2 (2011): 187-197.

Cummins, Kenneth W., and Michael J. Klug. "Feeding ecology of stream invertebrates." *Annual review of ecology and systematics* 10 (1979): 147-172.

Cranston, Peter S. "Insecta: Diptera, Chironomidae." *The Freshwater Invertebrates of Malaysia and Singapore*. Academy of Sciences, Kuala Lumpur (2004): 710-734.

Cyle, K. T., et al. "Substrate quality influences organic matter accumulation in the soil silt and clay fraction." *Soil Biology and Biochemistry* 103 (2016): 138-148.

Demars, Benoît OL, et al. "Linking biotopes to invertebrates in rivers: biological traits, taxonomic composition and diversity." *Ecological indicators* 23 (2012): 301-311.

de Lira Azevêdo, Evaldo, et al. "How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change?" *Environmental monitoring and assessment* 189 (2017): 1-17.

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* 821 (2022): 153053.

de Moura, Micaella Raíssa Falcão, Simone Rosa da Silva, and Juliana Gomes de Melo. "Panorama da Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe-PE." *Revista Científica ANAP Brasil* 13.31 (2020).

do Nascimento, Thays Valente, and Lindemberg Lima Fernandes. "Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia." *Ciência e Natura* 39.1 (2017): 169-177.

Ferreira, Adriano Mota, et al. "Estimativa da erosão hídrica do solo pelo modelo Water Erosion Prediction Project na Sub-Bacia do Córrego do Gigante, sul de Minas Gerais." *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 26.3 (2021): 471-483.

Gallucci, Fabiane, et al. "The effects of habitat heterogeneity at distinct spatial scales on hard-bottom-associated communities." *Diversity* 12.1 (2020): 39.

Harper, David, et al. "Habitat heterogeneity and aquatic invertebrate diversity in floodplain forests." *Global Ecology and Biogeography Letters* (1997): 275-285.

Laliberté E, Legendre P, Shipley B (2014). FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12.3.

Lavorel, Sandra, et al. "Assessing functional diversity in the field—methodology matters!." *Functional Ecology* 22.1 (2008): 134-147.

Legendre, Pierre, and Marti J. Anderson. "Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments." *Ecological monographs* 69.1 (1999): 1-24.

Lencioni, Valeria, Peter S. Cranston, and Eugenyi Makarchenko. "Recent advances in the study of Chironomidae: An overview." *Journal of Limnology* 77 (2018).

Loke, Lynette HL, and Ryan A. Chisholm. "Measuring habitat complexity and spatial heterogeneity in ecology." *Ecology Letters* 25.10 (2022): 2269-2288.

Martins, J. Casimiro, and Rui Fernandes. "Processos de degradação do solo-medidas de prevenção." *Vida Rural* 5.1827 (2017): 34-36.

Nascimento, Vladimir Fonseca, and Alfredo Ribeiro Neto. "Caracterização de reservatórios para abastecimento de água no Nordeste do Brasil com uso de sensoriamento remoto de alta resolução." *RBRH* 22 (2017): e50.

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, McGlenn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C, Weedon J (2024). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.7-0.

Ollis, D. J., et al. "The development of a classification system for inland aquatic ecosystems in South Africa." *Water Sa* 41.5 (2015): 727-745.

Oyama, Marcos Daisuke, and Carlos Afonso Nobre. "Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: A GCM simulation study." *Journal of Climate* 17.16 (2004): 3203-3213.

Paiva, Franciely Ferreira. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO INDICADORES DE ESTRESSORES AMBIENTAIS E DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO - 2023. 157p.;il. colorido.

Palmer, Jason A., et al. "Streambank erosion rates and loads within a single watershed: Bridging the gap between temporal and spatial scales." *Geomorphology* 209 (2014): 66-78.

Peeters, Edwin THM, Ronald Gylstra, and Jose H. Vos. "Benthic macroinvertebrate community structure in relation to food and environmental variables." *Hydrobiologia* 519 (2004): 103-115.

Pinheiro-Silva, L., et al. "Efeito da cobertura vegetal na abundância de macroinvertebrados fragmentadores e pastejadores em pequenos riachos de altitude."

Porinchu, David F., and Glen M. MacDonald. "The use and application of freshwater midges (Chironomidae: Insecta: Diptera) in geographical research." *Progress in Physical Geography* 27.3 (2003): 378-422.

Porst, Gwendolin, et al. "Effects of shoreline alteration and habitat heterogeneity on macroinvertebrate community composition across European lakes." *Ecological Indicators* 98 (2019): 285-296.

Ricklefs, Robert E., and Rick Relyea. *Ecology : The Economy of Nature*. 7th edition, W.H. Freeman and Company, 2014.

Rosenberg, David M., and V. H. Resh. "Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates."

Freshwater biomonitoring and benthics macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, USA (1992): 40-158.

Sabino, João Henrique Ferreira, et al. "Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil." *Natureza online* 13.4 (2015): 185-194.

Tolessa, Terefe, Feyera Senbeta, and Moges Kidane. "The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia." *Ecosystem services* 23 (2017): 47-54.

Tomanova, Sylvie, Edgar Goitia, and Jan Helešic. "Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams." *Hydrobiologia* 556 (2006): 251-264.

Uwadiae, Roland Efe. "Macroinvertebrates functional feeding groups as indices of biological assessment in a tropical aquatic ecosystem: implications for ecosystem functions." *New York Science Journal* 3.8 (2010): 6-15.

Vannote, Robin L., and Bernard W. Sweeney. "Geographic analysis of thermal equilibria: a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities." *The American Naturalist* 115.5 (1980): 667-695.

Votruba, Ladislav, and Vojtěch Broža. *Water management in reservoirs*. Elsevier, 1989.

Yarnell, Sarah M., Jeffrey F. Mount, and Eric W. Larsen. "The influence of relative sediment supply on riverine habitat heterogeneity." *Geomorphology* 80.3-4 (2006): 310-324.

Zilli, Florencia, Mercedes Marchese, and Analía Paggi. "Life cycle of *Goeldichironomus holoprasinus* Goeldi (Diptera: Chironomidae) in laboratory." *Neotropical Entomology* 38 (2009): 472-476.

Zuur, Alain F., Elena N. Ieno, and Graham M. Smith. *Analysing ecological data*. Vol. 680. New York: Springer, 2007.

