

WILLY FORTUNA SANTOS CARVALHO

**Reservatório de Sobradinho-BA: considerações sobre a história, os impactos e a
diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Willy Fortuna Santos Carvalho

Matrícula: 20211140050113

Título do Trabalho: Reservatório de Sobradinho-BA: considerações sobre a história, os impactos e a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Águas Lindas de Goiás, 28/10/2024.
Local Data

Willy Fortuna Santos Carvalho

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

WILLY FORTUNA SANTOS CARVALHO

Reservatório de Sobradinho-BA: considerações sobre a história, os impactos e a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Águas Lindas de Goiás, desenvolvido na linha de pesquisa: Ecologia Aquática.

Orientador: Prof. Dr. Herick Soares de Santana.

Águas Lindas de Goiás

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

	Carvalho, Willy Fortuna Santos.
C331r	Reservatório de Sobradinho-BA: considerações sobre a história, os impactos e a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos. [manuscrito] / Willy Fortuna Santos. – 2024. 57 f. : il.
	Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Águas Lindas de Goiás. Orientador: Prof. Dr. Herick Soares de Santana.
	1. Ecologia. 2. Limnologia. 3. Ecossistemas. 4. Macroinvertebrados. I. Santana, Herick Soares de Santana (orientador). II. Título.
	CDD: 577

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Myriam Martins Lima – CRB-1: 3582, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Águas Lindas de Goiás.

TERMO DE APROVAÇÃO

WILLY FORTUNA SANTOS CARVALHO

RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO - BA: CONSIDERAÇÕES SOBRE A HISTÓRIA, OS IMPACTOS E A DIVERSIDADE FUNCIONAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Águas Lindas de Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, sob a orientação do Prof. Dr. Herick Soares de Santana.

Aprovado em 19 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Herick Soares de Santana

Orientador

(assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Fernanda Keley Silva Pereira Navarro

Docente do Departamento de Áreas Acadêmicas

(assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Cristiele dos Santos Souza

Técnica de Laboratório Área do Departamento de Áreas Acadêmicas

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda Keley Silva Pereira Navarro**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2024 16:01:14.
- **Cristiele dos Santos Souza**, TECNICO DE LABORATORIO AREA, em 20/09/2024 15:26:00.
- **Herick Soares de Santana**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2024 15:11:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 19/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 566385

Código de Autenticação: eb49a1f698



AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da vida, por me conceder saúde, sabedoria e por guiar os meus caminhos. À minha família, em especial, minha mãe Maria Aparecida e meu pai Alcenir Santos, por sempre terem feito o possível e o impossível por mim e meus irmãos; por terem me ensinado a seguir o caminho do bem e a lutar pelos meus objetivos.

Ao meu orientador e professor: Herick Soares de Santana, por ter me orientado, me incentivado e me proporcionado realizar a minha primeira pesquisa científica (PIBIC) e este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

A todos os meus professores da graduação, os quais tive a honra e a oportunidade de conhecer e aprender (Alice Gabriel, Antônio Cláudio, Bruno Pilastre, Camila Marques, Danilo da Silva, Dirceu Luiz, Fábio Texeira, Fernanda Navarro, Fernando Campos, Flavia Aparecida, Hélio de Souza, Jeane Santos, Jéssica Rocha, Lucas Caxangá, Maraisa Lessa, Marcos Frizzarini, Mariana Nóbrega, Nilson Tavares, Paulo Alves, Pollyana Brito, Sílvia Laine, Thainara Policarpo, Thiago Resende, Tiago Araújo, Vinicius Felipe).

Aos meus colegas e amigos de turma, os quais tive a rica oportunidade de conhecer, e dividir bons momentos ao longo desses quatro anos de graduação, à saber (Ana Carolina, Alexandre Andrade, Bruna Vanusa, Caio Costa, Caio Oliveira, Daniele Macedo, Eunice Almeida, Emily Salazar, Guthierry Almeida, Isabelle Kristine, Istefani Moraes, Leonardo Barbosa, Lorena Magalhães, Lucas Ullysses e Victor Alifer).

E a todos os servidores e estudantes de outras turmas, que também pude conhecer.

Apresentação

É com muito orgulho e gratidão a Deus, que escrevo esse trabalho de conclusão de curso, que para mim é mais uma prova de que podemos sim alcançar grandes objetivos em nossas vidas. Ao longo desses quatro anos de graduação pude observar um grande amadurecimento pessoal enquanto estudante. Ter ingressado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Goiás, campus Águas Lindas de Goiás, foi uma das melhores escolhas que pude tomar na minha vida, pois nessa instituição pude encontrar um grande propósito, por meio da educação. Pude fazer grandes amigos que pretendo levar para toda minha vida, pude vivenciar momentos marcantes que me proporcionaram vencer vários desafios, além de ter encontrado professores que me incentivaram, acreditaram em mim e me ensinaram o verdadeiro papel de um professor, ser um agente transformador, por meio da educação.

O tema deste TCC, surgiu a partir do meu primeiro projeto de iniciação científica (PIBIC), realizado durante o período entre 2022-2023 como uma forma de dar continuidade ao estudo dos ecossistemas aquáticos, temática que despertou bastante meu interesse, pois, como seres vivos, necessitamos da água, não apenas para manutenção da nossa própria sobrevivência, mas também para sobrevivência de toda fauna e flora que dependem desse recurso para sobreviverem. Infelizmente, muitos desses ecossistemas aquáticos como rios, lagos, lagoas e reservatórios, vem sofrendo grandes impactos ambientais em decorrência principalmente de ações antrópicas, como: poluição, desmatamento, despejo de lixo e substâncias que contaminam e alteram a qualidade da água. Esses múltiplos impactos tornam ainda mais urgente o estudo desses ecossistemas para que medidas e intervenções possam ser tomadas a partir de dados concretos e pesquisas que apontem as melhores soluções para esses problemas.

Vários países pelo mundo vêm tendo problemas com a escassez de água, e essa situação tende a se agravar, devido principalmente ao grande crescimento econômico, populacional e ao aumento do desperdício da água. O Brasil, mesmo possuindo uma rica diversidade de ecossistemas aquáticos naturais e uma alta variedade de reservatórios artificiais, precisa investir cada vez mais em pesquisas que apontem para uma melhor gestão desses ecossistemas.

Dentre essas pesquisas, o estudo da diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos nos permite compreender melhor o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, medir a qualidade da água e avaliar a saúde desses ecossistemas, através do uso de espécies que habitam nesses ambientes. Desta forma, esses organismos são uma ferramenta importante de avaliação do estado de conservação dos ecossistemas de água doce, contribuindo para possíveis projetos e medidas de conservação desses ambientes. Escrever esse trabalho foi motivo de muito orgulho e apreço, em virtude da importância do tema e principalmente por poder contribuir com a valorização do nosso recurso mais importante, a água.

**RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO-BA: CONSIDERAÇÕES SOBRE A
HISTÓRIA, OS IMPACTOS E A DIVERSIDADE FUNCIONAL DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

WILLY FORTUNA SANTOS CARVALHO

willyfortunasc.unb@gmail.com

ORIENTADOR: Dr. HERICK SOARES DE SANTANA

herick.santana@ifg.edu.br

Resumo

Apesar de parecer “infinita”, a água constitui-se como um recurso limitado, principalmente diante de fatores como o crescimento econômico e demográfico. Dessa forma, o estudo dos ecossistemas aquáticos, como fontes de pesquisas torna-se essencial, sendo a Limnologia a ciência que se dedica ao estudo ecológico de todos os ecossistemas de água doce. Dentre os estudos limnológicos, o uso de macroinvertebrados bentônicos como método para analisar a saúde dos ecossistemas aquáticos tem sido de grande relevância. Nesse contexto, a área de estudo teve como base o Reservatório de Sobradinho-BA, considerado um dos maiores lagos artificiais do mundo. O objetivo da pesquisa foi analisar a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos no Reservatório de Sobradinho-BA, bem como sua importância para manutenção do equilíbrio aquático no reservatório. A amostragem foi desenvolvida trimestralmente entre janeiro de 2007 e julho de 2009. Foram amostrados cinco pontos no Reservatório de Sobradinho-BA, de maneira que para cada ponto, dois locais foram amostrados: um no centro e outro na margem do reservatório. Os resultados da pesquisa mostraram uma maior riqueza funcional na margem do reservatório em relação ao centro, além de parâmetros de divergência funcional e uniformidade funcional, que contribuem para compreender melhor o estado de saúde e conservação do reservatório. A grande abundância de Oligochaetas e outros organismos encontrados, contribuem para uma rica diversidade de organismos que desempenham papéis fundamentais na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, bioturbação, cadeia alimentar e na preservação do ecossistema aquático.

Palavras-chave: Limnologia, Ecossistemas, Macroinvertebrados, Diversidade Funcional, Reservatórios.

Abstract

Although it may seem “infinite”, water is a limited resource, especially in the face of factors such as economic and demographic growth. Therefore, the study of aquatic ecosystems as sources of research becomes essential, with Limnology being the science dedicated to the ecological study of all freshwater ecosystems. Among limnological studies, the use of benthic macroinvertebrates as a method to analyze the health of aquatic ecosystems has been of great relevance. In this context, the study area was based on the Sobradinho Reservoir-BA, considered one of the largest artificial lakes in the world. The objective of the research was to analyze the functional diversity of benthic macroinvertebrates in the Sobradinho Reservoir-BA, as well as their importance for maintaining the aquatic balance in the reservoir. Sampling was conducted quarterly between January 2007 and July 2009. Five points were sampled in the Sobradinho Reservoir, Bahia, so that for each point, two locations were sampled: one in the center and one on the edge of the reservoir. The results of the research showed greater functional richness on the edge of the reservoir compared to the center, in addition to parameters of functional divergence and functional uniformity, which contribute to a better understanding of the health and conservation status of the reservoir. The great abundance of Oligochaetes and other organisms found contribute to a rich diversity of organisms that play fundamental roles in the decomposition of organic matter, nutrient cycling, bioturbation, food chain and in the preservation of the aquatic ecosystem.

Keywords: *Limnology, Ecosystems, Macroinvertebrates, Functional Diversity, Reservoirs.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do Reservatório de Sobradinho -BA.....	29
Figura 2 - Média e erro padrão da riqueza funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem..	34
Figura 3 - Média e erro padrão da divergência funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período amostral...	35
Figura 4 - Média e erro padrão da uniformidade funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do reservatório de Sobradinho-BA, durante o período amostral...	36
Figura 5 - Riqueza funcional entre os pontos amostrados da margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem.....	37
Figura 6 - Divergência funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais da margem do Reservatório de Sobradinho, ao longo do período de amostragem..	38
Figura 7 - Uniformidade funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais da margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem.....	39
Figura 8 - Riqueza funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem.....	40
Figura 9 - Divergência funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem..	41
Figura 10 - Uniformidade funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem..	42
Tabela 1 - Representação dos cinco pontos de amostragem, (centro e margem), ao longo dos anos de amostragem.....	30
Tabela 2 - Classificação dos macroinvertebrados bentônicos identificados com base no grupo de resistência: R (resistente), T (tolerante), S (sensível), N/C (não classificado), nos trechos onde foram encontrados: C (centro), M (margem), C/M (centro e margem), juntamente com a proporção correspondente de cada grupo.....	32

SUMÁRIO

1. Introdução Geral	13
1.1 Disponibilidade hídrica no planeta	13
1.2 Disponibilidade hídrica no Brasil	13
1.3 Ecossistemas Aquáticos	14
1.4 Limnologia	15
1.5 Macroinvertebrados Bentônicos	16
Capítulo 1: Reservatório de Sobradinho: origem e impactos de um dos maiores lagos artificiais do mundo	19
Capítulo 2: Diversidade Funcional de Macroinvertebrados Bentônicos no Reservatório de Sobradinho - BA	23
2. Objetivos	27
3. Material e Métodos	28
3.1 Área de Estudo	28
3.2 Amostragem	29
3.3 Análise de Dados	31
3.4 Classificação quanto à resistência	31
4. Resultados	31
5. Discussão	42
6. Considerações Finais	46
Referências	47

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO PLANETA

A água possui papel essencial na vida dos seres vivos, sendo o mais importante dos recursos naturais existentes e considerado fundamental para a manutenção da vida. Do total de água presente em nosso planeta, cerca de 97,24% são consideradas como salgadas, enquanto que apenas 2,76% são consideradas como doce. Desse total de água doce, cerca de 77% formam as geleiras, 22% estão presentes na camada inferior do solo, um valor mínimo compõe a atmosfera terrestre e menos de 1% constitui os ecossistemas aquáticos continentais, como: rios, riachos, lagoas, lagos, reservatórios e etc (Grassi, 2001). Dessa forma, apesar de parecer “infinita”, a água constitui-se como um recurso limitado, principalmente diante de fatores como o crescimento econômico e demográfico que faz com que esse recurso se torne cada vez mais degradado, desperdiçado e escasso em nosso planeta (Barros; Amin, 2008).

1.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

O Brasil é descrito por possuir a maior reserva de água doce natural do planeta, com cerca de 12% do total (Augusto et al., 2012). Grande parte dessa reserva constitui os ecossistemas aquáticos continentais, responsáveis dentre outras funções por abrigar um elevado número de espécies que compõem uma ampla e rica biodiversidade. Tal número de espécies é difícil de ser definida com precisão, em virtude do grande número de ambientes aquáticos nunca estudados, o baixo número de pesquisadores, além da falta de estrutura necessária para que novas pesquisas sejam realizadas. Entretanto, estimativas realizadas em ecossistemas aquáticos brasileiros, revela que o país possui cerca de 25% do total das espécies de Algas, 33% das espécies de Demospongiae (Porifera), 12% das espécies de Anelídeos, 25% das espécies de Rotifera, 20% das espécies de Cladocera (Arthropoda) e 10% das espécies de Decapoda de água doce (Arthropoda) encontradas no planeta, constituindo dessa forma uma rica biodiversidade (Agostinho; Thomaz; Gomes, 2005).

1.3 ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Todavia os ecossistemas aquáticos vêm sendo gravemente impactados devido a uma série de fatores associados às ações antrópicas, como: lançamentos de esgotos domésticos e industriais, desmatamento, mineração, construções de barragens e reservatórios, uso inadequado do solo, poluição, exploração exagerada dos recursos naturais, dentre outros (Goulart; Callisto, 2003). Todos esses fatores têm gerado consequências não apenas nas espécies aquáticas presentes nesses ambientes, mas também a toda sociedade que depende desses ecossistemas como forma de sobrevivência.

Barros e Amin (2008), destacam que a persistência dessas ações pode resultar em uma maior redução da biodiversidade, aumento da poluição e contaminação dos ecossistemas aquáticos, além de poder gerar uma grave escassez de água no planeta. Dessa forma, há a necessidade de se estabelecer cada vez mais leis e outras medidas, que busquem mudar essa situação, demonstrando que investimentos em pesquisas de proteção, gestão e preservação da água seja uma alternativa a fim de controlar melhor o aumento da demanda e evitar um cenário cada vez maior de escassez de água.

Importante ressaltar que esse aumento da demanda de água está relacionado a uma série de fatores, como o aumento populacional e as diferentes formas de utilização da água na sociedade, por exemplo: produção de energia elétrica, utilização agrícola e industrial, abastecimento público e etc. No Brasil, o Sudeste caracteriza-se por utilizar água principalmente nos meios industriais, na geração de energia elétrica e na irrigação, já outras regiões têm como características principais o uso da água na mineração, agricultura, pecuária, navegação, produção de alimentos, entre outros (Tundisi, 2006).

Barros e Amin (2008) destacam ainda que a escassez de água que se propaga cada vez mais em vários países pelo mundo pode futuramente vir a se tornar um fator de disputa, pois assim como o petróleo, a água poderá também se tornar um fator de guerras entre países. Além disso poderá se tornar um fator limitante ao desenvolvimento industrial, econômico e agrícola, podendo até mesmo trazer consequências para a saúde e comprometer a produção de alimentos, tornando-se necessário medidas mais eficazes de gestão da água, a fim de promover a conservação e combater a poluição (Queiroz; Silva; Strixino, 2008).

Nesse contexto, o estudo dos ambientes aquáticos continentais como fontes de pesquisas, torna-se essencial, pois compreende uma abordagem muito antiga, desde a época de Aristóteles (384-322 a.C.), quando este e outros filósofos já se preocupavam com estudos mais aprofundados sobre a fauna e a flora. No livro “História dos Animais”, Aristóteles classifica a fauna de animais aquáticos como animais de rios, de lagos ou de pântanos, constituindo assim, dentro da ecologia, uma das primeiras classificações sobre a fauna aquática (Esteves, 2011).

1.4 LIMNOLOGIA

A Limnologia enquanto ciência surge a partir do início do século XX, como o estudo ecológico dos lagos. Sua primeira menção como ciência, teve como ponto de partida a publicação do primeiro livro desta área, em 1901, que se chamava Manual da Ciência de Lagos, e tinha como subtítulo Limnologia Geral, do pesquisador suíço François Alphonse Forel (1841-1912). A publicação do livro foi realizada na cidade de Lausane (Suíça), e tornou o pesquisador conhecido como o pai da limnologia. Todavia, a partir de 1922, durante o primeiro Congresso Internacional de Limnologia, houve uma expansão quanto às suas áreas de atuação, de forma que a Limnologia integrou outros campos de estudo como: rios, riachos, lagoas, lagunas, córregos, reservatórios e etc, podendo então, ser definida como o estudo ecológico de todos os ecossistemas aquáticos continentais (Esteves, 2011).

No Brasil, a Limnologia se desenvolveu bastante nas últimas décadas, graças aos estudos em diversos ecossistemas naturais e artificiais, a criação da Sociedade Brasileira de Limnologia, a realização do Congresso Internacional de Limnologia em São Paulo em 1995 e pela escassez de pesquisas que trouxessem resultados para gestão de bacias hidrográficas, pesca, lagos, reservatórios e áreas alagadas (Tundisi; Tundisi, 2008).

As pesquisas limnológicas são essenciais no estudo dos ecossistemas aquáticos continentais, seja para uma melhor compreensão do meio ou para novas descobertas. São estudos que podem ser utilizados em diversas finalidades, como no entendimento sobre o ciclo de vida das espécies, comportamento fisiológico, bem como os fatores que possam alterar a distribuição da biodiversidade desses ambientes. Além de diagnósticos e

prognósticos quanto aos impactos ambientais que os ambientes aquáticos vêm sofrendo devido às ações antrópicas de despejo de resíduos, desmatamentos, poluição do ar e chuvas ácidas, fazendo com que qualquer tipo de medida de preservação que possa ser criada, dependa de estudos detalhados e efetivos (Tundisi; Tundisi, 2008).

Dentre os estudos limnológicos, o uso de macroinvertebrados bentônicos como ferramentas para analisar o estado de saúde dos ecossistemas aquáticos continentais tem sido de grande importância, devido ao fato desse grupo possuir uma grande diversidade de características funcionais, comportamentais e morfológicas, o que as torna uma das abordagens mais eficazes no estudo da qualidade, saúde e conservação dos ecossistemas aquáticos continentais (Li et al., 2021).

1.5 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Os macroinvertebrados bentônicos são diversos organismos que vivem em ambientes aquáticos. O termo bentônico é de origem grega (benthos), que significa profundidade e são descritos por habitarem em sedimentos profundos ou na superfície de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998). Podem passar toda sua vida na água ou apenas parte dela (durante a fase larval), onde desenvolvem-se e tornam-se terrestres (Santos et al., 2021).

De acordo com Oliveira et al. (2005), os macroinvertebrados bentônicos podem ser definidos como espécies com tamanho superior a 0,25 mm. Já Esteves (2011), classifica os macroinvertebrados como organismos maiores que 1mm, visíveis a olho nu, como: anelídeos, moluscos, larvas de insetos, crustáceos, dentre outros, que se fixam em sedimentos de rios, lagos, lagoas, reservatórios e etc. Dentre esses sedimentos, podemos citar folhas, troncos, pedras, algas, macrófitas aquáticas, entre outros.

Esses sedimentos, são descritos por serem resultados de vários processos recorrentes em ambientes aquáticos, neles acontecem uma série de processos físicos, químicos e/ou biológicos que atuam estimulando o metabolismo das espécies e contribuem para a ciclagem de nutrientes e para o fluxo de energia, além de serem fundamentais para a compreensão da

evolução dos ambientes aquáticos e na avaliação de contaminações ambientais (Esteves, 2011).

Os macroinvertebrados bentônicos são conhecidos por habitarem os ecossistemas aquáticos de todo o planeta, podendo haver apenas algumas exceções de alguns grupos, relacionados a ambientes aquáticos temporários, críticos ou com graves índices de poluição ambiental (Hauer; Resh, 2006). Várias dessas espécies desenvolveram diversas adaptações morfológicas ao longo do tempo, por exemplo: estruturas de respiração, resistência, fixação em sedimentos e superfícies, captura de alimentos, construções de abrigos, reprodução, sobrevivência e comportamento (Hauer; Resh, 2006).

Ainda assim, diferentes tipos de fatores presentes nos ecossistemas aquáticos são capazes de influenciar a distribuição e a composição dos macroinvertebrados bentônicos, dentre eles, podemos citar: fatores físicos (temperatura, luz solar, força da correnteza e etc.), químicos (pH, quantidade de oxigênio dissolvido, nutrientes e etc.), ambientais (alimentos e matéria orgânica disponíveis), sedimentares (granulometria), interações ecológicas (competição, parasitismo, predação e etc.), tipos de substratos (folhas, troncos, rochas e etc.), dentre outros (Esteves, 2011).

De acordo com Queiroz, Silva e Strixino (2008), fatores como erosão do solo e assoreamento constituem bons exemplos de fatores físicos, característicos de ambientes desmatados, que juntos podem ocasionar alterações na morfologia dos ambientes aquáticos, além de prejudicar as propriedades físicas, químicas e biológicas da água, através da entrada de poluentes, afetando diretamente as comunidades de macroinvertebrados bentônicos.

Considerando a biologia trófica destes animais, os detritos constituem-se como a principal fonte de alimentos para os macroinvertebrados bentônicos. Esses nutrientes podem ser de origem autóctone (originado no próprio ecossistema) ou alóctone (proveniente de ambientes externos ao corpo d'água). Em ecossistemas litorâneos os detritos são produzidos principalmente por matas ciliares ou por perifíton, enquanto que ecossistemas profundos possuem como fonte principal o fitoplâncton (Esteves, 2011). Esses detritos podem ser colonizados por alguns tipos de microrganismos, como, fungos, protozoários ou bactérias,

constituindo-se como uma importante fonte de nutrientes para os macroinvertebrados bentônicos.

Em relação ao ciclo de vida, estes animais podem ser: multivoltinos (terem diversas gerações, dentro de um ano), bivoltinos (duas gerações por ano), univoltino (apenas uma geração por ano) ou semivoltino (uma geração que sucede o período de um ano, sendo necessário dois ou três ciclos de vida para se completar) (Hauer; Resh, 2006).

Quanto à dispersão (movimento das espécies de um local para outro), podem haver valores específicos dependendo da espécie e constitui-se como um fator importante do funcionamento populacional dos macroinvertebrados bentônicos, pois propicia que haja fluxo gênico, influenciando a estrutura genética das espécies e contribuindo para uma maior diversidade genética dos macroinvertebrados bentônicos. Além de ser um processo essencial para a colonização e recolonização de áreas impactadas, podendo acontecer de forma ativa ou passiva como resultado a diversos fatores ambientais (Smock, 2006).

Os macroinvertebrados bentônicos desempenham um papel fundamental nos processos ecológicos, como a ciclagem de nutrientes, o fluxo de energia e a decomposição da matéria orgânica (Esteves 2011). Além disso, eles são essenciais no processo de bioturbação, que se refere às alterações nas propriedades da matéria orgânica, nos tipos de sedimentos e no transporte de substâncias dissolvidas, causadas por sua atividade (Figueiredo-Barros et al., 2005). Além de servirem de alimentos para os peixes e contribuírem para manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Santos et al., 2021), sendo capazes de influenciar a composição de várias espécies de peixes (Lenat, 1994).

Na decomposição da matéria orgânica, por exemplo, esse processo costuma ocorrer de forma simultânea em três etapas principais. A primeira é a lixiviação, em que compostos orgânicos e inorgânicos solúveis em água são rapidamente removidos da serapilheira pelo contato com a água. Em seguida, ocorre o condicionamento, quando a serapilheira é colonizada por fungos e bactérias, o que torna o material mais palatável. Por fim, acontece a fragmentação, onde macroinvertebrados detritívoros trituradores quebram a serapilheira em fragmentos menores (Gessner; Chauvet; Dobson 1999; Webster; Benfield 1986; Gimenes;

Cunha-Santino; Bianchini Jr 2010). Dessa forma, esses organismos são fundamentais para a redução da matéria orgânica, transformando-a em partes menores (Biasi et al., 2013).

Podem atuar também como bioindicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos, de forma que são classificados quanto ao seu grau de tolerância a diferentes tipos de impactos, sendo: resistentes, tolerantes ou sensíveis aos impactos ambientais. Dentre as sensíveis, destacam-se a presença de organismos como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, descritos principalmente por habitarem locais limpos com altas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Dentre os tolerantes podemos citar a presença de Moluscos, Odonatas, Bivalves, Coleoptera e etc, que suportam menores concentrações de oxigênio dissolvido. Já os resistentes são caracterizados principalmente pela presença de Oligochaetas e Dípteros, em especial da família Chironomidae, que podem sobreviver em locais com pouco oxigênio dissolvido e com altas concentrações de poluição ambiental (Goulart; Callisto, 2003).

Finalmente, os macroinvertebrados bentônicos são bioacumuladores de substâncias químicas poluentes, como: inseticidas, herbicidas, fungicidas, metais pesados, dentre outros, presentes na água, no solo, nos sedimentos ou presentes na cadeia alimentar. Tais substâncias são absorvidas por diferentes vias como respiratória, dérmica, digestiva e através da biomagnificação, um processo que resulta numa alta concentração de poluentes do grau mais baixo até o mais alto da cadeia alimentar, podendo inclusive atingir o ser humano, pois esse processo permite um acúmulo de contaminantes ao longo da teia alimentar (Queiroz; Silva; Strixino 2008).

CAPÍTULO 1: RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO: ORIGEM E IMPACTOS DE UM DOS MAIORES LAGOS ARTIFICIAIS DO MUNDO

Considerado um dos rios mais importantes do Brasil e o maior da região nordeste, o Rio São Francisco origina-se na Serra da Canastra em Minas Gerais, e segue por cerca de 2.800 km, passando por seis estados brasileiros (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas), além do Distrito Federal (totalizando 521 Municípios), até desaguar no Oceano Atlântico. O rio é dividido em quatro áreas principais: Alto, Baixo, Médio e Submédio São Francisco, é descrito como um grande produtor de energia elétrica, além de

contribuir para diversas outras finalidades importantes, como: irrigação, abastecimento público, usos industriais, dentre outros (ANA, 2024).

Possuindo área de drenagem de mais de 640.000 km² e estando presente em três biomas brasileiros (Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga), a bacia do Rio São Francisco ocupa uma área equivalente a 7,6% de todo o país. Tem como principais reservatórios as hidrelétricas de Sobradinho, Três Marias, Itaparica, Complexo Paulo Afonso, Moxotó e Xingó, que juntas podem produzir mais de 7.900 MW de energia elétrica (Godinho; Godinho, 2003).

Todavia, mesmo o Rio São Francisco tendo se transformado em um recurso fundamental para o desenvolvimento da região nordeste, o Rio tem sido cada vez mais alvo de políticas governamentais que visam a entrada e ampliação de novos meios de exploração e crescimento econômico para a região. Tudo isso tem gerado uma série de impactos, relacionados principalmente ao aumento dos diversos fatores, como: irrigação, monoculturas, consumo urbano, depredação das cabeceiras do rio, perda da vazão do rio, construções de grandes empreendimentos e desperdício de água (Pedrão; Cabral, 2015). Essas questões tornam o estudo dos reservatórios uma ferramenta essencial na avaliação, gestão e preservação do ecossistema aquático, quanto aos diversos tipos de impactos que possam acontecer.

De acordo com Cruz e Fabrizy (1995, p.1), “Um reservatório é uma construção formada pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões defluentes sujeitas a controle. Qualquer que seja o tamanho do reservatório ou a finalidade da água acumulada, sua principal função é a de regulador, objetivando a manutenção da vazão dos cursos de água ou atendendo às variações da demanda dos usuários.”

Nesse contexto, o Reservatório de Sobradinho-BA, localizado no Submédio São Francisco, a cerca de 40 km das cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE, teve suas obras iniciadas em junho de 1973 e finalizadas em novembro de 1979 pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), empresa vinculada à Eletrobrás, que tem como objetivos principais a produção e a comercialização de energia elétrica (CHESF, 2024). O reservatório possui dentre suas características principais área de 4.214 km², volume total de 34.116 hm³, vazão regularizada de 2.060 m³/s, capacidade de estocar mais de 34 bilhões de m³ de água,

além de possuir cerca de 320 km de extensão, constituindo-se como um dos maiores lagos artificiais do mundo (CHESF, 2024). De acordo com Correia e Dias (2003), o reservatório tem como algumas de suas finalidades principais a produção de energia elétrica, o controle das cheias, o aumento da vazão mínima; além da regularização dos recursos hídricos (ANA, 2022), contribuindo para o pleno desempenho das usinas.

A construção do reservatório teve início durante o regime da ditadura militar no Brasil. Conforme apontam Amaral e Santos (2018), esse projeto fazia parte de um conjunto de obras hidrelétricas promovidas pelo governo da época, com o objetivo de desenvolver a geração de energia elétrica no nordeste do país. No entanto, o empreendimento também gerou significativos impactos socioambientais e culturais em diversos municípios da região, como Casa-Nova, Pilão Arcado, Remanso e Sento-Sé, que precisaram ser alagados para dar lugar ao desenvolvimento. Isso resultou na remoção forçada de cerca de 72 mil pessoas, que foram obrigadas a abandonar suas casas, terras e raízes (Amaral; Santos, 2018).

Após o golpe militar de 1964, o governo brasileiro da época impôs severas restrições às liberdades políticas e individuais da população e, sob uma perspectiva desenvolvimentista, utilizava recursos estrangeiros para empreender grandes obras, visando a modernização do país, ao mesmo tempo em que promovia a supressão da liberdade de expressão, fazendo com que o temor da repressão fosse generalizado ao ponto que a presença dos militares na região amedrontasse a maioria dos que fossem contra. Apesar de existir processos que estimulavam a criação de reservatórios desde a época do governo Getúlio Vargas, a informação da construção do reservatório de Sobradinho em 1971 pegou a todos de surpresa, tendo sido divulgado na época pelos meios de comunicação como jornais e rádios, não como um projeto em fase de análise e que poderia demorar um longo período até sua implantação, mas sim como um projeto já preparado para ser implantado (Silva, 2010).

Em pesquisa realizada por Albano (2018), com intuito de relembrar os impactos causados pela construção do Reservatório de Sobradinho-BA às comunidades ribeirinhas ali presentes, a autora descreve todo o processo como “desumanizado”, e que deixou uma série de marcas, tanto na reconstrução das novas cidades (em outros territórios), como nos conflitos gerados a partir da redistribuição de terras.

Durante o regime, as instituições sociais e o sistema jurídico não puderam garantir a proteção legal das populações frente aos interesses do governo, considerado como de importância nacional, que por possuir caráter centralizado e autoritário, não considerou a participação da população durante os processos de tomada de decisão, deixando a população sem opções de escolha (Silva, 2010).

Ainda de acordo com Albano (2018), em entrevista com Maria Bernadete Caxias de Souza, uma das ribeirinhas atingidas pela construção do Reservatório de Sobradinho, esta diz que após o esvaziamento do município, muitos ribeirinhos se negaram a sair. A inundação ocorreu mesmo havendo moradores nas casas, que foram obrigados a sair à medida em que a água subia, de forma abrupta.

Segundo Santos (2008), em pesquisa feita entre 2003 e 2005, avaliando os principais impactos socioambientais ocorridos em consequência da construção de reservatórios sobre as comunidades do Rio São Francisco, foram identificados:

- Impactos demográficos: devido a retirada da população dos municípios inundados, resultando em êxodo rural e crescimento urbano;
- Impactos Culturais e Sociais: em virtude da quebra das relações culturais e sociais entre os moradores com os municípios afetados;
- Impactos econômicos: devido a perdas de terras, plantações e atividades comerciais;
- Impactos na Saúde: com o surgimento de doenças, aumento de acidentes entre os moradores e trabalhadores vinculados a construção do reservatório, além do aumento da demanda nos serviços de saúde;

- Impactos na Educação: relacionado ao aumento da demanda por escolas, em municípios próximos;
- Impactos Patrimoniais e Históricos: devido a perda cultural e simbólica dos municípios inundados;
- Impactos Ambientais: devido a perda de animais e plantas endêmicas, além de impactos na biodiversidade, no solo e na água (Santos, 2008).

CAPÍTULO 2: DIVERSIDADE FUNCIONAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO - BA

A biodiversidade constitui-se como o conjunto de todos os seres vivos existentes em nosso planeta, desde organismos microscópicos como bactérias, até organismos de grande porte. É um termo que vem sendo bastante discutido nas últimas décadas, principalmente devido ao modelo de consumo insustentável do ser humano, que tem causado reduções significativas de recursos naturais, afetando diretamente a biodiversidade (Bosa, 2020). Dessa forma, o estudo da biodiversidade, dentro da ecologia, é um fator essencial para a proteção e preservação dos diferentes tipos de espécies (Iacomini, 2020).

A diversidade funcional constitui-se como parte importante da biodiversidade, pois engloba diversas características funcionais dos organismos presentes em um ecossistema. Características funcionais são capazes de influenciar vários aspectos no funcionamento do ecossistema, como dinâmica, estabilidade, produtividade, equilíbrio de nutrientes, dentre outros. Dessa maneira, a diversidade funcional pode ser compreendida como o conjunto de características funcionais de um grupo de organismos distribuídos em um ambiente, que influencia o funcionamento dos ecossistemas (Tilman, 2001).

De acordo com Días e Cabido (2001), os três componentes da diversidade funcional, são constituídos pela: riqueza de espécies (número de espécies localizadas em um habitat), riqueza funcional (número de diferentes características funcionais) e composição funcional (proporção de características funcionais). Ainda, há o índice de grupos funcionais, no qual as

espécies são categorizadas em diferentes grupos, de acordo com suas características ou funções exercidas no ecossistema (Tilman, 2001).

Mason e colaboradores, (2005), por entenderem que a diversidade funcional não pode ser representada por uma única medida e por existirem parâmetros para elaboração de índices funcionais, que levem em conta as diversas características funcionais e abundância das espécies, dividem a diversidade funcional em três componentes: O primeiro é a riqueza funcional (volume da área preenchida pela comunidade); o segundo é a uniformidade funcional (regularidade na distribuição da abundância no volume); o terceiro é a divergência funcional (divergência na distribuição da abundância no volume). É importante destacar que nenhum dos índices se calculado de forma isolado supre todos os critérios, tornando, dessa maneira, necessária a utilização de três índices, independentes entre si e que se complementam (Villéger; Mason; Mouillot, 2008).

O estudo da diversidade funcional contribui para uma melhor compreensão acerca da qualidade da água e da saúde dos ecossistemas aquáticos (Carig; Carig; Manuel, 2022). A caracterização das espécies que habitam um determinado ecossistema constitui uma das formas mais eficientes para se obter um parâmetro mais correto acerca da saúde de um ecossistema. Dessa forma, os macroinvertebrados bentônicos se constituem uma excelente opção no estudo de avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos, por meio do monitoramento biológico (Baptista, 2008).

Tal monitoramento, surge devido a estudos que utilizam apenas os métodos físico-químicos não serem suficientes para retratar de forma integral a qualidade dos ambientes aquáticos (Baptista, 2008). Isso ocorre devido a alguns fatores como a presença de vários tipos de substâncias nocivas de origem industrial ou urbana que quando lançadas nos ambientes aquáticos podem não ser totalmente identificadas, pois, muitas análises da qualidade da água, selecionam apenas algumas substâncias, fazendo com que muitos poluentes sejam desconsiderados. Outro fator importante, pode estar ligado a variação das substâncias nocivas ao longo do tempo, pois muitas substâncias possuem efeitos que podem durar vários meses e uma análise físico-química poderia detectar apenas contaminações mais recentes, desconsiderando os efeitos a longo prazo. A utilização de espécies vivas pode ser

um caminho mais eficaz para descobrir os efeitos de uma ou mais substâncias poluidoras ao longo do tempo (Lenat, 1994).

De acordo com Queiroz, Silva e Strixino (2008), dentre as vantagens dos índices biológicos em relação aos índices físico-químicos estão: a baixa especificidade dos índices biológicos, que contribuem para identificação de um maior número de estressores; grande eficiência em estudos relacionados à proteção das funções do ecossistema e em monitoramentos de maiores proporções; possibilidade de analisar a água no local por meio de organismos chave como moluscos, que por serem espécies filtradoras, podem absorver uma alta concentração de poluentes e microrganismos em seus tecidos.

Portanto, o monitoramento biológico justifica-se pela importância de se aplicar o conceito de estado ecológico da qualidade da água, além de ter se tornado uma importante ferramenta no estudo da saúde dos ecossistemas aquáticos continentais (Baptista, 2008). O conceito de estado ecológico da qualidade da água perpassa apenas os parâmetros físico-químicos, sendo insuficientes quando realizados isoladamente, tornando assim a utilização de organismos aquáticos, como os macroinvertebrados bentônicos, uma das formas mais eficazes no monitoramento biológico, pois essas espécies conseguem refletir o real estado de saúde dos ecossistemas aquáticos, durante um intervalo maior de tempo (Baptista, 2008).

Uma vez que os fatores ambientais são capazes de influenciar diretamente a diversidade funcional e o funcionamento dos ecossistemas (Días; Cabido, 2001), tais fatores podem ser descritos como filtros ambientais, pois agem selecionando as espécies que possuem traços funcionais mais favoráveis a sobreviverem em um determinado ambiente (Firminiano, Kele et al., 2021). Nesse sentido, são considerados como filtros ambientais as características do ecossistema, os processos ecológicos que influenciam as espécies, assim como as alterações ambientais, que exercem papel seletivo no ambiente, podendo ser provocada tanto por fatores bióticos como abióticos (Longo-Sánchez; Blanco, 2009).

Dentre os principais filtros ambientais capazes de influenciar a diversidade, composição e distribuição de macroinvertebrados bentônicos nos ecossistemas aquáticos estão as atividades antrópicas, mudanças climáticas, poluição, uso do solo, extração da água,

desmatamentos, construções de barragens, reservatórios, indústrias, as características da água (velocidade, profundidade, taxas de precipitação e etc.), as características do ambiente (altitude, vegetação, erosão e etc.), os tipos de sedimentos (rochas, folhas, troncos e etc.), as propriedades físicas e químicas da água (ph, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e etc.), além da interação entre as espécies, a morfologia, a presença de alimentos e a introdução de espécies exóticas (Longo-Sánchez; Blanco 2009).

Os traços funcionais das espécies e suas interações com o meio, possuem efeitos importantes no funcionamento dos processos ecossistêmicos (Días; Cabido, 2001). Esses traços que podem ser de natureza morfológica, fisiológica e/ou comportamental, são utilizados na classificação das espécies em diferentes grupos funcionais (Tilman, 2001). Uma das categorizações é em relação à alimentação, que pode ocorrer através da herbivoria (consumo de plantas ou algas), detritivoria (consumo de partículas de matéria orgânica, microrganismos ou detritos) ou carnivoria (consumo de organismo animal vivo), sendo as espécies classificadas em: trituradoras, coletoras, raspadoras, predadoras, filtradoras, perfuradoras ou onívoras (Cummins, 1973).

Os alimentos presentes nos ecossistemas aquáticos, podem ser divididos em quatro tipos principais: matéria orgânica fragmentada grossa (tamanho superior a 1mm, como restos de plantas, folhas, galhos, pedaços de troncos, macrófitas e etc), matéria orgânica fragmentada fina (entre 0,5 μ m e 1 mm, constituída normalmente por tecido vivo), perífiton (principalmente algas), além da predação (principalmente de espécies menores por espécies maiores) (Merritt; Cummins, 2006).

Ainda, de acordo com Merritt e Cummins (2006), constituem exemplos de famílias que se alimentam de matéria orgânica fragmentada grossa, os trituradores (Tipulidae, Pteronarcyidae, Limnephilidae), de matéria orgânica fragmentada fina, os Coletores-filtrantes (Simuliidae, Hydropsychidae, Brachycentridae) e os Coletores-coletores (Chironomidae, Ephemerellidae, Ephemeridae), os que se alimentam de perífiton que são raspadores (Heptageniidae, Glossosomatidae, Psephenidae) e como exemplos de predadores, tem-se (Perlidae, Corydalidae, Gomphidae).

Com relação à qualidade da água, os macroinvertebrados podem ser classificados em: sensíveis (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), tolerantes (Bivalvia, Lepidoptera, Heteroptera, Prosobranchia e Coleoptera) ou resistentes (Diptera, Oligochaeta, Hirudinea e Pulmonares) (Tampo et al., 2021).

Outra classificação relevante é em relação ao tipo de locomoção, podendo ser classificados, em: patinadores, escavadores, escaladores, espalhadores, agarradores e nadadores, (Poff et al., 2006). Além também de outros traços funcionais importantes, como voltinismo (número de reproduções de uma espécie dentro de um ano, podendo ser bi, semi ou multivoltino), desenvolvimento (podendo ser rápido, lento, ou não sazonal), tempo de vida adulta (podendo ser longa, curta ou muito curta), dispersão (baixa ou alta), rastreamento (alta, baixa ou muito baixa), capacidade de natação (forte, fraca, nenhuma), respiração (tegumentar, brânquias, plastrão etc.), forma (simplificada ou não simplificada), tamanho durante a maturidade (pequeno, médio, grande), preferência térmica (fria, quente), reofilia (deposicional, deposicional erosiva ou só erosiva), dentre outras (Poff et al., 2006).

Ainda de acordo com Poff et al. (2006), os estudos que consideram os traços funcionais constituem uma abordagem muito rica, pois conseguem retratar as respostas evolutivas dos organismos aos filtros ambientais. Porém, é preciso certa cautela, ao considerar quais características serão utilizadas, de forma que venham a ser escolhidas as características que tenham um maior potencial de retratar a melhor correlação entre as características funcionais dos grupos de macroinvertebrados com o ecossistema alvo do estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa foi analisar a diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos no Reservatório de Sobradinho-BA, bem como sua importância para manutenção do equilíbrio aquático do reservatório.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a importância funcional dessas comunidades para o Reservatório de Sobradinho-BA.
- Verificar se existem diferenças na diversidade funcional entre o centro e a margem do reservatório

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Reservatório de Sobradinho, situado na Bahia, é parte integrante do Submédio São Francisco, a cerca de 40 km das cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE (Figura 1). O reservatório possui dentre suas principais características área de 4.214 km², volume total de 34.116 km³, vazão regularizada de 2.060 m³/s, capacidade de estocar mais de 34 bilhões de m³ de água, além de possuir cerca de 320 km de extensão. É descrito como um dos maiores lagos artificiais do mundo, constituindo-se de extrema importância para a produção de energia elétrica, o controle das cheias, o aumento da vazão mínima; além da regularização dos recursos hídricos, contribuindo para o pleno funcionamento das hidrelétricas.

Figura 1- Mapa do Reservatório de Sobradinho -BA

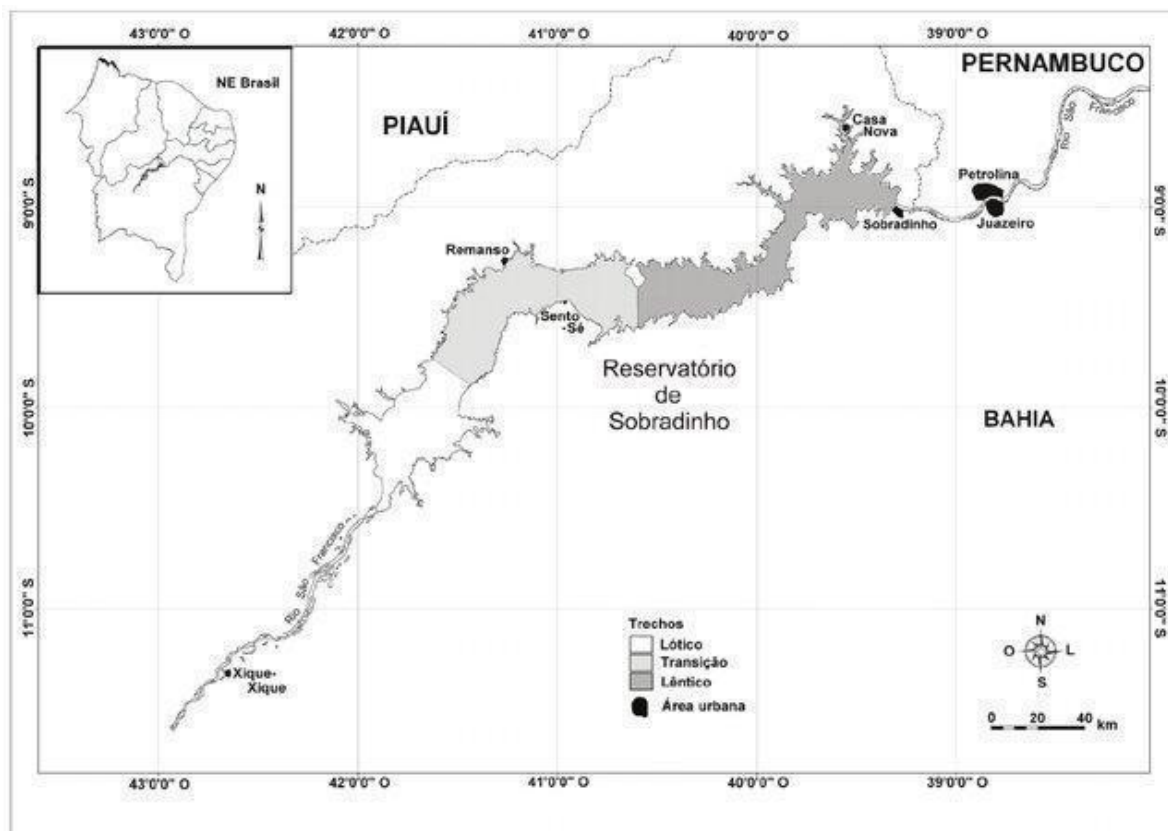


Figura disponível em Medeiros et. al (2014)

3.2 AMOSTRAGEM

A amostragem foi desenvolvida trimestralmente entre janeiro de 2007 a julho de 2009, no Reservatório de Sobradinho-BA, com o auxílio de um amostrador de garra Peterson adaptado (0,0345 m²). Foram amostrados cinco pontos no reservatório de Sobradinho, doravante denominados (SOB 06, SOB 09, SOB 12, SOB 14 e SOB 18), de maneira que, para cada ponto de amostragem, dois locais fossem amostrados: um no centro do reservatório (pontos identificados com a letra C, margem/região limnética) e outro na margem (pontos identificados com a letra M), com o objetivo de examinar a área e retratar melhor as diversas características ambientais do reservatório. Detalhes da quantidade de pontos amostrados em cada local estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1 - Representação dos cinco pontos de amostragem, (centro e margem), ao longo dos anos de amostragem.

	2007		2008		2009		Total
	Centro	Margem	Centro	Margem	Centro	Margem	
SOB06	4	4	4	4	4	4	24
SOB09	4	4	4	4	4	4	24
SOB12	4	2	4	3	4	4	21
SOB14	4	4	4	4	4	4	24
SOB18	4	4	4	3	4	4	23

Fonte: Elaboração do autor.

A análise laboratorial foi conduzida utilizando todo material biológico amostrado, sendo lavados com água em diversas peneiras com as seguintes malhas: 2,0, 1,0 e 0,2 mm. Os macroinvertebrados presos pelas duas primeiras peneiras foram rapidamente retirados e conservados em etanol 70%, enquanto que os sedimentos presos na terceira peneira foram conservados em álcool 100%. Em seguida, o sedimento foi submetido a flotação em solução de NaCl para separar as partes orgânicas das inorgânicas e facilitar a quantificação e identificação dos macroinvertebrados.

Com auxílio de estereomicroscópio e microscópios ópticos, os macroinvertebrados bentônicos foram identificados e quantificados no menor nível taxonômico possível (seguindo Perez, 1988; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Dominguez & Fernandez, 2001; Thorp & Covich, 2001) e conservados em etanol 70%.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados amostrados foi conduzida de acordo com parâmetros de diversidade funcional descritos por Villéger; Mason; Moullot (2008). A saber: riqueza funcional (volume da área preenchida pela comunidade), uniformidade funcional (regularidade da distribuição da abundância no volume) e divergência funcional (divergência na distribuição da abundância no volume). Cada uma dessas medidas são independentes entre si. Foram feitos gráficos de média e erro padrão para cada um dos parâmetros, comparando os anos, a relação entre a margem e o centro do reservatório, bem como em relação aos pontos de amostragem. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2022). As análises de diversidade funcional foram realizadas por meio da função “dbFD” do pacote FD (Laliberté, Legendre, Shipley, 2014) e os gráficos por meio da função “lineplot.CI” do pacote sciplot (MORALES et al., 2020).

3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À RESISTÊNCIA

A classificação dos macroinvertebrados bentônicos quanto ao nível de resistência aos impactos ambientais foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica, conforme descrito em Goulart e Callisto (2003). Além disso, foram utilizadas contribuições de outros estudos, como: Abílio et al. (2005); Bogéa; Cordeiro; Gouveia (2005); Brito-Junior; Abílio; Watanabe (2015); Cividanes; Cividanes (2008); Correia et al. (2012); Corrêa et al. (1970); Costa et al. (2013); Dornfeld; Espíndola (2005); Ferreira (2014); Guimarães; Sigolo (2008); Hagenlund; Andersen; Mendes (2010); Jesus et al. (2021); Júnior (2014); Lima (2015); Meller; Kryszezun (2013); Mollusca Base (2023); Neiss; Hamada (2014); Ottoni et al. (2009); Pes et al. (2014); Pimenta et al. (2016); Pinho; Pepinelli (2014); Queiroz (2018); Reis; Filho; Silva (2012); Ribeiro (2014); Salles et al. (2014); Sanseverino; Nessimian (2008); Schilithz (2013); Silva et al. (2008); Trivinho-Strixino (2011); Trivinho-Strixino (2014).

4. RESULTADOS

Durante o período de amostragem, foram identificados 49 grupos taxonômicos distintos, conforme ilustrado na tabela 2. Entre eles, a subclasse Oligochaeta (Annelida) foi a mais abundante no reservatório de Sobradinho, correspondendo a aproximadamente 45% do

total de organismos coletados. Em seguida, destacaram-se os organismos do gênero *Melanoides* (Mollusca), representando 24% do total, e os do gênero *Corbicula* (Mollusca), com 18%. Por outro lado, os grupos menos representativos incluíram organismos das famílias Hydridae (Cnidaria), Dytiscidae (Arthropoda), Corixidae (Arthropoda), Leptoceridae (Arthropoda), além de organismos do gênero *Anodontites* (Mollusca). Esses grupos foram tão raros que, devido à sua baixa abundância em relação ao total, foram registrados com 0%.

Tabela 2 - Classificação dos macroinvertebrados bentônicos identificados com base no grupo de resistência: R (resistente), T (tolerante), S (sensível), N/C (não classificado), nos trechos onde foram encontrados: C (centro), M (margem), C/M (centro e margem), juntamente com a proporção correspondente de cada grupo.

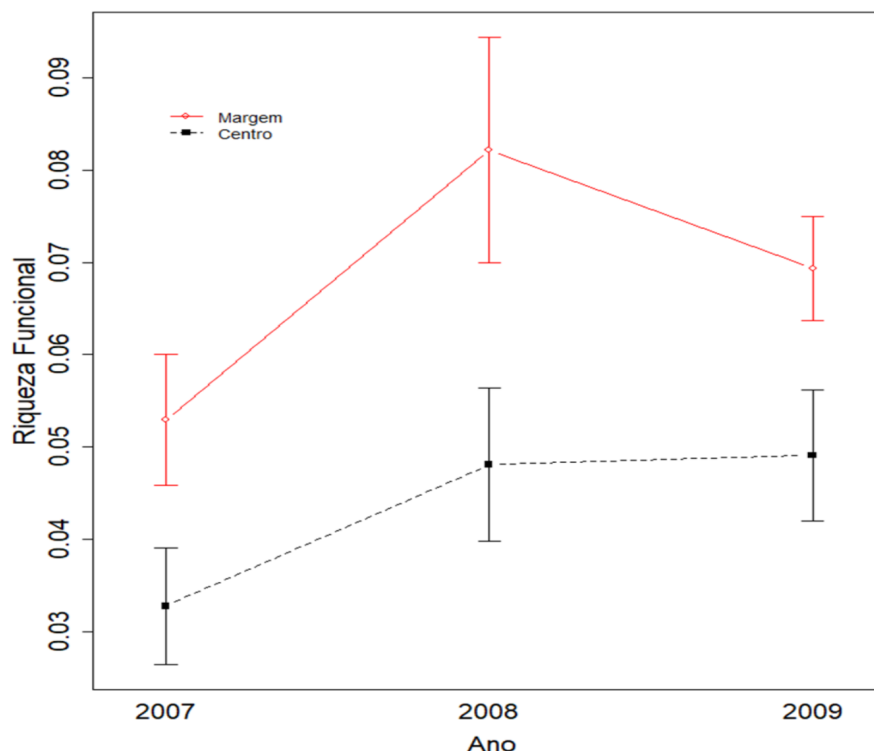
Classificação Taxa	Grupo Resistência	Trecho	Porcentagem (%)
Oligochaeta (Annelida)	R	C/M	45,89%
<i>Melanoides</i> (Mollusca)	T	C/M	24,48%
<i>Corbicula</i> (Mollusca)	T	C/M	18,56%
<i>Polypedilum</i> (Chironomidae)	R	C/M	1,52%
<i>Aylacostoma</i> (Mollusca)	T	C/M	1,37%
<i>Asolene</i> (Mollusca)	T	C/M	1,07%
<i>Fissimentum</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,75%
<i>Dicrotendipes</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,74%
<i>Tanytarsus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,69%
Hirudinea (Annelida)	R	C/M	0,63%
Polymitarcyidae (Ephemeroptera)	S	C/M	0,57%
<i>Chironomus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,39%
Turbellaria (Platyhelminthes)	N/C	C/M	0,36%
<i>Biomphalaria</i> (Mollusca)	T	C/M	0,35%
<i>Djalmabatista</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,30%
<i>Coelotanypus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,29%
Caenidae (Ephemeroptera)	S	C/M	0,27%
<i>Pisidium</i> (Mollusca)	T	C/M	0,22%
<i>Aedokritus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,19%
Elmidae (Coleoptera)	T	C/M	0,16%
<i>Ablabesmya</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,15%
<i>Axarus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,14%
Ceratopogonidae (Diptera)	R	C/M	0,11%
<i>Diplodon</i> (Mollusca)	T	C/M	0,10%
<i>Goeldichironomus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,10%
<i>Lopescladius</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,09%

Hydrophilidae (Coleoptera)	T	M	0,06%
<i>Microchironomus</i> (Chironomidae)	R	C	0,05%
Complexo <i>Harnischia</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,05%
<i>Cricotopus</i> (Chironomidae)	R	M	0,05%
Chaoboridae (Diptera)	R	C	0,04%
Gomphidae (Odonata)	T	C/M	0,04%
<i>Cryptochironomus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,04%
<i>Idiopyrgus</i> (Mollusca)	T	C/M	0,03%
<i>Caladomyia</i> (Chironomidae)	R	M	0,02%
Polycentropodidae (Trichoptera)	S	M	0,02%
<i>Pomacea</i> (Mollusca)	T	C/M	0,02%
Hydroptilidae (Trichoptera)	S	C/M	0,01%
<i>Parachironomus</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,01%
<i>Onconeura</i> (Chironomidae)	R	C/M	0,01%
<i>Physa</i> (Mollusca)	T	M	0,01%
<i>Clinotanypus</i> (Chironomidae)	R	M	0,01%
<i>Labrundinea</i> (Chironomidae)	R	M	0,01%
<i>Nilothauma</i> (Chironomidae)	R	M	0,01%
Leptoceridae (Trichoptera)	S	M	0,00%
<i>Anodontites</i> (Mollusca)	T	C	0,00%
Corixidae (Hemiptera)	T	M	0,00%
Dytiscidae (Coleoptera)	T	C	0,00%
Hidryidae (Cnidaria)	N/C	M	0,00%

Fonte: Elaboração do autor.

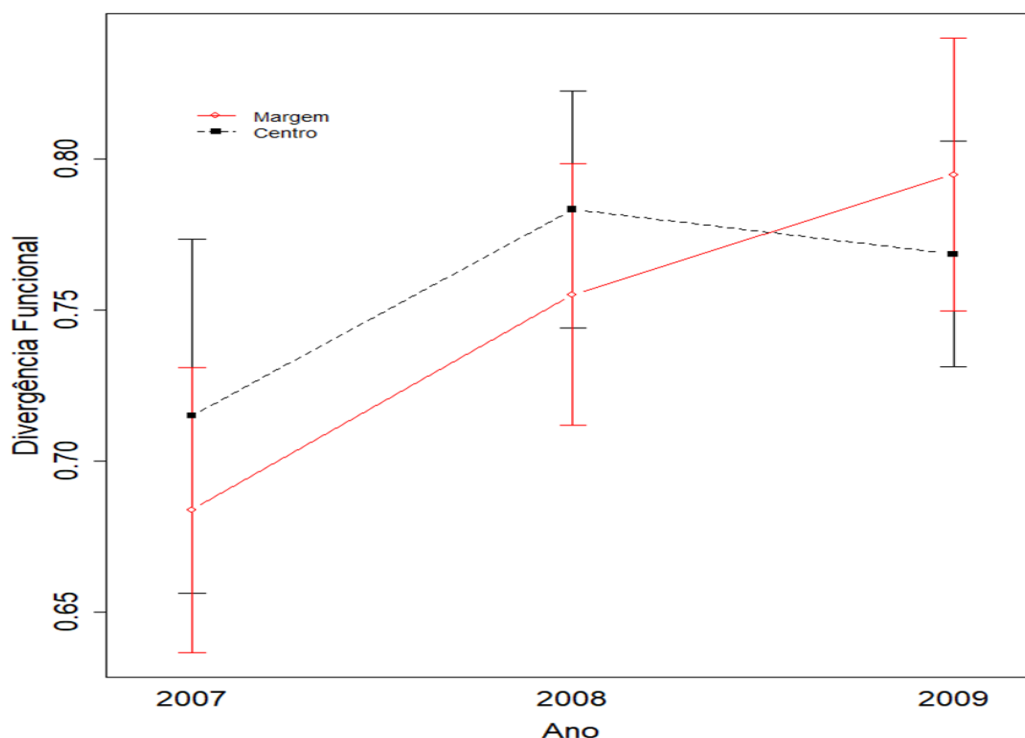
A figura 2 representa a análise da riqueza funcional dos macroinvertebrados bentônicos, comparando os locais amostrados do centro do reservatório em relação à margem, durante os três anos de amostragem. Nela é possível verificar que durante os anos de janeiro de 2007 a julho de 2009 a média da riqueza funcional foi maior na margem em relação ao centro do reservatório. Sendo possível observar um aumento considerável da proporção de riqueza funcional da margem, durante os anos de 2007 a 2008, quando se atingiu o pico da riqueza, seguido por um decréscimo em relação a 2009. Já no centro, também é possível verificar um aumento da riqueza durante 2007 a 2008, mas diferente da margem, não houve declínio da proporção de riqueza em relação a 2009, permanecendo constante.

Figura 2 - Média e erro padrão da riqueza funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem.



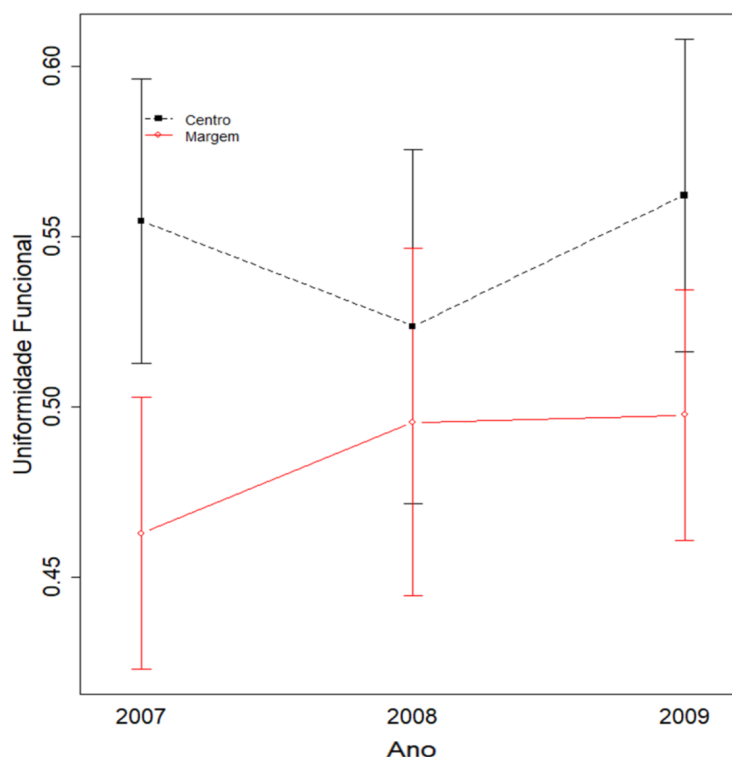
A figura 3 mostra a relação de divergência funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrados da margem em relação ao centro do reservatório. Observa-se que durante os anos de 2007 a 2008 houve uma maior média de divergência funcional no centro do reservatório, seguido por um declínio em relação a 2009. Já a margem apresentou menores médias de divergência funcional entre 2007 e 2008, quando comparadas com o centro, seguido de um considerável aumento entre 2008 a 2009, quando atingiu a maior média entre os pontos amostrados.

Figura 3 - Média e erro padrão da divergência funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período amostral.



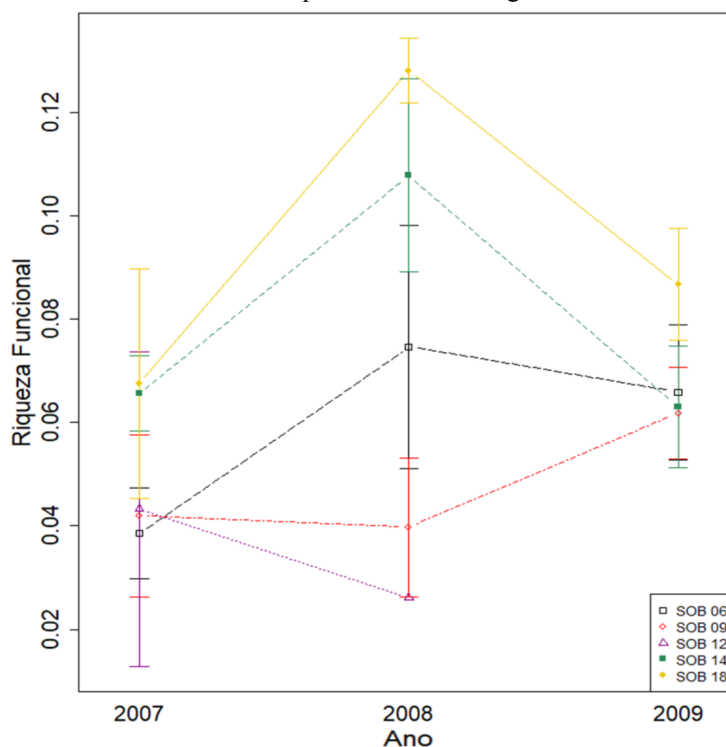
A figura 4, exibe a comparação de uniformidade funcional, entre os pontos amostrados na margem e no centro do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem. É possível verificar que houve uma maior uniformidade (regularidade), de distribuição de macroinvertebrados no centro em relação à margem do reservatório em todos os anos de amostragem. Além disso, é possível verificar que entre 2007 e 2008, no centro, houve um declínio da média de uniformidade funcional, seguido por um aumento em 2009. Já a margem, mesmo apresentando uma menor uniformidade funcional na distribuição de macroinvertebrados, apresenta um aumento na média entre 2007 e 2008, seguido por uma constância entre 2008 e 2009.

Figura 4 - Média e erro padrão da uniformidade funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre o centro e a margem do reservatório de Sobradinho-BA, durante o período amostral.



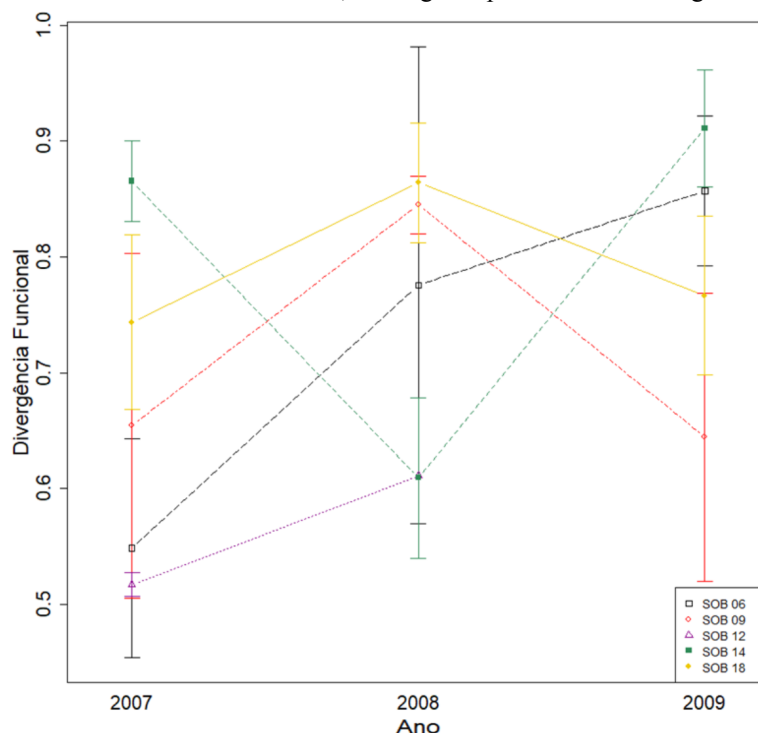
A figura 5 apresenta a relação de uniformidade funcional entre os pontos amostrados na margem do Reservatório de Sobradinho-BA. É possível observar que em SOB18M apresenta a maior média de riqueza funcional durante todo o período amostral. Durante os anos de 2007 a 2008 o ponto SOB18M apresenta um grande aumento na média da riqueza funcional, seguido por um declínio considerável entre 2008 e 2009. Em seguida, vem SOB14M, com a segunda maior média de riqueza funcional durante os anos de 2007 a 2008, e assim como SOB18M, também apresenta uma forte queda na média da riqueza funcional entre 2008 a 2009, terminando em terceiro. Enquanto que SOB06M, mesmo possuindo a menor média de riqueza funcional em 2007, desenvolve um aumento relativo até 2008, seguido por uma leve queda da média até 2009, terminando com a segunda maior riqueza funcional. Já SOB09M, que inicia a amostragem com a segunda menor média entre 2007 a 2008, e obtendo aumento na média a partir de 2008, termina com a menor média de riqueza funcional em 2009 entre os pontos amostrados.

Figura 5 - Riqueza funcional entre os pontos amostrados da margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem.



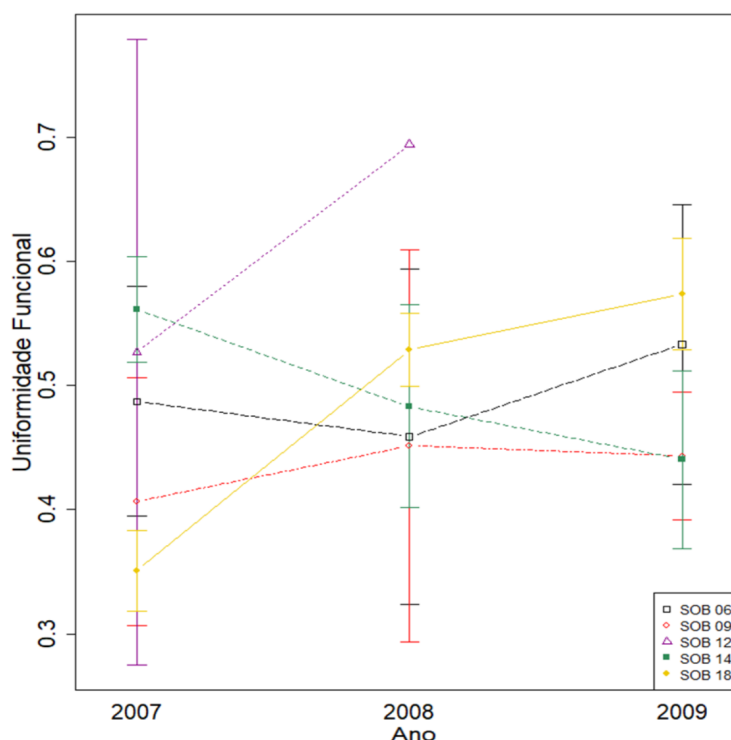
A figura 6 descreve a relação entre divergência funcional e os pontos amostrais da margem do reservatório de Sobradinho-BA, considerando todo o período de amostragem. Nele, é possível verificar diversas variações nos pontos amostrais, por exemplo, em (SOB14M), que durante os anos, entre 2007 a 2008 apresenta uma redução considerável na média de divergência funcional, seguido por um aumento relativo entre 2008 a 2009, quando atinge a maior média de divergência funcional dentre todos os pontos amostrais. Enquanto que (SOB18M), também apresenta grande variação de divergência funcional, só que de forma contrária a (SOB14M), pois, (SOB18M), entre os períodos de 2007 a 2008, apresenta aumento relativo na média de divergência funcional, seguido por redução considerável entre os anos de 2008 a 2009, atingindo terceira maior média de divergência funcional. De forma semelhante, (SOB09M), durante os anos de 2007 a 2008, assim como (SOB18M), também apresentou aumento relativo de sua média de divergência funcional, seguido por um grande decréscimo entre os períodos de 2008 a 2009, alcançando a menor divergência funcional dentre os pontos amostrados. Já (SOB06M), diferente dos demais locais, apresentou aumento em todos os períodos, sendo que entre o período entre 2007 a 2008, o local apresentou um aumento de maior expressão, seguido por um aumento de menores proporções entre os períodos de 2008 a 2009.

Figura 6 - Divergência funcional de macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais da margem do Reservatório de Sobradinho, ao longo do período de amostragem.



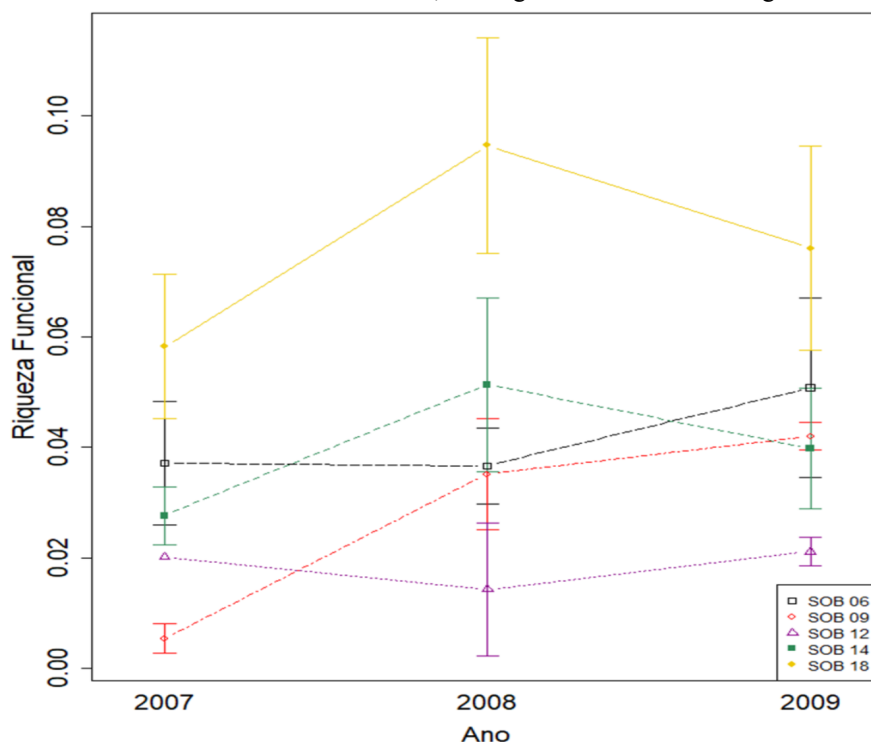
A figura 7, apresenta a relação entre uniformidade funcional e os pontos amostrais na margem do reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem. Com destaque para SOB18M que em 2007 apresentava a menor média de uniformidade funcional e obteve aumento relativo entre os períodos de 2007 a 2008 e 2008 a 2009, quando atingiu a maior média de uniformidade funcional dentre os pontos amostrais. Enquanto que SOB06M, apresentou redução em sua média de uniformidade funcional entre 2007 a 2008, seguido por aumento considerável entre 2008 a 2009, quando atinge a segunda maior média de uniformidade funcional para margem. Já (SOB09M), que inicia 2007 com a segunda menor média de uniformidade funcional, apresenta certo aumento entre 2007 a 2008, seguido por uma estabilização entre 2008 a 2009.

Figura 7 - Uniformidade funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais da margem do Reservatório de Sobradinho-BA, durante o período de amostragem.



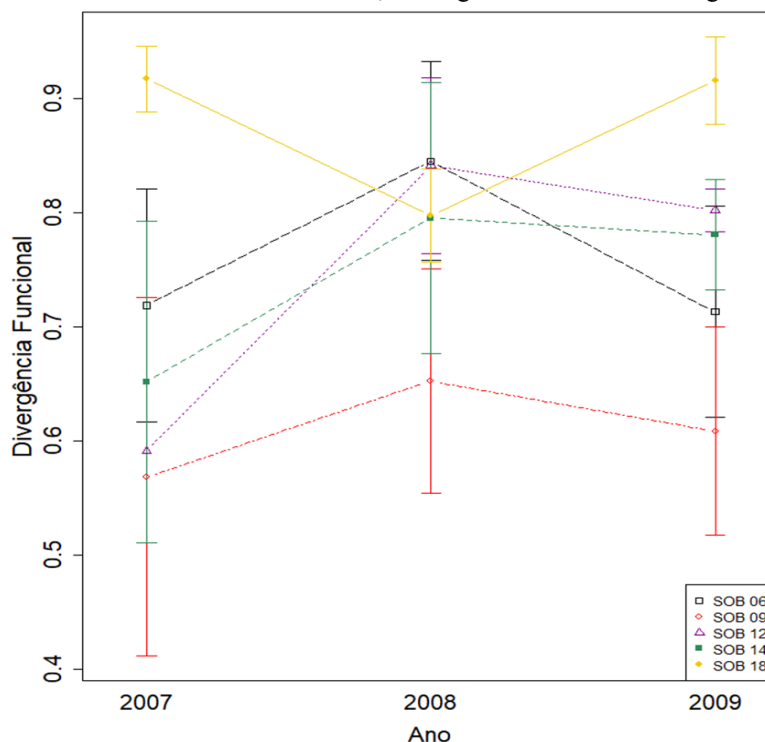
Na Figura 8, é possível verificar que (SOB18C), apresenta a maior média de riqueza funcional dentre os pontos amostrais do centro, com um aumento relativo entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um decréscimo considerável entre 2008 a 2009. Em seguida, (SOB06C), que inicia 2007, com a segunda maior média de riqueza funcional, segue estabilizado até 2008; quando ocorre um aumento relativo entre os períodos de 2008 a 2009, ficando com a segunda maior média dentre os pontos amostrais. Por outro lado, em (SOB14C), houve grande aumento em sua média de riqueza funcional entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um declínio entre 2008 a 2009, terminando com a segunda menor média de riqueza funcional. Já (SOB09C), que inicia a amostragem com a menor média de riqueza funcional, apresenta aumento considerável entre todo o período de amostragem, sendo esse crescimento maior entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um leve crescimento entre 2008 a 2009, quando atinge a terceira maior média entre os pontos amostrados. Por fim, (SOB12C), que possuía a segunda menor média de riqueza funcional em 2007, apresentou redução entre 2007 a 2008, seguido por um aumento entre 2008 a 2009, atingindo a menor riqueza funcional no final do período de amostragem.

Figura 8 - Riqueza funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem.



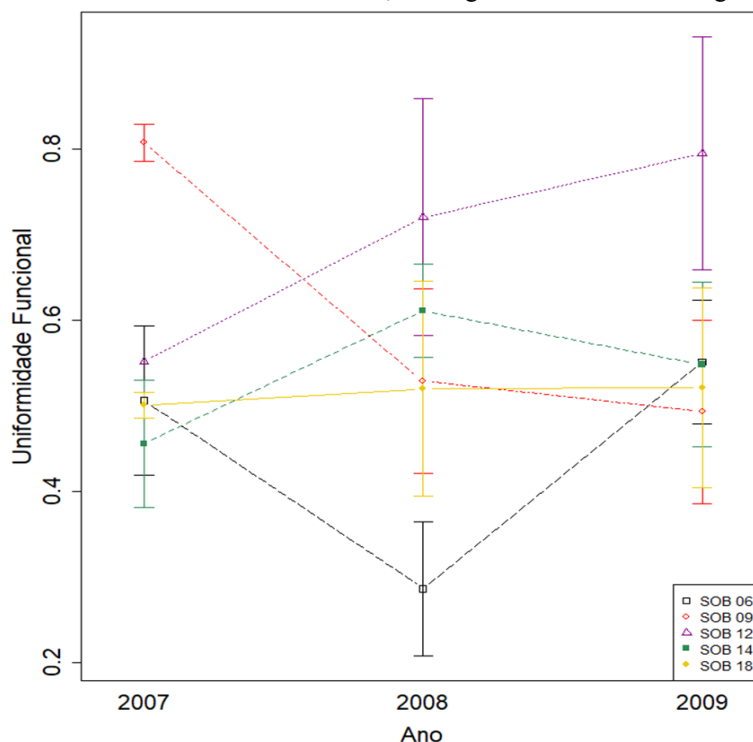
A figura 9, explica a relação entre a divergência funcional e os pontos amostrais do centro do reservatório, nos anos de amostragem. Nele é possível observar que em (SOB18C), que inicia a amostragem com a maior média de divergência funcional, ocorre um declínio em sua média entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um aumento relativo entre 2008 a 2009, terminando com a maior divergência entre os pontos amostrais. Em (SOB12C), que inicia 2007 com a menor média de divergência funcional, apresenta grande aumento entre os anos 2007 a 2008, seguido por um leve decréscimo entre 2008 a 2009, atingindo no final a segunda maior média de divergência funcional. Enquanto que (SOB14C), ocorre grande aumento entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um leve declínio (quase uma estabilização), entre 2008 a 2009, quando atinge a terceira maior média de divergência funcional. Já (SOB06C), que inicia 2007, com a segunda maior média de divergência funcional, apresenta aumento considerável em sua média, entre os períodos de 2007 a 2008, seguido por um forte declínio entre 2008 a 2009, ficando com a segunda menor média de divergência funcional. E por fim, (SOB09C), que possui a menor média de divergência funcional, durante todo o período de amostragem, apresenta certo aumento entre os anos de 2007 a 2008, seguido por um leve declínio entre os anos de 2008 a 2009.

Figura 9 - Divergência funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem.



A figura 10, apresenta a relação entre uniformidade funcional e os pontos amostrais do centro do reservatório, durante o período de amostragem. Nesse sentido, é possível verificar que em (SOB12C), houve crescimento na média de uniformidade funcional em todos os anos de amostragem, principalmente entre 2007 a 2008, quando ocorre o maior aumento, seguido pelos anos de 2008 a 2009, com um aumento menor em relação ao período anterior, atingindo a maior média de uniformidade funcional dentre os pontos amostrais. Enquanto que (SOB06C), que em 2007, possuía a terceira menor média de uniformidade funcional, apresentou grande declínio durante os anos de 2007 a 2008, seguido por um grande aumento entre 2008 a 2009, terminando com média semelhante a (SOB14C), que possuía em 2007 a menor média de uniformidade funcional entre todos os pontos amostrais, tendo obtido depois aumento relativo durante os anos de 2007 a 2008, seguido por um leve declínio entre 2008 a 2009. Já (SOB18C), apresentou um certo padrão de constância em todos os períodos de amostragem, com um leve aumento entre 2007 a 2008, seguido por uma estabilidade entre 2008 a 2009, atingindo a segunda menor média de uniformidade funcional. E por último, (SOB09C), que no período de 2007, possuía a maior média de uniformidade funcional, apresentou grande declínio durante os anos de 2007 a 2008, seguido por uma leve redução entre 2008 a 2009, atingindo a menor média, entre os pontos amostrais.

Figura 10 - Uniformidade funcional dos macroinvertebrados bentônicos, entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho-BA, ao longo dos anos de amostragem.



5. DISCUSSÃO

A constatação de uma maior riqueza funcional de macroinvertebrados bentônicos na margem do Reservatório de Sobradinho-BA, em comparação ao centro, pode estar relacionada à maior presença de matéria orgânica, que normalmente, se armazena ou são lançadas nas margens dos ecossistemas aquáticos. Borges, et al. (2007), em pesquisa feita no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Pedra-BA, com objetivo de realizar a caracterização dos macroinvertebrados bentônicos em diferentes pontos do reservatório, também obteve uma maior concentração de organismos nas margens, tendo como possível explicação uma maior deposição de matéria orgânica nesta área do reservatório.

Outra possibilidade que pode explicar a maior riqueza funcional nas margens do reservatório pode estar relacionada a heterogeneidade de habitat, pois habitats heterogêneos têm maiores chances de comportar um maior número de organismos, do que habitats homogêneos (MacArthur; MacArthur 1961). Além também da complexidade de habitat, que estabelece que habitats mais complexos têm maiores possibilidades de abrigar um maior

número de organismos em relação a habitats mais simples (Hixon; Menge 1991). Em ambos os casos, a margem do Reservatório de Sobradinho poderia se configurar em um habitat mais heterogêneo e complexo em relação ao centro, pois, geralmente a margem apresenta mais variados tipos de sedimentos, como: pedaços de troncos, folhas, pedras, macrófitas aquáticas, algas, dentre outros, proporcionando uma maior riqueza funcional.

Dessa forma, a maior abundância encontrada de oligoquetas (minhocas) pode ser um indicador da alta concentração de matéria orgânica nos pontos de amostragem. De acordo com Goulart e Callisto (2003), os oligoquetas são considerados organismos bastante resistentes à poluição ambiental, aptos a sobreviverem em situações de baixíssimas concentrações de oxigênio (anóxia), ou até mesmo sem a presença de oxigênio, durante horas. Além disso, são considerados detritívoros, já que tem na matéria orgânica presente nos sedimentos sua principal forma de alimentação. Além de serem fossoriais (cavadores), o que contribui para sua sobrevivência em diferentes tipos de habitats.

Outros organismos dos mais encontrados incluem aqueles do gênero *Corbicula* (Mollusca), que se destacam pela alta capacidade de dispersão na água, respiração branquial, grande tamanho corporal e serem classificados como coletores-filtradores, uma vez que se alimentam de matéria orgânica fragmentada fina, geralmente proveniente de tecidos vegetais vivos (Merritt; Cummins 2006). Também estão presentes organismos do gênero *Melanoides* (Mollusca), que, assim como os do gênero *Corbicula*, possuem respiração branquial e um tamanho corporal considerável. No entanto, eles diferem em sua dieta, pois são detritívoros-trituradores, alimentando-se de matéria orgânica fragmentada mais grossa, como restos de plantas, folhas, galhos, pedaços de troncos e macrófitas, entre outros (Merritt; Cummins 2006).

A predominância desses organismos pode estar relacionada ao estado ecológico do reservatório no momento da coleta, evidenciado pela significativa presença de organismos resistentes e tolerantes aos impactos ambientais, conforme mostrado na Tabela 2. Ao analisarmos todos os grupos, observamos a seguinte distribuição: 52,29% dos organismos são classificados como resistentes, 46,47% como tolerantes, enquanto os grupos Turbellaria

(Platyhelminthes) e Hydridae (Cnidaria) não puderam ser classificados em termos de resistência, representando 0,36%. Além disso, menos de 1% foi considerado sensível aos impactos ambientais, o que indica que as águas analisadas podem ter sofrido com algum tipo de impacto ambiental.

Em relação a divergência funcional, esta apresentou sobreposição em todos os anos de amostragem conforme mostra a figura 3, isso significa que a divergência funcional (entendida como a forma em que os organismos estão distribuídos funcionalmente no espaço amostral), não diferiu entre os períodos amostrais. A divergência funcional pode ser um indicador da ocupação e distribuição de macroinvertebrados bentônicos em diferentes nichos, o que pode contribuir para uma menor competição por alimentos, além de contribuir para uma maior riqueza funcional no ecossistema (Mason et al., 2005).

Quanto a uniformidade funcional (compreendida como a regularidade em que os organismos estão distribuídos funcionalmente no espaço amostral), conforme a figura 4, é possível verificar que durante o período de amostragem, a uniformidade também apresentou justaposição entre os anos de 2008 e 2009, o que indica que também foi independente em relação aos anos e aos pontos de amostragem, tendo sido a uniformidade maior no centro e menor na margem durante o período de amostragem. Uma maior uniformidade funcional indica organismos muito semelhantes funcionalmente, ou seja, diversos organismos que desempenham papéis muito parecidos, o que caracteriza um ambiente com menor riqueza funcional, o que vai de acordo com os resultados da figura 2, de maior riqueza funcional na margem do reservatório e menor riqueza funcional no centro (Mason, et al., 2005).

As figuras 5, 6 e 7 mostram a relação entre riqueza funcional, divergência funcional e uniformidade funcional, entre os pontos amostrais na margem do reservatório de Sobradinho-BA. Neles, é possível observar que todos os gráficos ficaram sobrepostos, ou seja, isso significa que esses índices independem dos pontos amostrados. Da mesma forma, as figuras 8, 9 e 10, que apresentam a relação entre riqueza funcional, divergência funcional e uniformidade funcional entre os pontos amostrais do centro do Reservatório de Sobradinho,

também ocorrem sobreposições nas amostras, o que as caracteriza como independentes dos pontos de amostragem.

Com exceção para SOB18C, conforme mostra a figura 8, onde no período de 2008 não há registro de sobreposição de dados, tendo o referido ponto apresentado uma alta riqueza funcional em comparação aos demais pontos de amostragem do centro do reservatório. Nesse sentido, o que pode explicar a maior riqueza funcional de SOB18C, em relação aos outros pontos amostrais do centro, foi a maior presença de alguns organismos, dentre eles organismos pertencentes ao gênero *Aedokritus* (ordem: Diptera, família: Chironomidae), que se caracterizam por possuírem alta capacidade dispersão no ecossistema aquático, através dos movimentos das águas que os carregam; respiração branquial, tamanho corporal pequeno, e serem classificados como coletores-coletores, pois se alimentam de matéria orgânica fina (Dominguez; Fernandez, 2001; Merritt; Cummins, 1996; Merritt; Cummins 2006; Perez, 1988; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Thorp & Covich, 2001). Organismos do gênero *Biomphalaria* (classe: Gastropoda, filo: Mollusca), que possuem respiração por pneumostômio, apresentam tamanhos grandes e constituem-se seres herbívoros.

Outro fator importante, é que SOB18C (2008), também apresentou a presença de organismos exclusivos, que não apareceram em outros pontos do centro do Reservatório de Sobradinho. É o caso de organismos da família Chaoboridae (ordem: diptera, classe: insecta), que se caracteriza por possuir baixa dispersão na água, respiração tegumentar, tamanho corporal médio e serem classificados como predadores (Dominguez; Fernandez, 2001; Merritt; Cummins, 1996; Merritt; Cummins 2006; Perez, 1988; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Thorp & Covich, 2001). Além de organismos da família Dytiscidae (ordem: coleóptera, classe: insecta), que possuem alta dispersão no ambiente aquático, câmara de ar que os auxiliam na respiração, tamanho corporal médio e também se constituírem organismos predadores. E por último, organismos do gênero *Dicrotendipes* (família: Chironomidae, ordem: diptera), que são descritos por possuírem alta dispersão nos ecossistemas aquáticos, muitas vezes contando com o auxílio do movimento das águas, respiração branquial, tamanho corporal pequeno e se alimentarem de matéria orgânica fina, sendo então classificados como coletores-coletores.

Em relação a SOB12 margem, nas figuras 5 (uniformidade funcional), 6 (divergência funcional) e 7 (uniformidade funcional), ocorre uma interrupção nas linhas. Isso pode ser explicado de acordo com a tabela 1, onde durante o período de 2007 e 2008, as amostras de SOB12 margem, não puderam ser coletadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas em ecossistemas aquáticos, compõem uma abordagem rica em descobertas e aprendizagem. É essencial que cada vez mais novos estudos venham ser desenvolvidos com objetivos de preservar, conservar e valorizar o nosso recurso natural mais importante, tanto em ecossistemas de águas salgada (mar e oceanos), quanto em ecossistemas de água doce (rios, lagos, córregos, reservatórios e etc.), por meio da limnologia e outras áreas da ciência.

Esta pesquisa contribui com esses objetivos, além de abordar um pouco mais sobre os diversos impactos que vêm ocorrendo em ecossistemas de água doce., causados principalmente por ações antrópicas, que vem contaminando, desperdiçando e mal utilizando a água, tornando-a escassa em vários lugares do mundo. O Brasil, por ter a maior reserva natural de água doce do mundo, tem nas usinas hidrelétricas sua principal fonte de energia, o que contribui para que grandes reservatórios sejam construídos e que a água seja destinada principalmente para essa finalidade, além do próprio abastecimento público, industrial e agropecuário.

Dentre as grandes construções, o Reservatório de Sobradinho, construído na década de 70, e que se tornou um dos maiores lagos artificiais do mundo, foi responsável por uma série de impactos ambientais, sociais e econômicos, dentre eles, a inundação de alguns municípios. Atualmente o reservatório é um dos grandes produtores de energia elétrica da região nordeste e parte importante das várias usinas geridas pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF). Todavia, a fim de preservar e gerir melhor o reservatório, pesquisas relacionadas à saúde e conservação são necessárias, dentre elas o estudo da diversidade funcional de macroinvertebrados bentônicos, constitui-se como uma das mais bem eficazes.

Os resultados da pesquisa mostraram a grande riqueza funcional encontrada principalmente na margem do reservatório de Sobradinho, assim como os parâmetros de divergência funcional e uniformidade funcional, que contribuem para compreender melhor o estado de saúde e conservação do reservatório. A grande abundância de Oligochaetas e os demais organismos citados, contribuem para uma rica diversidade de organismos que desempenham papéis fundamentais na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, bioturbação, cadeia alimentar e preservação do ecossistema aquático.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F., J., P., et al. Chironomus gr. decorus (Diptera: Chironomidae) E Outros Insetos Aquáticos De Um Açude Temporário Do Semi-Árido Paraibano, Brasil. **Rev. Entomol**, 2005, p. 233- 242.

AGOSTINHO, Angelo; THOMAZ, Sidinei; GOMES, Luiz. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Rev. Megadiversidade**. v. 1, nº1, Julho 2005.

ALBANO, Maria Luiza C. Barragem de Sobradinho e a inundação da cidade de Casa Nova/BA: uma (outra) narrativa a respeito do “desenvolvimento” no sertão baiano. 42º Encontro Anual da ANPOCS. Universidade Federal da Paraíba UFPB, 2018, p.1-24.

AMARAL, Adzamara Rejane Palha; SANTOS, Juracy Marques. A Barragem de Sobradinho e os atingidos de Sento-Sé BA. Anais CONADIS. Campina Grande: **Realize Editora**, 2018.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. São Francisco. Disponível em:<<https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>> Acesso em 28 de Março de 2024.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Com maior reservatório do Nordeste, hidrelétrica de Sobradinho-BA volta a registrar 100% de armazenamento pela primeira vez. 2022, Disponível em:<[Com maior reservatório do Nordeste, hidrelétrica de Sobradinho \(BA\) volta a registrar 100% de armazenamento pela primeira vez desde 2009 —](#)

[Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/ana)> Acesso em 28 de Março de 2024.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, Jun. 2012.

BAPTISTA, Darcilio Fernandes. Uso De Macroinvertebrados Em Procedimentos De Biomonitoramento Em Ecossistemas Aquáticos. **Oecol. Bras.**, 12 (3), 2008, p. 425-441.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 4, n. 1, Taubaté, SP, Brasil, jan-abr/2008, p. 75-108.

BIASI, C., et al., The colonisation of leaf litter by Chironomidae (Diptera): The influence of chemical quality and exposure duration in a subtropical stream. *Limnologica*, 2013, p. 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2013.01.006>

BOGÉA, T.; CORDEIRO, F., M.; GOUVEIA, J., S. *Melanoides Tuberculatus* (Gastropoda: Thiariidae) As Intermediate Host Of Heterophyidae (Trematoda: Digenea) In Rio De Janeiro Metropolitan Area, Brazil. **Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo**, 47(2), 2005, p. 87-90.

BORGES, H., L., F.; et al. Invertebrados Bentônicos Do Reservatório Da Usina Hidroelétrica De Pedra/Ba - Estudos Preliminares. **Sociedade De Ecologia Do Brasil**, Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu - MG, 23 a 28 de Setembro de 2007, p. 1-2.

BOSA, Cláudia Regina. **Ensino da diversidade da vida animal: invertebrados**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 18 dez. 2023.

BRITO-JUNIOR, L.; ABÍLIO, F. J. P; WATANABE, T. Insetos aquáticos do açude são José dos Cordeiros (Semi-Árido Paraibano) com ênfase em Chironomidae. **Entomol. Vect**, 12 (2), 2005, p.149 - 157.

CARIG, Elizabeth; CARIG, Joel; MANUEL, Ryan. Diversity and Functions of Benthic Macroinvertebrates in Relation to Water and Riparian Conditions in Riverine Channels of Eden and Dibibi, Quirino, Philippines. **Asian Journal of Biodiversity**. Vol. 13 January 2022.

CHESF. Sobradinho. Disponível em: <<https://www.chesf.com.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Sobradinho.aspx>> Acesso em 24 de Março de 2024.

CIVIDANES, F., J.; CIVIDANES, T., M., D., S. Distribuição de Carabidae e Staphylinidae em Agroecossistemas. **Pesquisa agropec. Bras.**, Brasília, v. 43, n. 2, 2008, p. 157-162.

CORRÊA, R., R., et al. Dispersão de Biomphalaria Straminea, Hospedeira Intermediária do SCHISTOSOMA MANSONI, Através da Distribuição de Peixes. **Rev. Saúde Pública São Paulo**, 1970, p. 117-127.

CORREIA, Magaly de Fátima; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. Variação do nível do reservatório de Sobradinho e seu impacto sobre o clima da região. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.1, 2003, p.157-168.

CORREIA, J., M., S., et al. Malacofauna Limnética Da Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós. **Centro de Tecnologia Mineral**, 2012, p 139-162.

COSTA, J., C., et al. Espécies de Culicoides (Diptera; Ceratopogonidae) e hospedeiros potenciais em área de ecoturismo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. Ver. **Pan-Amaz Saúde**, 4(3), 2013, p. 11-18.

CUMMINS, W. K. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of Entomology** 18(1), 1973, p. 183-206.

CRUZ, Castro H.; FABRIZY, N. L. P. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**, vol. 4, nº 1, 1995, p. 1-7.

DIAZ, S; CABIDO, M. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, 16. 2001, p. 646-655.

DOMINGUEZ, E.; FERNANDEZ, H., R. Guia para La determinacion de los artropodos bentônicos sudamericanos. Tucuman, Universidad Nacional de Tucuman, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.

DORNFELD, C. B. & ESPÍNDOLA, E. L. G. Avaliação da Eutrofização e sua Relação com Chironomidae no rio Atibaia e Reservatório de Salto Grande (Americana, SP - Brasil). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 10. n 3, 2005, p 53-62.

ESTEVES, Francisco de Assis, et al. **Fundamentos da Limnologia**. Rio De Janeiro. Editora Interciência. 2º Edição. 1998.

ESTEVES, Francisco de Assis, et al. **Fundamentos Da Limnologia**. Rio De Janeiro. Editora Interciência. 3º Edição, 2011, p. 1-790

FERREIRA, JR., N. Ordem Coleoptera. **Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus. 2014**. p 349 - 376.

FIGUEIREDO-BARROS, M., P., et al. Bioturbação por Macroinvertebrados Bentônicos na Interface Sedimento-Água em Ambientes Lacustres Brasileiros: Uma Abordagem Experimental. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. São Carlos: Rima, 2005, p. 381-400.

FIRMINIANO, Kele et al. Functional responses of aquatic invertebrates to anthropogenic stressors in riparian zones of Neotropical savanna streams. **Science of the Total Environment**. 753, 2021.

GESSNER, M.O.; CHAUVET, E.; DOBSON, M. A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos*, 85, 1999, p.377- 384.

GIMENES, K., Z.; CUNHA-SANTINO, M., B; BIANCHINI JR, I. Decomposição De Matéria Orgânica Alóctone e Autóctone Em Ecossistemas Aquáticos. **Oecologia Australis**, 14(4), 2010, p. 1075-1112. Doi:10.4257/oeco.2010.1404.15.

GODINHO, Alexandre Lima; GODINHO, Hugo Pereira. Águas, Peixes e Pescadores Do São Francisco Das Minas Gerais. **PUC Minas**, Belo Horizonte - MG, 2003, p. 1-458.

GOULART, Michael; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudo de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**. Minas Gerais. ano 2, n. 1. 2003.

GRASSI, Marco Tadeu. As Águas do Planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, 2001, p. 31-40.

GUIMARÃES, V.; SÍGOLO, J., B. Detecção de contaminantes em espécie bioindicadora (Corbicula fluminea) - Rio de Iguape - SP. **Quim. Nova**, vol. 31, nº 7, 2008, p. 1696-1698.

HAGENLUND, L., K.; ANDERSEN, T.; MENDES, H., F. A new species of Djalmabatista Fittkau (Chironomidae, Tanypodinae) from Mato Grosso, Brazil. **Biota Neotrop.**, vol. 10, no. 3, 2010, p. 257-261.

HAUER, F. R; RESH, V. **Macroinvertebrates**. In: HAUER, F. R; LAMBERTI, G. A. *Methods in Stream Ecology*. 2. ed. USA. Copyright © by Elsevier All rights reserved, 2006. p. 435-463.

HIXON, M. A.; MENGE, B. A. Species diversity: prey refuges modify the interactive effects of predation and competition. **Theoretical Population Biology** 39, 1991, p. 178–200.

IACOMINI, Vanessa. **Biodireito, biodiversidade e bioética**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 18 dez. 2023.

JESUS, F., et al. Avaliação dos Efeitos dos Incêndios Florestais na Espécie Bentônica *Chironomus riparius*. **Rev. CAPTAR, Ciência e Ambiente para todos**, Vol. 10, art. 2, 2021, p. 1-14.

JÚNIOR, N., F. Ordem Coleoptera. **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**. 2014. p. 349-376.

LALIBERTÉ, E., LEGENDRE, P., SHIPLEY, B.. FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12.3. 2014.

LI, X., Y., et al.: Functional groups of benthic macroinvertebrates in relation to physicochemical factors in the Keqin Lake, Zhalong National Nature Reserve, northeastern China. **Applied Ecology And Environmental Research**, 19(1). Hungary, 2021, 279-292.

LIMA, L., R., C. Taxonomia De Ephemeroptera (Insecta) Do Estado De Pernambuco, Com Análise Filogenética E Biogeográfica De *Brasilocaenis Puthz*, 1975 (Caenidae). Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências Biológicas Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, 2015, p. 1-166.

LENAT, David. Using Aquatic Insect to Monitor Water Quality. In: MORSE, John; YANG, Lianfang; TIAN, Lixin. *Aquatic Insects Of China Useful For Monitoring Water Quality*. Jiangsu, China, 1994.

LONGO-SÁNCHEZ, Magnolia; BLANCO, Juan. Sobre Os Filtros Que Determinam A Distribuição E Abundância De Macroinvertebrados Diádromos E Não Diádromos Em Cada Nível Hierárquico Da Paisagem Rio Nas Ilhas. *Actual Biol.* 31 (91), 2009, 179-195.

MACARTHUR, R., H.; MACARTHUR, J., W. On bird species diversity. **Ecology**, vol. 42, n. 3, 1961, p. 594–598.

MASON, N. W. H. et al. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **OIKOS**, 111, 2005, p. 112-118.

MEDEIROS, T. N. et al. Influência do nível hidrológico sobre a dieta de *Leporinus reinhardtii* (Characiformes, Anostomidae) em um reservatório do semiárido brasileiro. **Iheringia Serie Zoologia**, 104, 2014, p. 290-298.

MELLER, C., B.; KRYSZEZUN, M. Bioindicadores Como Instrumento De Avaliação Da Qualidade Das Águas Na Sub-Bacia Do Rio Santo Cristo. XV Seminário de iniciação científica, Unijui, 2013.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, 1996.

MERRITT, R. W; CUMMINS, K. W. **Trophic Relationships of Macroinvertebrates**. In: HAUER, F. R; LAMBERTI, G. A. *Methods in Stream Ecology*. 2. ed. USA. Copyright © by Elsevier All rights reserved, 2006. p. 585-601.

MolluscaBase. Disponível em: <<https://www.molluscabase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1354233>> Acesso em: 08 de Junho de 2023.

MORALES, M. et al. `_sciplot: Scientific Graphing Functions for Factorial Designs_`. R package version 1.2-0, <<https://CRAN.R-project.org/package=sciplot>>. 2020.

NEISS, U., G.; HAMADA, N. Ordem Odonata. **Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus**. 2014, p 217 - 282.

OLIVEIRA, A. et al. Inventário da fauna de insetos aquáticos na Estação Ambiental de Peti (CEMIG). In: Silveira, F. ed. **Anais da ANEEL - projeto Peti/UFGM** Belo Horizonte, EDUFGM. p.25-30, 2005.

OTTONI, B., M., et al. Ocorrência do Gênero *Campsurus* (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) no Semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **EntomoBrasilis**, 2009.

PEDRÃO, F. C.; CABRAL, A. D. A Questão Nacional do Rio São Francisco. In: **Rio São Francisco: Cultura, Identidade e Desenvolvimento**. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE - Ano XVII - Edição especial, Salvador, BA, Dezembro de 2015, p. 254 – 256.

PEREZ, G. R. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. **Universidad de Antioquia**, Bogotá, 1988.

PES, A., M., et al. Ordem Trichoptera. Editora **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus**. 2014, p. 391 - 434.

PIMENTA, S. M. et al. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Rev. Ambiente & Água**. vol. 11. n. 1, 2016, p. 198-210.

PINHO, L. C.; PEPINELLI, M. Ordem Diptera. Editora **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus**, 2014, p. 457 - 660.

POFF, N., L., et al. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. – **Journal of the North American Benthological Society** 25(4), 2006, p. 730-755.

QUEIROZ, Júlio; SILVA, Mariana; STRIXINO, Susana. Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Águas. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, SP, 2008, p.1-91.

QUEIROZ, M., E., F. Utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores em córrego urbano de Conceição do Araguaia-PA. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 9, n.3, 2018, p. 96-110.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2022.

REIS, E., A; FILHO, A., S.; SILVA, V., M. Chironomidae (Diptera) do Estado do Tocantins, Brasil. **EntomoBrasilis**, 2012, p 65-69.

RIBEIRO, J., R., Ordem Hemiptera. **Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus.** 2014, p 313 - 334.

SALLES, F., F., et al. Ordem Ephemeroptera. **Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus.** 2014, p. 193 - 216.

SANTOS, Gláucia Regina et al. Insetos Aquáticos e a importância de conservar os riachos. Capivari: nova consciência. 2021.

SANTOS, Juracy Marques Dos. **Cultura Material e Etnicidade dos Povos Indígenas do São Francisco Afetados por Barragens.** Tese Doutorado. Universidade Federal Da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Cultura e Sociedade. Salvador, 2008, p. 1-367.

SANSEVERINO, A., M.; NESSIMIAN, J., L. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folheto submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). **Rev. Brasileira de Entomologia**, 2008, p. 95 - 104.

SCHILITZ, A., G. Morfologia Comparada de Asolene Meta (Ihering, 1915) e Asolene Spixii (D'ORBIGNY, 1838) (Caenogastropoda: Ampullariidae). **Fundação Oswaldo Cruz**, 2013. p 1 - 132.

SILVA, Edcarlos Mendes. Desterritorialização Sob As Águas De Sobradinho: Ganhos e Desenganos. Universidade Federal da Bahia, Dissertação, Salvador - BA, 2010, p. 1-321.

SILVA, F., L., et al. Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. **Rev. Biotemas**, 2008, p. 155-159.

SMOCK, L. A. **Macroinvertebrate Dispersal.** In: HAUER, F. R; LAMBERTI, G. A. *Methods in Stream Ecology*. 2. ed. USA. Copyright © by Elsevier All rights reserved, 2006. p. 465-487.

TAMPO, Lallébila et al. Benthic Macroinvertebrates as Ecological Indicators: Their Sensitivity to the Water Quality and Human Disturbances in a Tropical River. **Rev. Frontiers in Water**. vol. 3. 2021, p. 1-17.

THORP, J., H.; A., P., COVICH . Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 2nd ed. **Academic Press**, San Diego, 2001.

TILMAN, David. Functional Diversity. **Encyclopedia of Biodiversity**. Volume 3, 2001, p. 109.

TUNDISI, José Galizia. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n.70, 2006, p.24-35.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. Limnologia. 1. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2008. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 19 dez. 2023.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do estado de São Paulo—Guia de identificação e diagnóstico dos gêneros. São Carlos, UFSCar, 1995.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. Ver. **Biota Neotrop**. Vol. 11, 2011, p. 676-684.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Ordem Diptera, Família Chironomidae. **Guia de identificação de larvas**. Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2014, p 457 - 660.

VILLÉGER, S.; MASON, N.; MOUILLOT, D. New Multidimensional Functional Diversity Indices For a Multifaceted Framework Ecology. **Ecology Ecological Society of America**, vol. 89, nº 8, 2008, p. 2290-2301.

WEBSTER, J., R.; BENFIELD, E., F. Vascular Plant Breakdown In Freshwater Ecosystems.
Rev. **Ecol. Syst.**, 1986, p. 567-594.