



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA E  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**



**MATHEUS LAMERA NOVACK**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE ACUMULAÇÃO DA BARRAGEM SANTA  
BÁRBARA E SEUS TRIBUTÁRIOS, LOCALIZADOS EM PELOTAS, RIO GRANDE  
DO SUL, COM A UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS  
COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

**Pelotas  
2019**

**MATHEUS LAMERA NOVACK**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE ACUMULAÇÃO DA BARRAGEM SANTA BÁRBARA E SEUS TRIBUTÁRIOS, LOCALIZADOS EM PELOTAS, RIO GRANDE DO SUL, COM A UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Orientadora: Dra. Eliete Regina Bertazzo Canterle

Coorientadora: Ma. Letícia Vianna do Nascimento

**Pelotas  
2019**

**MATHEUS LAMERA NOVACK**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE ACUMULAÇÃO DA BARRAGEM SANTA BÁRBARA E SEUS TRIBUTÁRIOS, LOCALIZADOS EM PELOTAS, RIO GRANDE DO SUL, COM A UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em:  
13 de dezembro de 2019.

Banca examinadora:

---

Prof. Dra. Eliete Regina Bertazzo Canterle  
Orientadora  
(IFSul – Câmpus Pelotas)

---

Prof. Dr. Bernardo dos Santos Vaz  
(IFSul - Câmpus Pelotas)

---

Prof. Dra. Lilian Terezinha Winckler  
(Embrapa - Clima Temperado)

---

Prof. Dra. Isabel Cristina Ferreira Gravato  
(Faculdade Anhanguera de Pelotas - Fiergs - SESI Pelotas)

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Mathias e Jane, e minha avó Clarinha, por  
todo apoio fundamental concedido  
durante a realização deste.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha orientadora, Professora Eliete Regina Bertazzo Canterle, por tornar possível a realização deste passo na minha vida profissional. Sou grato pela confiança depositada em mim e no meu trabalho, agradeço tua atenção, compreensão, incentivo, ensinamentos e apoio durante a execução deste trabalho, principalmente nos momentos em que eu não sabia como reagir, o meu muito obrigado!

Agradeço também a coorientadora deste trabalho, a Bióloga do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas, a Letícia Vianna do Nascimento, a qual me acompanha desde o ano de 2013, sendo minha supervisora de estágio durante minha graduação. Desde então, sempre estivemos “conectados”, nossa parceria e amizade só cresceu a cada dia. Sou grato por todos os teus ensinamentos concedidos a mim, a todos os momentos de compreensão durante esses anos convivendo juntos. Meu eterno agradecimento!

Agradeço ao Carlos Vinícius Caetano Gonçalves, chefe de Departamento de Tratamento, representando o Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas, liberando mais uma vez, a execução de um trabalho desenvolvido por mim, nas dependências da Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara.

Agradeço ao Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas pela parceria na realização deste trabalho, disponibilizando toda infraestrutura, dentre laboratórios, equipamentos, reagentes para desenvolvimento das análises deste.

Agradeço a equipe do Laboratório de Hidrobiologia do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas, em especial, aos colaboradores deste trabalho, o Lucas e a Caroline, principalmente na conclusão das análises deste estudo, sem palavras.

Agradeço também aos funcionários do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas, entre técnicos em química, estagiários e motoristas, que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho.

Agradeço imensamente minha família, meus pais Mathias e Jane, e minha avó Clarinha, sem eles eu não teria condições financeiras para chegar até a conclusão deste trabalho. Sou eternamente grato por vocês!

Agradeço ainda, ao meu namorado Felipe, pelo incentivo de sempre e compreensão em todos os momentos em que eu me fiz ausente.

Agradeço também três colegas de Mestrado, que hoje se tornaram minhas amigas, Catiúscia, Lidiane e Suzana, que contribuíram de alguma forma durante este período.

Agradeço por fim, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais pelo acolhimento e pela oportunidade para realização deste projeto.

## RESUMO

A boa qualidade dos ecossistemas aquáticos é fundamental para o estabelecimento das comunidades naturais e a conservação da biodiversidade aquática. O objetivo deste trabalho é caracterizar a bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, Rio Grande do Sul, com a utilização de macroinvertebrados bentônicos e suas relações com a qualidade da água. Foram realizadas quatro coletas, nas quatro estações do ano de 2018, em quatro pontos amostrais: Sanga da Barbuda, Sanga do Epaminondas, Sanga do Passo do Cunha e na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara. Em cada ponto, foram tomadas amostras de água e de organismos bentônicos de cada substrato, utilizando três amostradores, Core, Rede de Mãos e Surber. Em laboratório, foram realizadas as análises físico-químicas para correlacionar com as análises biológicas. As amostras de macroinvertebrados bentônicos foram triadas e identificadas ao menor nível taxonômico possível, sendo registrado 235.748 organismos de macroinvertebrados bentônicos. Além disso, os resultados obtidos destacam a presença constante e abundante dos grupos de Oligochaeta e Diptera, especialmente o grupo de Chironomidae, em todos os pontos amostrais e em todas as coletas. A riqueza de espécies foi registrada nas amostras coletadas pelo amostrador do tipo “Rede de mãos”, em presença de macrófitas aquáticas. Os resultados demonstram considerável variação sazonal das variáveis abióticas e da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. No entanto, apesar de não apresentar alteração significativa na sua abundância, esta comunidade de macroinvertebrados teve sua composição taxonômica modificada ao longo do período estudado. Houve principalmente variação espacial, ao longo dos pontos amostrais, das variáveis bióticas e abióticas, indicando ambientes com diferentes graus de preservação de suas características naturais. A caracterização dos ecossistemas aquáticos com a utilização dos macroinvertebrados bentônicos como ferramenta de biomonitoramento poderá expressar o estado trófico do ecossistema aquático, bem como possibilitará o registro de quais grupos taxonômicos de macroinvertebrados bentônicos caracterizam a Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, Rio Grande do Sul.

**Palavras-chaves:** ecossistemas aquáticos; estações; biodiversidade; conservação.

## ABSTRACT

The good quality of aquatic ecosystems is fundamental for the establishment of natural communities and the conservation of aquatic biodiversity. The aim of this work is to characterize the Santa Bárbara Barrage accumulation basin and its tributaries, Pelotas, Rio Grande do Sul, with the use of benthic macroinvertebrates and their relationships with water quality. Four collections were realized in the four seasons of 2018 at four sampling points: Sanga da Barbuda, Sanga do Epaminondas, Sanga do Passo do Cunha and Santa Bárbara Dam accumulation basin. At each point, water filters and benthic organisms from each substrate were used, using three samples, Core, Rede de Mãos and Surber. In the laboratory, clinical and chemical analysis were performed to correlate with biological analysis. Benthic macroinvertebrate samples were identified and screened to the lowest possible taxonomic level. It was possible to register 235,748 benthic macroinvertebrate organisms. In addition, the results achieved highlight the constant and abundant presence of Oligochaeta and Diptera groups, especially group Chironomidae, in all sampling points and in all as collections. The richness of species recorded occurs in the samples collected by the "Rede de Mãos" sampler. The results show considerable seasonal variation of the abiotic variables and the benthic macroinvertebrate community. However, despite not presenting significant alter their abundance, this community of macroinvertebrates had its taxonomic composition modified during that they have been studied. There was mainly spacial variation along the sampled points of biological and abiotic variables, environments with different degrees of conservation of their natural characteristics. A characterization of aquatic ecosystems using benthic macroinvertebrates as a biomonitoring tool can show the trophic state of the aquatic ecosystem, as well as enable the registration of taxonomic groups of benthic macroinvertebrates characterized by the Santa Barbara Dam and its tributaries, Pelotas, Rio Grande do Sul.

**Keywords:** aquatic ecosystems; seasons; biodiversity; conservation.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização - Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil .....	17
<b>Figura 2.</b> Delimitação do entorno da Barragem Santa Bárbara e seus afluentes .....	18
<b>Figura 3.</b> Ponto amostral - Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS .....	20
<b>Figura 4.</b> Ponto amostral - Sanga da Barbuda, Pelotas, RS .....	21
<b>Figura 5.</b> Ponto amostral - Sanga do Epaminondas, Pelotas, RS .....	22
<b>Figura 6.</b> Ponto amostral - Sanga do Passo do Cunha, Pelotas, RS .....	23
<b>Figura 7.</b> Verificação de Temperatura do ar e da água, além da medição da coluna d'água .....	24
<b>Figura 8.</b> Coleta e acondicionamento de amostras físico-químicas .....	24
<b>Figura 9.</b> Amostrador – Core .....	25
<b>Figura 10.</b> Amostrador - Rede de Mãos .....	25
<b>Figura 11.</b> Amostrador – Surber .....	26
<b>Figura 12.</b> Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Core” .....	26
<b>Figura 13.</b> Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Rede de Mãos” .....	27
<b>Figura 14.</b> Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Surber” .....	28
<b>Figura 15.</b> Amostras biológicas acondicionadas em sacos plásticos de 500 mL .....	28
<b>Figura 16.</b> Pluviômetro .....	29
<b>Figura 17.</b> Amostras de macrófitas aquáticas no processo de lavagem sob peneira granulométrica e água corrente .....	30
<b>Figura 18.</b> Amostras de macrófitas aquáticas no processo de secagem em estufa elétrica a 60 °C .....	31
<b>Figura 19.</b> Materiais utilizados para realização da triagem e identificação dos organismos de macroinvertebrados bentônicos .....	31
<b>Figura 20.</b> Coleção final dos organismos de macroinvertebrados bentônicos, após processo de triagem e identificação dos mesmos .....	32
<b>Figura 21.</b> Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul .....	40
<b>Figura 22.</b> Análise de Componentes Principais dos quatro pontos amostrais deste estudo .....	47
<b>Figura 23.</b> Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo Surber, na Sanga da Barbuda e na Sanga do Epaminondas, durante o ano de 2018 .....	53

<b>Figura 24.</b> Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo Core, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018 .....	54
<b>Figura 25.</b> Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo Rede de Mãos, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e na Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018 .....	54
<b>Figura 26.</b> E-mail de confirmação de submissão de artigo científico para Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental .....	56
<b>Figura 27.</b> Protocolo de confirmação de submissão de artigo científico para Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental .....	57

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Surber, na Sanga da Barbuda (SB) e na Sanga do Epaminondas (SE), durante o ano de 2018.....	49
<b>Tabela 2.</b> Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Core, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), nas estações de inverno e primavera, no ano de 2018.....	50
<b>Tabela 3.</b> Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Core, na bacia de acumulação (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), nas estações de verão e outono, no ano de 2018.....	51
<b>Tabela 4.</b> Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Rede de Mãos, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e na Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018.....	52
<b>Tabela 5.</b> Amostradores de macroinvertebrados bentônicos mais indicados para diferentes tipos de substratos, segundo o corpo d'água a ser amostrado.....	60
<b>Tabela 6.</b> Vantagens e desvantagens apresentados pelos amostradores de macroinvertebrados bentônicos.....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ACP – Análise de Componentes Principais

ANOVA - Análise de Variância

BSB – Barragem Santa Bárbara

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

DTR – Departamento de Tratamento

DNOS – Departamento Nacional de Obras

ETA – Estação de Tratamento de Água

GTF – Grupos Tróficos Funcionais

RS – Rio Grande do Sul

SANEP – Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas

SB – Sanga da Barbuda

SE – Sanga do Epaminondas

SPC – Sanga do Passo do Cunha

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3 APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA.....	17
1.3.1 Área de Estudo .....	17
1.3.1.1 Barragem Santa Bárbara .....	18
1.3.1.2 Sanga da Barbuda .....	20
1.3.1.3 Sanga do Epaminondas .....	21
1.3.1.4 Sanga Passo do Cunha .....	22
1.3.2 Amostragem.....	23
1.3.2.1 Etapa em Campo .....	23
1.3.3 Etapa em Laboratório.....	29
1.3.4 Análise de Dados.....	34
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>34</b>
2.1 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS.....	34
2.2 BIOINDICADORES.....	36
2.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS .....	37
2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SANTA BÁRBARA .....	40
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>41</b>
<b>4. APÊNDICES</b> .....	<b>47</b>
<b>5. PRODUÇÃO CIENTÍFICA OU TECNOLÓGICA</b> .....	<b>55</b>
5.1 ARTIGO 1: REVISTA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.....	55
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>60</b>
7.1 MATERIAL COMPLEMENTAR.....	60
7.2 ARTIGO 1: ÍNTEGRA DO ARTIGO SUBMETIDO .....	61
7.3 MATERIAL SUPLEMENTAR ARTIGO 1 .....	81
7.4 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.....	83
7.5 ARTIGO 2: ÍNTEGRA DO ARTIGO AINDA NÃO SUBMETIDO .....	89
7.6 ARTIGO 3: ÍNTEGRA DO ARTIGO AINDA NÃO SUBMETIDO .....	113

7.7 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES – REVISTA THEMA – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE .....	121
---	-----

## 1. INTRODUÇÃO

A água ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, porém 97,5% são de água salgada (inapropriada para agricultura, uso industrial ou consumo humano), e dos 2,5% de água doce existentes, 1,7% está na forma de geleiras e calotas polares, cerca de 0,75% é de água subterrânea e menos de 0,01% é de água superficial (ANA, 2006). A água doce é a principal fonte de água para abastecimento humano, destacando principalmente os mananciais superficiais, os quais são fontes de água que se apresentam na superfície terrestre, tais como rios, lagos e represas.

A água disponível na biosfera faz parte de um ciclo denominado ciclo hidrológico o qual, basicamente, é um processo contínuo de transporte de massas d'água do oceano para a atmosfera e desta, através de precipitações e escoamentos (superficiais e subterrâneos), novamente para o oceano (ESTEVES, 2011).

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados diante da combinação do crescimento populacional com a industrialização e a urbanização, o chamado mundo globalizado que hoje nos encontramos (THORNE & WILLIAMS, 1997). Os impactos nocivos resultantes destes processos causados por atividades antrópicas, despejos irregulares de efluentes domésticos e industriais, mineração e atividades agrícolas, resulta em diversos distúrbios nos corpos hídricos.

A América do Sul apresenta abundância em corpos hídricos (rios, açudes e represas), os quais possuem um papel ecológico, econômico e social extremamente relevante na sociedade atual. Esses ecossistemas aquáticos apresentam uma variedade habitats, flora e fauna altamente especializada e diversificada, além das diversas finalidades (TUNDISI, 2005).

O Brasil é um país que apresenta dimensões continentais e é especialmente rico em recursos hídricos, o que favorece a possibilidade de diferentes ecossistemas aquáticos, com variados tipos de substratos e corpos d'água (BICUDO & BICUDO, 2007). Segundo ANA (2013) o Brasil representa cerca de 13% do total mundial, sendo privilegiado no quesito água.

Esteves (2011) relata que, no Brasil, os açudes e represas são formados principalmente pelo represamento de rios ou pequenos córregos para atender a objetivos como tratamento de água para abastecimento público, regularização de cursos hídricos, obtenção de energia elétrica, irrigação, recreação, piscicultura, entre outros. Em consequência do desenvolvimento socioeconômico e industrial no Brasil,

foi necessário a construção de diversas barragens, cujos objetivos principais eram a geração de energia elétrica e reservatório de água para abastecimento humano.

A Barragem Santa Bárbara situada no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul (RS), foi construída na década de 1960, pelo Departamento de Obras (DNOS), com o objetivo de evitar cheias na área urbana da cidade, bem como proporcionar uma reserva para abastecimento público de água potável (PIEDRAS, *et al.*, 2006).

O ambiente aquático formado pela Barragem Santa Bárbara, sofre um processo de eutrofização acelerado provavelmente, pelo crescimento urbano e industrial no entorno dessa bacia, além do recebimento de despejos irregulares de efluentes domésticos e industriais. O Departamento de Tratamento (DTR) do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) monitora os afluentes da Barragem para diagnosticar o aporte de nutrientes que contribuem no processo de eutrofização, além de monitorar a qualidade da água bruta captada pela Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara (ETA).

Diante disso, é importante a realização de biomonitoramento em Estações de Tratamento de Água, utilizando organismos biológicos, neste caso, os macroinvertebrados bentônicos. A diversidade e abundância destes organismos em ecossistemas aquáticos são as chaves de estratégia ecológica para trazer a estabilidade ao sistema hídrico (THURPP, 2000), além de fornecer dados a partir do uso de metodologias que utilizam parâmetros físico-químicos, estabelecendo correlações entre os mesmos (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Assim, o estado trófico dos ecossistemas aquáticos pode fornecer informações importantes sobre a sua funcionalidade (TELÖKEN, *et al.*, 2011), visando buscar uma conservação dos recursos hídricos, principalmente os utilizados para tratamento de água, bem como, manutenção dos corpos hídricos e automaticamente, a conservação de toda cadeia biológica disposta nesses ecossistemas.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

A água é essencial à Vida, conseguinte, todos os organismos vivos, incluindo o homem, dependem da disponibilidade de água na Terra para a sua sobrevivência. Em decorrência do avanço dos séculos, a complexidade dos usos múltiplos da água



pelo homem aumentou e produziu um enorme conjunto de degradações e poluições dos ecossistemas aquáticos.

Atualmente, os principais problemas resultantes dos usos dos recursos hídricos estão relacionados à eutrofização, ao aumento da toxicidade das águas superficiais e subterrâneas e às alterações no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água, agravando os problemas quali-quantitativos destes ecossistemas.

Com isso, diante de suas características peculiares, os macroinvertebrados bentônicos estão sendo utilizados na realização de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos, principalmente os que são utilizados para abastecimento público. Assim, é possível compreender a organização e estrutura das comunidades, auxiliando na avaliação das implicações ecológicas promovidas pelas fontes de poluição.

Portanto, necessitamos de um registro dos organismos de macroinvertebrados bentônicos utilizados como bioindicadores, que possam caracterizar os recursos hídricos que abrangem a área estudada, além de verificar se existem diferenças na avaliação físico-química entre os pontos analisados.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar a bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, Rio Grande do Sul, com a utilização de macroinvertebrados bentônicos e suas relações com a qualidade de água.

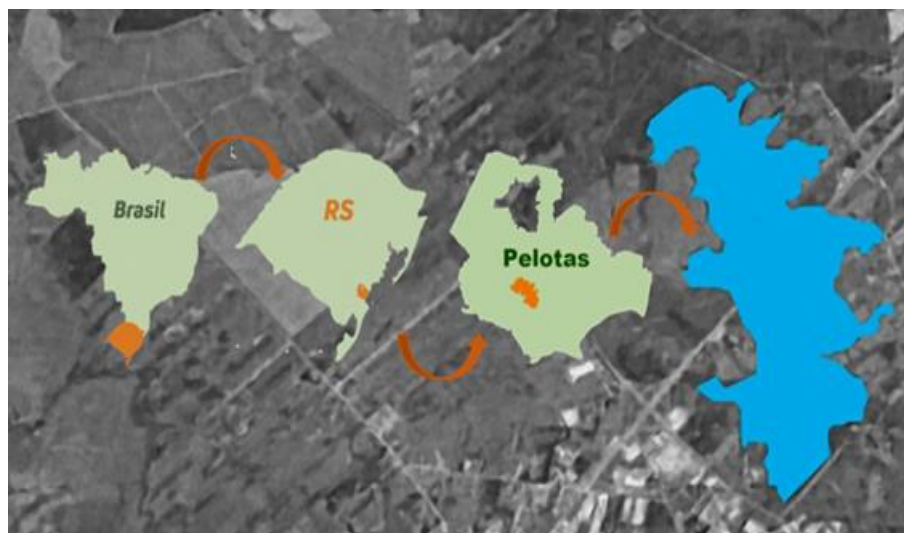
### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar táxons de macroinvertebrados bentônicos na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, RS;
- Identificar as variáveis físico-químicas e limnológicas que melhor explicam a variação na riqueza taxonômica dos macroinvertebrados bentônicos registrados como bioindicadores;
  - Avaliar a distribuição dos táxons de macroinvertebrados bentônicos;
  - Avaliar a integridade dos ecossistemas aquáticos, considerando-se os efeitos dos distúrbios antrópicos sobre a qualidade dos mesmos;
  - Caracterizar a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos estudados.

## 1.3 APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA

### 1.3.1 Área de Estudo

Este estudo foi desenvolvido no ano de 2018, na Barragem Santa Bárbara, no município de Pelotas, RS, Brasil (Figura 01). As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro do ano em questão, tendo em vista uma abordagem sazonal dos ambientes.



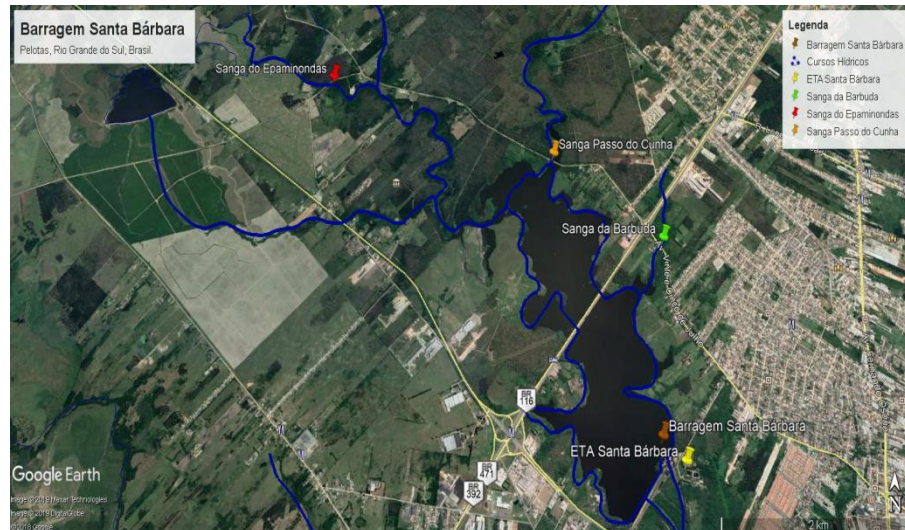
**Figura 1.** Localização - Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil.

O município de Pelotas tem como limites geográficos: a sul o município de Capão do Leão, tendo como divisor o Arroio Moreira, e também o município de Rio Grande, mas este limitado pelo Canal São Gonçalo; a leste tem-se a Laguna dos Patos; a norte com os municípios de Turuçu e São Lourenço do Sul e a oeste com os municípios de Canguçu e Morro Redondo. A noroeste tem-se um dos poucos enclaves brasileiros que é o município de Arroio do Padre (PETER, 2010).

A área territorial de Pelotas possui pouco mais de 1.610 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019), apresentando uma grande rede hidrográfica composta, sobretudo, por cursos de pequena extensão, pequenos lagos, lagoas e outras unidades de represamento. Os mais expressivos corpos hídricos são o Arroio Pelotas (60 km), o Arroio Moreira (30 km) e a Barragem Santa Bárbara, os quais deságuam no Canal São Gonçalo e tem como destino final a Laguna dos Patos, RS, fazendo ligação com a bacia hidrográfica Mirim - São Gonçalo (SEMA, 2019).

As coletas foram realizadas em três pontos da bacia de captação de água da Barragem Santa Bárbara, a saber: Na Sanga da Barbuda (S 31°42.539'W

052°21.943'), na Sanga do Epaminondas (S 31°41.553'/W 052°24.492') e na Sanga do Passo do Cunha (S 31°42.038'/W 052°22.715'), além de um ponto no interior da bacia de acumulação, próximo ao ponto de captação de água bruta para abastecimento (S 31°43'036"/W 052°22'010") (Figura 02).



**Figura 2.** Delimitação do entorno da Barragem Santa Bárbara e seus afluentes.

O clima da região segundo Kottek, *et al.* (2006) é considerado subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen-Geider. Os períodos de precipitação são distribuídos ao longo do ano, sem estações secas.

### 1.3.1.1 Barragem Santa Bárbara

A Barragem Santa Bárbara localiza-se no município de Pelotas, RS, situando-se a 3 km do bairro Centro da cidade. Foi construída na década de 1960 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), com o objetivo de evitar possíveis alagamentos na área urbana da cidade, decorrentes das enchentes e inundações no leito maior do antigo arroio Santa Bárbara, em meados dos anos 1950 (SANEP, 2019). Além disso, suprir a necessidade do município em dispor de um reservatório de água para utilização de abastecimento público de água potável (PIEDRAS, *et al.*, 2006).

O arroio Santa Bárbara localiza-se ao sul da Bacia do arroio Pelotas e possui 83 km<sup>2</sup>, com grande importância para o município de Pelotas, devido ao fato da Barragem Santa Bárbara represar suas águas. A parte superior da bacia situa-se no Distrito de Monte Bonito e o restante no Distrito Sede (área urbana) do município de

Pelotas. Destaca-se a porção central da bacia, devido ao grande lago artificial formado pela construção da Barragem Santa Bárbara (ROSA, 1985).

Segundo Rosa (1985), o arroio Santa Bárbara hoje se encontra canalizado a partir da mencionada barragem, desaguando no Canal São Gonçalo, situado ao sul da cidade, próximo à ponte rodoviária para o município de Rio Grande, RS.

A construção da Barragem Santa Bárbara formou um enorme lago de água bruta (bacia de acumulação), a qual se situa a jusante da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara. A conclusão oficial das obras da Barragem Santa Bárbara foi no ano de 1968, sendo formada pelo maciço, vertedouro e canal de expurgo (SANEP, 2019).

A Barragem Santa Bárbara possui atualmente 352 hectares inundados, onde se encontra a água represada, com uma profundidade na bacia hidrográfica em média de 3 a 4 m, e um volume de água estimado em 10 bilhões de litros de água. Apresenta, também, 359 hectares de Área de Preservação Permanente (APP) ao seu redor. Atualmente é abastecida por três principais afluentes, vulgarmente conhecidos por Sanga da Barbuda, Sanga do Passo do Cunha e Sanga do Epaminondas (SANEP, 2019).

Seu reservatório atualmente é responsável por mais de 50% do abastecimento público de água potável do município de Pelotas, sendo considerado o principal manancial do atual sistema de abastecimento (CARVALHO & ISOLDI, 2012).

A bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara está inserida em uma paisagem onde predomina a vegetação de banhado com a formação de alguns capões de mata. Como o ecossistema do lago da barragem foi criado artificialmente, não exhibe uma mata ciliar original, mas sim uma mata que se formou posteriormente no entorno da área inundada, apresentando vegetação típica de estágios de regeneração.

A partir de observações “in loco” se verificou que muitos dos lotes inundados apresentavam silvicultura com *Eucaliptus* sp. e ainda é possível encontrar “tocos” destas árvores na área inundada. Além deste, é comum encontrar na cobertura vegetal do entorno do lago: *Mimosa bimucronata* (Maricá), *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-vermelha) e *Pinus* sp. (pinheiro). Nas áreas mais baixas observa-se vegetação de banhado, composta por espécies como *Typha domingensis* (Taboa), *Scirpus* sp. e *Eryngium* sp. (gravatá) (Figura 03).



**Figura 3.** Ponto amostral - Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS.

No ponto amostral da Barragem Santa Bárbara o sedimento encontrado é basicamente composto por areia fina e argila, formando uma composição homogênea. A altura da lâmina d'água varia conforme a sazonalidade.

### **1.3.1.2 Sanga da Barbuda**

A Sanga da Barbuda (SB) encontra-se em estágio avançado de degradação ambiental, recebendo efluentes de canais de drenagens urbanas a partir do zoneamento da área do Sítio Floresta, Vila Jacob Brod e Vila da Páscoa, além de efluentes oriundos das atividades industriais e agrícolas (KORB, 2006). Sua nascente está localizada no entroncamento da BR-116 com a Avenida Fernando Osório, no acesso norte da cidade de Pelotas. E está distante 300 m da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (PIEDRAS, *et al.* 2006)

No ponto amostral na Sanga da Barbuda, foi possível registrar a presença de mata ciliar composta por espécies de Maricá (*Mimosa bimucronata*), Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), Chal-chal (*Allophylus edulis*), Chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), Leiteiro (*Sapium glandulosum*). Além das espécies arbóreas, o estrato herbáceo e arbustivo é composto de Mamona (*Ricinus communis*), Maria-mole (*Senecio* sp.), Picão-preto (*Bidens pilosa*), gramíneas e ciperáceas (Figura 04).

É um ambiente aquático com fluxo de água considerado reduzido em sua maioria, com características lóticis. No entanto, nos períodos excessivos de chuva, o fluxo de água pode ser considerado moderado. Sua coluna d'água geralmente varia

em torno de 0,30 m à 0,70 m (de profundidade) e seu sedimento é composto por material alóctone, areia e detritos de degradação ambiental.



**Figura 4.** Ponto amostral - Sanga da Barbuda, Pelotas, RS.

### **1.3.1.3 Sanga do Epaminondas**

A Sanga do Epaminondas (SE) por sua vez, é o afluente com maior extensão da bacia hidrográfica da Barragem Santa Bárbara. Suas nascentes apresentam-se próximas à pedreira (J A Silveira), no distrito de Monte Bonito, com altitude em torno dos 120 m (KORB, 2006).

O ponto amostral da Sanga do Epaminondas está a 2 km de distância da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e apresenta mata ciliar densa, composta de Chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), Maricá (*Mimosa bimucronata*) e Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (Figura 05). É um ambiente aquático com fluxo de água reduzido (baixa velocidade), e também considerado um ambiente aquático lótico. Seu sedimento é composto por material alóctone, cascalhos finos e material arenoso, e sua coluna da água é consideravelmente rasa, apresentando ações antrópicas no entorno da sanga, que favorecem a degradação ambiental da mesma.



**Figura 5.** Ponto amostral - Sanga do Epaminondas, Pelotas, RS.

#### **1.3.1.4 Sanga Passo do Cunha**

A Sanga do Passo do Cunha (SPC) apresenta nascentes ao norte da Barragem Santa Bárbara e recebe efluentes agrícolas, originados da pecuária leiteira, fruticultura, avicultura e florestamento (PIEDRAS, *et al.* 2006).

O ponto amostral do Passo do Cunha está localizado no encontro com a bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara onde, geralmente, apresenta uma densa cobertura de macrófitas aquáticas, principalmente Marrequinha (*Salvinia* sp.) e Alface d'água (*Pistia stratiotes*). O entorno é composto por mata ciliar, que apresenta silvicultura de Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e alguns exemplares de Maricá (*Mimosa bimucronata*) e Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*). Apresenta sedimento compactado e denso, composto por argila, enquanto que a coluna da água varia em torno de 0,50 m à 1,20 m de profundidade, com pouco fluxo de correnteza (Figura 06).



**Figura 6.** Ponto amostral - Sanga do Passo do Cunha, Pelotas, RS.

### **1.3.2 Amostragem**

O presente trabalho é composto por etapas realizadas em campo, laboratório e análise de dados. Foram realizadas quatro coletas ao total, representando as estações do ano, em quatro pontos determinados anteriormente neste trabalho. Em cada ponto foram coletadas três réplicas de cada substrato, além de uma coleta de amostra da água para análises físico-químicas.

#### **1.3.2.1 Etapa em Campo**

Foram coletadas amostras de água bruta e amostras de organismos bentônicos nos pontos estipulados. Ainda nos locais de coleta, foi verificado a temperatura do ar, condição do tempo e temperatura da água, além da observação de variáveis limnológicas, como altura da coluna da água e tipo de substrato coletado (sedimento e macrófitas aquáticas). As análises físico-químicas e biológicas foram realizadas em laboratório, de acordo com protocolos específicos.

##### **1.3.2.1.1 Amostras Físico-Químicas**

As amostras de água bruta foram coletadas com balde e corda, sendo as mesmas acondicionadas em frascos (vidro ou plástico) adequados e identificados para cada análise (Figuras 07 e 08).





**Figura 7.** Verificação de Temperatura do ar e da água, além da medicação da coluna d'água.



**Figura 8.** Coleta e acondicionamento de amostras físico-químicas.

### 1.3.2.1.2 Amostras Biológicas

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados com três tipos de amostradores: “Core” (Figura 09), “Rede de mãos” (Figura 10) e “Surber” (Figura 11).

A metodologia utilizada neste estudo teve como base o “Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos”, escrito por Silveira, Queiroz e Boeira (2004), além de Bicudo & Bicudo (2007).

O uso de vários tipos de amostradores em um mesmo local de coleta é necessário diante da presença de macroinvertebrados bentônicos em diferentes nichos do ambiente aquático. Neste caso, comparações entre diferentes pontos e períodos de amostragem devem ser realizadas entre diversos amostradores.



**Figura 9.** Amostrador - Core.



**Figura 10.** Amostrador - Rede de Mãos.



**Figura 11.** Amostrador - Surber.

O amostrador do tipo *Core* (Figura 12) é utilizado em ecossistemas aquáticos que apresentam colunas d'água com maiores profundidades. É um amostrador cilíndrico (cano de policloreto de vinila - PVC) com 4,2 cm de diâmetro por 0,75 m de comprimento, o qual penetra de forma vertical no substrato em uma profundidade de 5 a 10 cm. Para sua remoção do substrato, é necessário que a extremidade superior seja “fechada” manualmente com uma das mãos do coletor, de modo que o conteúdo amostrado não escorra, a fim de capturar o sedimento no interior da área amostrada, bem como todos os organismos biológicos que estivessem presentes na coluna de sedimento amostrada (OLIVEIRA, 1985; BRINKHURST, 1974).



**Figura 12.** Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Core”.

Bicudo & Bicudo (2004) relatam que o amostrador do tipo Rede de mãos (Figura 13), é utilizado para a realização de coletas de amostras em ecossistemas que apresentam material que disponibilizam ambientes propícios para colonização de organismos biológicos (alimentação e abrigo), como por exemplo, raízes de plantas aquáticas (macrófitas).



**Figura 13.** Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Rede de Mãos”.

Por fim, o amostrador do tipo Surber (Figura 14), é um equipamento associado a uma rede, que delimita a área do substrato a ser “perturbada” (BICUDO & BICUDO, 2004). O amostrador é posicionado no fundo da coluna da água (em média 30 cm de profundidade), colocado sobre o sedimento com a abertura da bolsa de malha (250  $\mu$ m) contra a correnteza e, com auxílio de um pincel, se realiza uma varredura sobre a área amostrada, para que então a correnteza possa carrear o material biológico que compõem a área para dentro da malha.



**Figura 14.** Demonstração da utilização do amostrador do tipo “Surber”.

Independentemente do tipo de amostrador utilizado nas coletas, todas as amostras, após serem coletadas, foram acondicionadas em sacos plásticos de 500 mL (Figura 15), sendo cada amostra identificada com o ponto e data da coleta e, por fim, foram conduzidas ao laboratório de Hidrobiologia, Departamento de Tratamento, da ETA Santa Bárbara, Pelotas, RS.



**Figura 15.** Amostras biológicas acondicionadas em sacos plásticos de 500 mL.

### **1.3.2.1.3 Variáveis Limnológicas**

As variáveis limnológicas foram analisadas nos pontos amostrais, sendo a temperatura do ar e da água verificada manualmente com utilização de termômetro de mercúrio, enquanto que a precipitação de chuva foi avaliada com o auxílio de pluviômetro (Stark) pela ETA Santa Bárbara (Figura 16), a profundidade foi medida com a utilização de uma régua graduada e as demais variáveis avaliadas visualmente.



**Figura 16.** Pluviômetro.

### **1.3.3 Etapa em Laboratório**

A etapa de laboratório compreende as análises físico-químicas e a triagem e identificação dos organismos bentônicos.

#### **1.3.3.1 Análises Físico-Químicas**

As amostras de água bruta, após serem coletadas, foram conduzidas até o laboratório de análises físico-químicas da ETA Santa Bárbara, e imediatamente foram realizadas as análises para determinação de Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Oxigênio Dissolvido, pH (Potencial Hidrogeniônico) e Turbidez de acordo com APHA (2012). Os resultados foram comparados a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e dá outras providências.

A análise de fósforo total foi realizada pelo método da digestão com persulfato e colorimetria com cloreto estanoso. Já a análise de nitrogênio amoniacal total foi realizada pelo método de Nessler (concentração de nitrogênio amoniacal total  $< 5 \text{ mg.L}^{-1}$ ). As leituras destas análises foram realizadas em espectrofotômetro (SpectroquantPharo 100). A análise de pH foi realizada com base no método eletrométrico, e sua leitura feita no aparelho de pHmetro (Alfakit). Já a análise de oxigênio dissolvido foi realizada pelo método de Winkler (Titulometria). E por fim, a

análise de turbidez foi realizada com base no método nefelométrico, sendo a leitura realizada no aparelho de turbidímetro (Alfakit).

### 1.3.3.2 Análises Biológicas

Os macroinvertebrados bentônicos foram analisados no laboratório de Hidrobiologia, situado na ETA Santa Bárbara (DETR/SANEP).

Os substratos amostrados, sedimento e macrófitas (Figura 17), passaram por um primeiro processo de lavagem, com o uso peneira granulométrica (250  $\mu\text{m}$ ) e auxílio de um pincel e, posteriormente, foram preservadas em álcool 70% e armazenadas em frascos de vidros de 600 mL com tampa.



**Figura 17.** Amostras de macrófitas aquáticas no processo de lavagem sob peneira granulométrica e água corrente.

Após a lavagem das macrófitas e separação dos macroinvertebrados bentônicos, ocorreu a secagem da biomassa das plantas, que foram colocadas em estufa elétrica (SOLIDSTEEEL 85 L) a 60 °C (Figura 18). Diariamente, foi realizada a pesagem das macrófitas, até que o peso seco estivesse estabilizado, para correlacionar o número de organismos associados a 100 g de peso seco das plantas, para então obter o resultado final da amostra.



**Figura 18.** Amostras de macrófitas aquáticas no processo de secagem em estufa elétrica a 60 °C.

O segundo processo realizado refere-se à triagem e identificação dos macroinvertebrados bentônicos. Este é um processo minucioso, realizado com o auxílio de uma lupa binocular estereoscópica (PRECISION), placas de petri para dispor a amostra estudada e a utilização de uma pinça para auxiliar a separação dos organismos encontrados nas amostras em análise (Figura 19). Posteriormente, estes são colocados em tubos de ensaio de vidro (12 x 75 mm) imersos em álcool 70% e tampados com buchas de algodão. Finalmente, os tubos de ensaio são armazenados em frascos de vidros de 600 mL com tampa (Figura 20).



**Figura 19.** Materiais utilizados para realização da triagem e identificação dos organismos de macroinvertebrados bentônicos.





**Figura 20.** Coleção final dos organismos de macroinvertebrados bentônicos, após processo de triagem e identificação dos mesmos.

Os macroinvertebrados bentônicos foram identificados até o menor nível taxonômico possível, segundo chaves especializadas de Mugnai, *et al.*, (2010), com a utilização de uma ficha de identificação simplificada, para uso em atividades de publicações científicas.

Os resultados de macroinvertebrados bentônicos obtidos em cada amostrador foram convertidos da seguinte maneira:

Amostrador tipo *Core* e Surber

$$x = \text{número de organismos/área do amostrador}$$

Onde:

- área do *core* = 0,001374 m<sup>2</sup>
- área do Surber = 0,09 m<sup>2</sup>

Amostrador tipo Rede de mãos

$$x = (\text{número de organismos/peso seco de macrófita}) \times 100$$

Os grupos tróficos funcionais (GTF) das amostras de macroinvertebrados bentônicos foram e serão categorizadas em 06 grupos alimentares, sendo eles: predadores, raspadores, fragmentadores, coletores-coletores, coletores-filtradores e trituradores, de acordo com a classificação proposta por Cummins, *et al.* (2005), além de bibliografia complementar (BARBOLA, *et al.* 2011; SANTOS, 2014; MORMUL, *et*

al., 2006; SANTOS E RODRIGUES, 2015; TELÖKEN, *et al.*, 2014; OLIVEIRA & CALLISTO, 2010), a fim de avaliar possíveis reflexos do entorno e qualidade da água na riqueza e abundância de grupos alimentares de macroinvertebrados bentônicos.

A constância de ocorrência foi calculada segundo Winckler, *et al.* (2017), com base na equação:

$$C = [(número\ de\ amostras\ com\ espécies / número\ total\ de\ amostras) \times 100].$$

Considerando que as espécies foram classificadas em três grupos: Espécies acidentais (espécies que ocorreram em até 25 % das amostras), Espécies Acessórias (espécies que ocorreram entre 25 e 50 % das amostras) e Espécies Constantes (espécies que ocorreram acima de 50 % das amostras).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi calculado pelo programa Excel 2010 (Co - pyright – Microsoft Corporation), possibilitando estimar a diversidade das espécies amostras (MAGURRAN, 1989). Sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$H' = - \sum pi * \ln pi, \quad pi = ni / N$$

Sendo:

- $H'$  = Índice de Shannon-Wiener;
- $pi$  = Proporção de indivíduos da  $i$ -ésima espécie;
- $\ln$  = logaritmo de base neperiano ( $e$ );
- $ni$  = número de indivíduos amostrados para a espécie  $i$ ;
- $N$  = número total de indivíduos amostrados.

Para obtenção da abundância relativa, foi estimada a porcentagem da contribuição de cada táxon em relação à abundância total de macroinvertebrados, sendo calculada de acordo com a equação abaixo:

$$Abundância\ (\%) = (n/N) \times 100$$

Em que:

- $n$  = Número de indivíduos de cada táxon;
- $N$  = Número total de indivíduos de todos os táxons encontrados na amostra;
- 100 = Valor utilizado para obter o valor em porcentagem.

A riqueza relativa dos táxons foi calculada pela somatória dos táxons identificados nas amostras por período de amostragem.

Por fim, a coleção de macroinvertebrados bentônicos constará no armazenamento e catalogação dos organismos encontrados, agrupados por categorias taxonômicas, numerados e registrados o local de coleta, data, coletor e identificação.

#### **1.3.4 Análise de Dados**

Para a análise de dados foi utilizado o software Statistica, onde foram aplicadas técnicas de regressão múltipla para melhorar a compreensão e explicar as relações entre os fatores bióticos e abióticos, análise de variância - ANOVA, para comparar as diferenças entre organismos biológicos e os ambientes estudados e correlação entre as variáveis abióticas. Um nível de probabilidade de  $P < 0,05$  foi usado para determinar a significância estatística e Análise de Componentes Principais (ACP) para determinar o cenário dos diferentes pontos de coleta.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 ECOSISTEMAS AQUÁTICOS**

Os ecossistemas aquáticos, em sua maioria, são formados por uma região litorânea ou ripária, região limnética ou pelágica, região bentônica e interface água-ar.

Os rios, lagos e represas integram todo o cenário das áreas de seu entorno, considerando o uso e ocupação do solo e suas características ambientais, especialmente as comunidades biológicas, conseguindo fornecer informações sobre as consequências das ações do homem nos ecossistemas aquáticos (CALLISTO, *et al.*, 2001).

O acelerado processo do crescimento urbano juntamente com os processos de evolução natural, resulta em consequências negativas aos ecossistemas aquáticos. Segundo Callisto, *et al.*, (2001), alterações como a redução da biodiversidade aquática, em decorrência da desestruturação do ambiente físico, químico e das comunidades biológicas se manifestam diante destes efeitos ecológicos gerados por múltiplas fontes de poluição nos ecossistemas aquáticos. Allan (2004) e Macedo, *et al.*, (2014) afirmam que as atividades humanas são consideradas importantes

ameaças à integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos, resultando na alteração da qualidade da água e da biota aquática.

Os efeitos nocivos observados nos ambientes límnicos incluem a toxicidade, a eutrofização artificial, a acidificação do meio, a erosão das margens e o assoreamento do leito, cujas consequências contemplam diminuição da biodiversidade e inutilização da água para consumo humano, além do empobrecimento da paisagem, como fator turístico de uma região (THOMAZ & BINI, 1999).

A avaliação da saúde de um ecossistema aquático pode ser inferida com base na caracterização da interação de sua estrutura física, química e biológica e seu funcionamento (processos fundamentais à manutenção da biodiversidade), como produção, consumo e decomposição de matéria orgânica (BARBOSA, *et al.*, 2000). Esteves (2011) relata que a taxa de transferência de nutrientes e metabólitos através de membranas celulares é acelerada em meio aquoso, potencializando a transformação e absorção de matéria pelos organismos aquáticos.

Diversas alterações no ambiente físico resultam em consequências nocivas para as comunidades biológicas que habitam o mesmo. A retirada de vegetação ripária aumenta a erosão das margens dos corpos hídricos, aumenta o assoreamento e escoamento superficial para dentro dos mesmos, por exemplo (SILVA, *et al.*, 2017).

Para a gestão de recursos hídricos é significativa a utilização de metodologias de monitoramento biológico. Segundo Baptista, *et al.*, (2003), ferramentas de vigilância ambiental são empregadas para o biomonitoramento dos ecossistemas aquáticos, visando a regulamentação de alterações ambientais provocadas por ações antrópicas ou naturais.

Tundisi & Matsumura-Tundisi (2008) ressaltam que o conhecimento da qualidade dos ecossistemas aquáticos e do uso e da ocupação dos mesmos se faz necessário para traçar estratégias de planejamento e gestão, projetando cenários futuros, como o aumento da demanda de água potável e com mudanças de paisagem decorrentes do desenvolvimento das regiões.

É importante identificar e quantificar os componentes da complexidade dos ecossistemas aquáticos, pois assim, é possível fazer comparações entre diferentes habitats e ecossistemas de uma maneira mais consistente, bem como isolar as variáveis que afetam os processos ecológicos e apontar sua influência na estruturação das comunidades (KOVALENKO, *et al.*, 2012; SILVA, 2015).

Os ecossistemas aquáticos de água doce recebem fortes razões para sua conservação, pois servem como habitat de uma grande diversidade biológica e são essenciais para garantir a sustentabilidade de processos essenciais utilizados pelo homem (ANDRADE, 2009). Sendo assim, as avaliações e monitoramentos ambientais atuam como ferramentas para elaboração de planos e estratégias no manejo e conservação de recursos hídricos (GUERESCHI, 2004).

Diferentes maneiras afetam a funcionalidade dos ecossistemas aquáticos, resultando na perda da biodiversidade, redução da eficiência das comunidades ecológicas em captar recursos essenciais e redução da biomassa, além disso, a reciclagem de nutrientes reduz a capacidade de estabilizar as funções do ecossistema ao longo do tempo (CARDINALE, *et al.*, 2002; NIETO, *et al.*, 2017).

O ambiente aquático formado pela Barragem Santa Bárbara sofre um processo de eutrofização acelerado, provavelmente decorrente do crescimento urbano e despejo de esgotos urbanos e industriais. O Departamento de Tratamento do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas monitora os afluentes da Barragem Santa Bárbara para diagnosticar o aporte de nutrientes que contribuem no processo de eutrofização, além de monitorar a qualidade da água bruta da bacia de acumulação da Barragem.

Nesse sentido, é válido ressaltar que, para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, é necessária a integração de projetos e atividades que visem avaliar e promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (AMÉRICO-PINHEIRO, *et al.*, 2016).

## **2.2 BIOINDICADORES**

Bioindicadores são espécies ou comunidades biológicas que retratam a condição ambiental do ecossistema correlacionada à avaliação da integridade ecológica, sendo consideradas uma ferramenta ambiental utilizada para avaliar essas transformações no ambiente aquático (GOULART & CALLISTO, 2003).

O contínuo monitoramento com a utilização de bioindicadores permite verificar modificações ocorridas na qualidade dos ecossistemas, e contribui com propostas de controle no uso e recuperação dos mesmos (LÓPEZ-DOVAL, *et al.*, 2016). Além disso, Buss, *et al.* (2003) afirmam que as análises físico-químicas da água aliadas a bioindicadores, fornecem subsídios para diagnosticar a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Freire (2000) afirma que o monitoramento contínuo da variação das comunidades biológicas é superior à amostragem periódica de variáveis físicas e químicas, pois uma vez que a concentração de poluentes varia ao longo do tempo, os organismos biológicos reagem a todos os efeitos sinérgicos e antagônicos a estes estresses.

Albertoni & Palma-Silva (2010) associam ainda a utilização de variáveis biológicas em monitoramento de ecossistemas aquáticos, mensurando a importância na medição de condições ambientais a longo prazo, podendo detectar perturbações ocasionais. Estes dados fornecem uma visualização do cenário total, pois a estrutura da comunidade de um ecossistema aquático é composta por organismos que podem resistir, tolerar, competir, reproduzir e persistir em um dado habitat.

Resh e Jackson (2001) destacam a sensibilidade dos macroinvertebrados não só à poluição, mas também às mudanças no habitat, sugerindo o uso destes organismos biológicos como biodindicadores de qualidade de água. Villamarín, *et al.*, (2013) expõe que comunidades de macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizadas como indicadores biológicos em bacias hidrográficas.

Para sistematizar as respostas do biomonitoramento de qualidade de água utilizando estes organismos como variáveis biológicas, foram desenvolvidos os chamados índices bióticos, que relacionam as condições ecológicas, em geral considerando a composição taxonômica e dominância de alguns grupos tolerantes a poluição com as variáveis físicas e químicas dos sistemas aquáticos em estudo (ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010).

Assim sendo, as avaliações e monitoramentos ambientais atuam como ferramentas indispensáveis na elaboração de planos e estratégias de manejo para conservação e recuperação de ambientes naturais ou degradados (GUERESCHI, 2004).

### **2.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

A comunidade bentônica (de origem grega, *benthos* = profundidade) é composta por organismos que têm como particularidade a colonização do sedimento em ecossistemas aquáticos, ou a sua superfície. Apresentam distinção quanto à densidade, diversidade e função ecológica ao longo de um gradiente longitudinal (VANNOTE, *et al.*, 1980).

Os macroinvertebrados bentônicos são animais invertebrados visíveis a olho nu, com tamanho superior a 0,59 mm de diâmetro, que habitam no sedimento aquático, na interface água/sedimento ou associados a raízes de plantas aquáticas, alimentando-se de algas e microrganismos como fonte primária de recurso alimentar. São representados principalmente por moluscos, anelídeos, larvas de insetos e crustáceos (anfípodes, decápodos e isópodes) (CALLISTO, *et al.*, 2001; CARVALHO & UIEDA, 2004; ESTEVES, 2011;). Apresentam papel central na dinâmica de nutrientes e no fluxo de energia em alguns ecossistemas, participando do processo de decomposição de matéria orgânica alóctone e promovendo bioturbação, ressuspensão dos nutrientes inorgânicos que ficariam depositados junto ao sedimento após a decomposição (ESTEVES, 2011; APHA, 2012).

Além disso, algumas habilidades destes organismos facilitam a recolonização em diferentes microhabitats, como de enterrarem-se no leito ou rastejarem-se nos espaços intersticiais dos substratos (areias, seixos e folhas depositadas no fundo dos ecossistemas aquáticos), suas adaptações respiratórias e sua pouca mobilidade. Além disso, são organismos fáceis de serem amostrados a custos relativamente baixos (CALLISTO, *et al.*, 2001; BUSS, *et al.*, 2002; BICUDO & BICUDO, 2004; ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010).

Os invertebrados bentônicos são alguns dos organismos mais utilizados em avaliações de efeitos de impactos sobre ecossistemas aquáticos (ABÍLIO, *et al.*, 2007). Eles são considerados bons indicadores de qualidade de água por possuírem ciclos de vida com duração mais longa que os planctônicos e viverem de forma sésil durante semanas a alguns meses no compartimento sedimentar, tornando o monitoramento mais eficiente, pois é baseado não apenas na mensuração de parâmetros físicos e químicos (CALLISTO & GONÇALVES, 2005).

A presença de macrófitas em ecossistemas aquáticos contribui para o aumento considerável de invertebrados nestes ecossistemas (PINDER, 1996). Os habitats fornecidos por macrófitas flutuantes fornecem uma área apropriada para posturas, como refúgio, diversificação de alimentos e proteção contra predadores, sendo extremamente favoráveis para sustentar comunidades desses organismos, interferindo diretamente na abundância e riqueza dos mesmos (TRIVINHO-STRIXINO, *et al.*, 1997; ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010; THOMAZ & CUNHA, 2010),

A distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos ecossistemas aquáticos é heterogênea, sendo influenciada por diversos fatores, dentre eles a disponibilidade de alimento, o tipo de substrato, a temperatura, a concentração de oxigênio, mudanças no pH, turbidez, teor de matéria orgânica e profundidade da coluna d'água (MALTCHIK, *et al.*, 2002; MALTCHIK, *et al.*, 2003).

Os macroinvertebrados bentônicos possuem uma flexibilidade na dieta e um mecanismo de alimentação não seletivo, sendo possível classificá-los em grupos tróficos funcionais, facilitando a compreensão da estrutura da comunidade e das relações tróficas. Sendo assim, através da forma de obtenção do alimento, pode-se agrupar os táxons em guildas (predadores, coletor-coletor, fragmentadores, raspadores e coletor-filtrador), descritas a seguir de acordo com Callisto, *et al.* (2001); Mormul, *et al.* (2006); Chara, *et al.* (2010); Oliveira & Callisto (2010); Barbola, *et al.* (2011); Santos (2014); Telöken, *et al.* (2014); Santos e Rodrigues (2015):

**Predadores:** alimentam-se de fluídos e tecidos vivos ou mortos. Podem ser parasitas, extraindo recursos alimentares de seu hospedeiro sem levá-lo a morte; engolfadores, capturando a presa e a engolindo inteira; perfuradores, injetando o aparelho bucal na presa e sugando seus fluídos até ocasionar sua morte. São carnívoros e em menor escala, detritívoros.

**Coletores-coletores:** alimentam-se de matéria orgânica particulada fina, depositada no sedimento e substratos, resultante de processos físicos (abrasão), atividade de fragmentadores e da microbiota. São detritívoros em sua maioria, tanto de restos de origem vegetal quanto animal.

**Fragmentadores:** alimentam-se de matéria orgânica particulada grossa, como folhíço, ramos e demais recursos que chegam ao ecossistema de maneira alóctone e da fauna associada, como fungos, bactérias, microartrópodos, entre outros. Sua atividade trituradora disponibiliza partículas de menor dimensão para os demais componentes da biota. Organismos fragmentadores são predominantemente herbívoros e detritívoros e ocasionalmente carnívoros.

**Raspadores:** alimentam-se de algas que crescem sobre rochas, troncos submersos, entre outros, além de raízes e caules de macrófitas submersas. Ocorrem em maior abundância em locais bem oxigenados e na zona eufótica de lagos e rios, onde as condições para o desenvolvimento de plantas aquáticas são facilitadas. São herbívoros e detritívoros.



Coletores-filtradores: alimentam-se de microalgas, microbiota e detritos em suspensão na coluna d'água. São detritívoros, herbívoros e ocasionalmente carnívoros

Finalmente, segundo Goulart & Callisto (2003), os macroinvertebrados bentônicos são classificados em três grupos principais perante a tolerância de adversidades ambientais, sendo denominados organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes.

## 2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SANTA BÁRBARA

A Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara (ETA) (Figura 01), situada no município de Pelotas, Rio Grande do Sul, foi construída pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), em duas etapas. Sua primeira etapa foi concluída no ano de 1968 e sua segunda etapa, concluída no ano de 1985 (KORB, 2006).



**Figura 21:** Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul.

Baseado em Korb (2006), o objetivo da construção da Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara foi reforçar o abastecimento público de água potável para a cidade de Pelotas, utilizando da água bruta represada pela Barragem Santa Bárbara, construída com a canalização do arroio Santa Bárbara.

Atualmente, a ETA Santa Bárbara representa importante papel na sociedade do município, diante da sua eficiência na distribuição de água para a população. A ETA possui duas etapas de tratamento, capaz de produzir por dia 20 milhões de litros

de água tratada, sendo assim, totalizando 40 milhões de litros de água potável por dia (SANEP, 2019).

A ETA Santa Bárbara é responsável pelo abastecimento público de grande parte da cidade de Pelotas: Bairro Centro, Bairro Fragata, Bairro Fátima, Bairro Porto, Bairro Navegantes, Bairro Cohab e Bairro Distrito Industrial (SANEP, 2019).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H.; MEIRELES, B. N. & SANTANA, A. C. D. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga**. Oecol. Bras. 11 (3): 397-409 p. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Ministério do Meio Ambiente. Fundação Roberto Marinho. **Caderno do Projeto Caminho das Águas**. 110 p. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Ministério do Meio Ambiente. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2013.

ALBERTONI, E. F. & PALMA-SILVA, C. **Caracterização e importância dos invertebrados de água continentais com ênfase nos ambientes de Rio Grande**. Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, FURG, Rio Grande, RS. 2010.

ALLAN, J. D. **Landscapes and riverscapes: the influence of lan use on stream ecosystems**. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 35:257-284. 2004.

ANDRADE, C. C. **Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu (SP)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. 75 p. 2009.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; MIRANTE, M. H. P.; BENINI, S. M. **Gestão e qualidade dos recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. ED. ANAP, Tupã, SP. 95 p. 2016.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxocologia**. São Paulo: Rima. 322 p. 2003.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D.F. & EGLER, M. **Macroinvertebrados como bioindicadores de ecossistemas aquáticos contaminados por agrotóxicos**. In: PERES, F., and MOREIRA, JC., orgs. *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ,2003. p. 157-175. ISBN 85-7541-031-8. 2003.

BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M.; NASCIMENTO, E. A.; SEPKA, E. R.; POLEGATO, C. M. **Avaliação da comunidade de**

**macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório da bacia do Rio Pitangui. Paraná. Brasil.** Iheringia. Série Zoologia. v. 101, n. 2. 15-23 p. 2011.

BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. & GALDEAN, N. **The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil.** Aquatic Ecosystem Health & Management (in press). 2000.

BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia.** São Carlos: Rima, 2 ed. 371 p. 2004.

BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. **Amostragem em Limnologia.** Ed. Rima, 2ª ed., São Carlos, 371p. 2007.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. & SILVEIRA, M. P. **Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblage in a river basin in South-Est Brazil.** Hydrobiologia, 481: 125-136 p. 2002.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473 p. 2003.

BRINKHURST, R. O. **The benthosoflakes.** London: Mac Millan, 190 p. 1974.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos 6 (1): 71-82 p. 2001.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. **Bioindicadores bentônicos.** In: FÁBIO ROLAND, F.; CESAR, D. E MARCELA MARINHO, M. Lições de Limnologia. Editora Rima, 2005.

CARDINALE, B.J.; PALMER, M.A.; SWAN, C.M.; BROOKS, S. & POFF, N.L. **The influence of substrate heterogeneity on biofilm metabolism in a stream ecosystem.** Ecology, 83(2): 412-422 p. 2002.

CARVALHO, E. M. & UIEDA, V. S. **Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra Itatinga, São Paulo, Brasil.** Rv. Bras. Zoologia, 21(2): 287 – 293 p. 2004.

CHARA, A. M.; CHARA, J. D.; ZÚÑIGA, M.; PEDRAZA, G. X.; GIRALDO, L. P. **Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana.** U. Scient. v. 15, 27-36 p., 2010.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357 de maio de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília (DF). 374- 400 p. 2005.

CUMMINS, K. W.; MERRIT, R. W. & ANDRADE, P. C. N. **The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil.** *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 40 (1). 69 – 89 p. 2005.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência. 3ª ed. 826 p. 2011.

FREIRE, C. F. **Impacto de diversos usos do solo sobre o ribeirão Canchim (CPPSE - EMBRAPA), São Carlos, SP.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 79 p. 2000.

GOULART, M. & CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental.** *Revista da FAPAM*, ano 2, no 1. 2003.

GUERESCHI, R. M. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, São Paulo: subsídios para monitoramento ambiental.** Tese de Doutorado em Ciências em ênfase em Ecologia. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal São Carlos, São Carlos, São Paulo. 82 p. 2004.

KORB, C. C. **Identificação de depósitos tecnogênicos no reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS).** Dissertação de Mestrado em Geografia, pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. 2006.

KOVALENKO, K.E; THOMAZ, S.M. & WARFE, D.M. **Habitat complexity: approaches and future directions.** *Hydrobiologia*, 685: 1-17 p. 2012.

LÓPEZ-DOVAL, J. C.; MEIRELLES, S. T.; CARDOSO-SILVA, S.; MOSCHINI-CARLOS, V.; PÔMPEO, M. **Ecological and toxicological responses in a multistressor scenario: Are monitoring programs showing the stressors or just showing stress? A case study in Brazil.** *Science of The Total Environment*. v. 540. 466-476 p. 2016.

MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M. LIGEIRO, R.; FERREIRA, W. R.; CASTRO, M. A.; JUNQUEIRA, N. T.; OLIVEIRA, D. R.; FIRMIANO, K. R.; KAUFMANN, P. R.; POMPEU, P. S.; CALLISTO, M. **The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in Cerrado biome streams.** *Landscape Ecol.* 29:1001-1016 p. 2014.

MAGURRAN, A.E. **Diversidad ecológica y sumedición.** Barcelona: Vedral. 200 p. 1989.

MALTCHIK, L., COSTA, E. S., BECKER, C. G. & OLIVEIRA, A. E. **Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil).** *Pesquisas: Botânica*, v. 53, 89-100 p. 2003.

MALTCHIK, L., ROLON, A. S. & GROTH, C. **Diversidade de macrófitas aquáticas em áreas úmidas da Bacia do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul.** Pesquisas: Botânica, v. 52, 143-154 p. 2002.

MORMUL, R. P.; VIEIRA, L. A.; PRESSINATTE JÚNIOR, S.; MONKOLSKI, A.; SANTOS, A. M. dos. **Sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de duas plantas aquáticas (*Eichhornia azureae* *Polygonum ferrugineum*).** Acta Scientiarum. Biological Sciences, v.28. 109-115 p. 2006.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro.** Technical Books Editora, 1ª ed., Rio de Janeiro. 2010.

NIETO, C.; OVANDO, X. M. C.; LOYOLA, R. IZQUIERDO, A.; ROMERO, F.; MOLINERI, C.; RODRÍGUEZ, J.; MARTIN, P. R.; FERNÁNDEZ, H.; MANZO, V. **The role of macroinvertebrates for conservation of fresh water systems.** Revista Ecology and Evolution. 5502-5513 p. 2017.

OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. **Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment.** Iheringia. Série Zoologia, v.100. 291-300 p. 2010.

PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R.; ISOLDI, L. A.; FERREIRA, O. G. L. & HEEMANN, C. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil.** Ciência Rural, Santa Maria. v. 36, n. 2, mar-abr. ISSN 0103-8478 p. 2006.

PINDER, L. C. V. **Biology of fresh water Chironomidae.** Annu. Rev. Entomol., v. 31, n.1. 1–23 p. 1986.

RESH, H. V.; JACKSON, J. K. **Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates.** In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Kluwer Academic Publishers. 195-233 p. 2001.

SANEP, Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. **Estações de Tratamento.** Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/estacoes-de-tratamento/>>. Acessado em 03 de agosto de 2019.

SANTOS, K. P. dos. **Macroinvertebrados bentônicos e parâmetros físico-químicos como indicadores da qualidade da água de microbacias utilizadas para o abastecimento público da região metropolitana de Goiânia.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 69 p. 2014.

SANTOS, I. G. A. dos.; RODRIGUES, G. G. **Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do Nordeste Brasileiro.** Iheringia. Série Zoologia, v.105, 84-93 p. 2015.

SILVA, C. V. **Macroinvertebrados associados à macrófitas aquáticas flutuantes: distribuição, estrutura da comunidade e abordagem experimental.**

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, São Paulo. 222 p. 2015.

SILVA, D. R. O.; HERLIHYB, A. T.; HUGHESC, R. M.; CALLISTO, M. **An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in the neotropical savanna.** Ecological Indicators. v. 81. 514-525 p. 2017.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.** Jaguariúna, São Paulo. 2004.

STANDARD METHODS. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22th edition. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF, 2012.

TELÖKEN, F.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Leaf degradation of *Salix humboldtiana* willd: (Salicaceae) and invertebrate colonization in a subtropical lake (Brazil).** Acta Limnologica Brasileira, v.23. 30-41 p. 2011.

TELÖKEN, F.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Invertebrados aquáticos associados a serapilheira de *Salix humboldtiana* em um riacho subtropical.** Ecología Austral, v.24. 220-228 p. 2014.

THORNE, R. ST. J.; WILLIAMS, W. P. **The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment.** Freshwater Biology, v. 37, 671-686 p. 1997.

THURPP, L. A. **Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture.** International Affairs, v.76, 265-281 p. 2000.

THOMAZ, S. M. & CUNHA, E.R. **The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages, composition and biodiversity.** Acta Limnologica Brasiliensia, 22(2): 218-236 p. 2010.

THOMAZ, S. M. & BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: Um estudo na represa Itaipu. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** Botucatu: FUNDIBIO. 597-626 p. 1999.

TRIVINHO-STRIXINO, S; GESSNER, F. A.; CORREIA, L. **Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas das lagoas marginais da estação ecológica de Jataí (Luíz Antônio - SP).** Anais do Seminário Regional de Ecologia. v. 8. 1189 – 1198 p. 1997.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a escassez.** São Paulo: Rima. 2. ed. 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 631p. 2008.

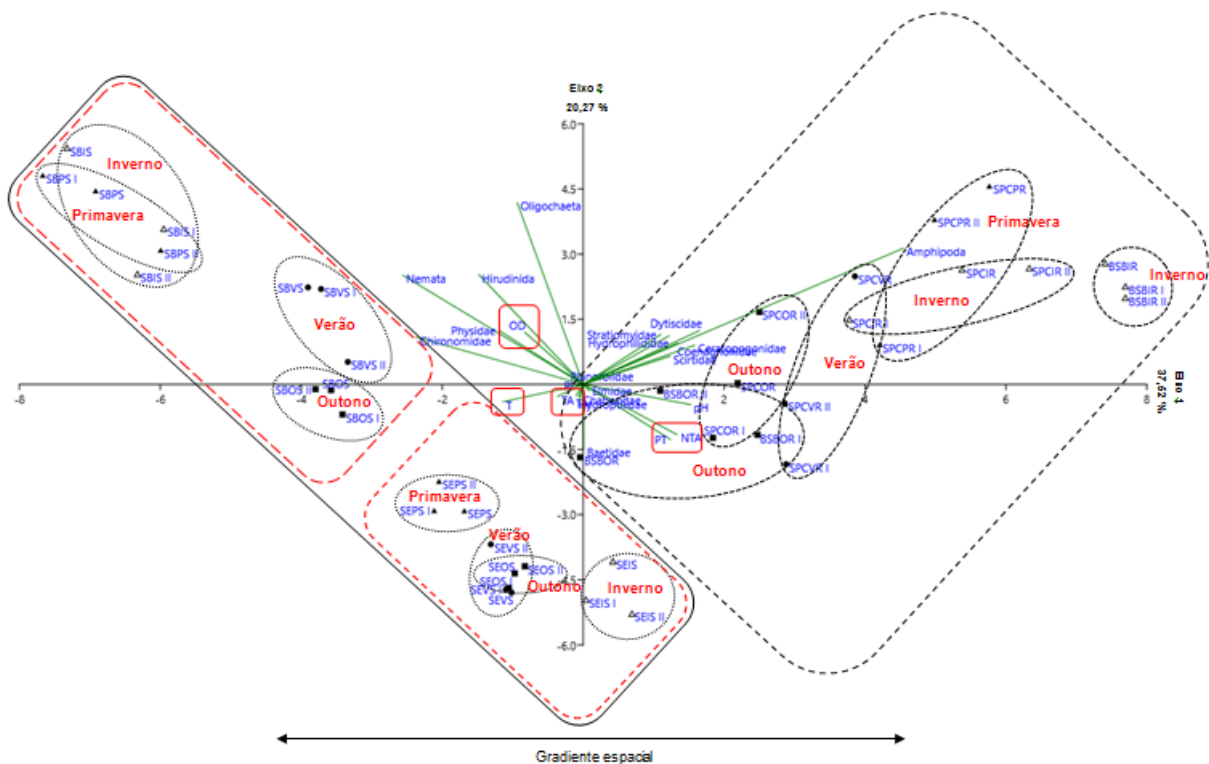
VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. **The river continuum concept**. Can J Fish AquatSci (37). 130-137. 1980.

VILLAMARÍN, C.; M.Rieradevall, M. J. Paul, M.T.Barbour, &N.Pratt. **A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index**. Ecological Indicators 29: 79–92 p. 2013.

WILHM, J.; DORRIS, T. **Biological parameters for water quality criteria**. Biological Science, v. 18, n. 6. 477-481 p. 1968.

WINCKLER, L. T.; GÜTHS, A. K. & GAYER, P. R. **Benthic macroinvertebrates and degradation of phytomass as indicators of ecosystem functions in flooded rice cropping**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 52, n. 4. 261-270 p. 2017.

## 4. APÊNDICES



**Figura 22.** Análise de Componentes Principais dos quatro pontos amostrais deste estudo. SBVS: Sanga da Barbuda - Verão - Surber; SBVS I: Sanga da Barbuda I - Verão - Surber; SBVS II: Sanga da Barbuda II - Verão - Surber; SEVS: Sanga do Epaminondas - Verão - Surber; SEVS I: Sanga do Epaminondas I - Verão - Surber; SEVS II: Sanga do Epaminondas II - Verão - Surber; SBOS: Sanga da Barbuda - Outono - Surber; SBOS I: Sanga da Barbuda I - Outono - Surber; SBOS II: Sanga da Barbuda II - Outono - Surber; SEOS: Sanga do Epaminondas - Outono - Surber; SEOS I: Sanga do Epaminondas I - Outono - Surber; SEOS II: Sanga do Epaminondas II - Outono - Surber; SBIS: Sanga da Barbuda - Inverno - Surber; SBIS I: Sanga da Barbuda I - Inverno - Surber; SBIS II: Sanga da Barbuda II - Inverno - Surber; SEIS: Sanga do Epaminondas - Inverno - Surber; SEIS I: Sanga do Epaminondas I - Inverno - Surber; SEIS II: Sanga do Epaminondas II - Inverno - Surber; SBPS: Sanga da Barbuda - Primavera - Surber; SBPS I: Sanga da Barbuda I - Primavera - Surber; SBPS II: Sanga da Barbuda II - Primavera - Surber; SEPS: Sanga do Epaminondas - Primavera - Surber; SEPS I: Sanga do Epaminondas I - Primavera - Surber; SEPS II: Sanga do Epaminondas II - Primavera - Surber; SPCVR: Sanga Passo do Cunha - Verão - Rede de Mãos; SPCVR I: Sanga Passo do Cunha I - Verão - Rede de Mãos; SPCVR II: Sanga Passo do Cunha II - Verão - Rede de Mãos; BSBVR: Barragem Santa Bárbara - Verão - Rede de Mãos; BSBVR I: Barragem Santa Bárbara I - Verão - Rede de Mãos; BSBVR II: Barragem Santa Bárbara II - Verão - Rede de Mãos; SPCOR: Sanga Passo do Cunha - Outono - Rede de Mãos; SPCOR I: Sanga Passo do Cunha I - Outono - Rede de Mãos; SPCOR II: Sanga Passo do Cunha II - Outono - Rede de Mãos; SPCIR: Sanga Passo do Cunha - Inverno - Rede de Mãos; SPCIR I: Sanga Passo do Cunha I - Inverno - Rede de Mãos; SPCIR II: Sanga Passo do Cunha II - Inverno - Rede de Mãos; SPCPR: Sanga Passo do Cunha - Primavera - Rede de Mãos; SPCPR I: Sanga Passo do Cunha I - Primavera - Rede de Mãos; SPCPR II: Sanga Passo do Cunha II - Primavera - Rede de Mãos; PT: Fósforo Total; NTA: Nitrogênio Amiacal Total; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: Potencial Hidrogeniônico; TA: Temperatura do Ar; T: Turbidez; ●: Verão; ■: Outono; Δ: Inverno e ▲: Primavera.  
Fonte: Autores (2018).

A Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 02) explicou 57,79% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos. O eixo 1 explicou 37,52% da



variabilidade dos dados, correlacionando positivamente com os fatores abióticos de fósforo total (0,16), nitrogênio amoniacal total (0,17) e pH (0,20). Por sua vez, os demais fatores abióticos localizaram-se no lado negativo desse eixo, sendo temperatura do ar (-0,01), temperatura da água (-0,04), turbidez (-0,15), oxigênio dissolvido (-0,11) e pluviosidade (-0,01). O eixo 2 desta ACP explicou 20,27% da variabilidade dos dados e mostrou que, na ordenação das variáveis, este eixo foi positivamente correlacionado somente com o oxigênio dissolvido (0,16), enquanto que os demais fatores abióticos obtiveram correlações negativas neste eixo, sendo fósforo total (-0,16), nitrogênio amoniacal total (-0,15), pH (-0,06), temperatura do ar (-0,03), temperatura da água (-0,03), turbidez (-0,05) e pluviosidade (-0,00).

Além disso, a análise de ACP também apresentou tendência a um gradiente sazonal definido pelo eixo 1 e um gradiente espacial, definido pelo eixo 2. Podemos observar que a ACP demonstra diferença entre o método de coleta utilizado, sendo o amostrador tipo Surber utilizado na SB e SE, e o amostrador tipo Rede de Mãos, utilizado na BSB e na SPC. Fica evidente a separação destes ecossistemas aquáticos, apresentando um gradiente espacial nos ecossistemas aquáticos coletados com o amostrador tipo Surber, destacando a diferença na sanidade dos mesmos.

A presença de organismos mais tolerantes como Chironomidae, Oligochaeta, Hirudinida e Nemata, apresentaram-se para o lado das coletas realizadas com o amostrador do tipo Surber, preferencialmente na SB, visto que é um ecossistema aquático que sofre ações antropogênicas, em relação a SE. Ressaltamos ainda a presença constante e abundante do grupo Amphipoda nas amostras coletadas com o amostrador Rede de Mãos, associado diretamente com a oferta de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio.

**Tabela 1.** Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Surber, na Sanga da Barbuda (SB) e na Sanga do Epaminondas (SE), durante o ano de 2018.

TÁXONS	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Fq	GTF
	SB	SE	SB	SE	SB	SE	SB	SE		
<b>Platyhelminthes</b>										
Turbellaria	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac	P
<b>Nemata</b>	207	NQ	63	NQ	2.270	NQ	100	NQ	As	P
<b>Annelida</b>										
Oligochaeta	1.456	NQ	407	11	1.518	7	504	4	Ct	Cc
Hirudinida	163	11	274	15	374	NQ	1.359	307	Ct	P
<b>Arthropoda</b>										
<b>Insecta</b>										
<b>Ephemeroptera</b>										
Baetidae	NQ	30	NQ	193	NQ	NQ	NQ	41	As	Cc
Caenidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	37	Ac	Cc
<b>Odonata</b>										
Libellulidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Gomphidae	NQ	33	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	P
<b>Coleoptera</b>										
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	4	Ac	F
Elmidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	48	Ac	R
Halplidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	Cf
Hydrophilidae	NQ	NQ	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Scirtidae	NQ	NQ	7	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	Cf
<b>Diptera</b>										
Chironomidae	41	804	3.096	137	1.518	7	3.970	578	Ct	Cc
Culicidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac	Cf
Stratiomyiidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac	Cc
Sciomyzidae	NQ	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Chaboridae	NQ	18	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Ceratopogonidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	Cc-P
<b>Tricoptera</b>										
Hydroptilidae	NQ	NQ	NQ	7	NQ	NQ	NQ	7	Ac	R
<b>Chelicerata</b>										
Acari	4	22	NQ	4	NQ	NQ	NQ	48	As	P
<b>Mollusca</b>										
<b>Gastropoda</b>										
Hydrobilidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	R
Planorbiidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac	R
Physidae	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	911	NQ	Ac	R
<b>Riqueza</b>	5	10	6	7	5	2	9	9		
<b>Abundância</b>	1.870	933	3.851	371	5.684	14	6.872	1.074		

Ocorrência de Frequência (Fq): Ac - Acidental, As - Acessórias, Ct - Constante. NQ - Não quantificado. GTF - Grupos Tróficos Funcionais.

**Tabela 2.** Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo *Core*, na bacia de acumulação (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), nas estações de inverno e primavera, no ano de 2018.

TÁXONS	Inverno			Primavera				GTF
	BSB	SB	SE	BSB	SB	SE	SPC	
<b>Nemata</b>	1921	NQ	960	NQ	722	NQ	NQ	P
<b>Annelida</b>								
Oligochaeta	1921	28901	476	722	5780	722	3612	Cc
Hirudinida	NQ	960	NQ	NQ	233	238	722	P
<b>Arthropoda</b>								
<b>Crustaceae</b>								
Amphipoda	238	NQ	238	NQ	NQ	238	4335	T
<b>Insecta</b>								
<b>Ephemeroptera</b>								
Baetidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Cc
<b>Coleoptera</b>								
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	F
Elmidae	NQ	NQ	238	NQ	NQ	238	NQ	R
Hydrophilidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
Scirtidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Cf
Noteridae	238	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
<b>Diptera</b>								
Chironomidae	238	11560	722	722	1445	2406	722	Cc
Culicidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Cf
Tipulidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
<b>Chelicerata</b>								
Acari	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
<b>Mollusca</b>								
<b>Gastropoda</b>								
Physidae	NQ	722	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	R
<b>Riqueza</b>	5	4	5	2	4	5	4	
<b>Abundância</b>	4556	42143	2634	1444	8180	3842	9391	

NQ - Não quantificado. GTF - Grupos Tróficos Funcionais.

**Tabela 3.** Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo *Core*, na bacia de acumulação (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), nas estações de verão e outono, no ano de 2018.

TÁXONS	Verão				Outono				GTF
	BSB	SB	SE	SPC	BSB	SB	SE	SPC	
<b>Nemata</b>	NQ	9870	NQ	NQ	NQ	1684	NQ	238	P
<b>Annelida</b>									
Oligochaeta	1199	39256	4574	4090	1684	13728	238	4335	Cc
Hirudinida	NQ	961	NQ	NQ	238	5535	NQ	1199	P
<b>Arthropoda</b>									
<b>Crustaceae</b>									
Amphipoda	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	1199	T
<b>Insecta</b>									
<b>Ephemeroptera</b>									
Baetidae	NQ	NQ	NQ	477	NQ	NQ	2890	NQ	Cc
<b>Coleoptera</b>									
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	238	F
Elmidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	R
Hydrophilidae	NQ	NQ	NQ	238	NQ	NQ	NQ	NQ	P
Scirtidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	723	Cf
Noteridae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
<b>Diptera</b>									
Chironomidae	2168	238	11561	2168	2168	11561	477	1199	Cc
Culicidae	NQ	NQ	NQ	238	NQ	NQ	NQ	NQ	Cf
Tipulidae	NQ	NQ	477	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	P
<b>Chelicerata</b>									
Acari	238	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	238	P
<b>Mollusca</b>									
<b>Gastropoda</b>									
Physidae	NQ	238	NQ	NQ	NQ	238	NQ	NQ	R
<b>Riqueza</b>	3	5	3	5	3	5	3	8	
<b>Abundância</b>	3605	50563	16611	7211	4090	32746	3605	9371	

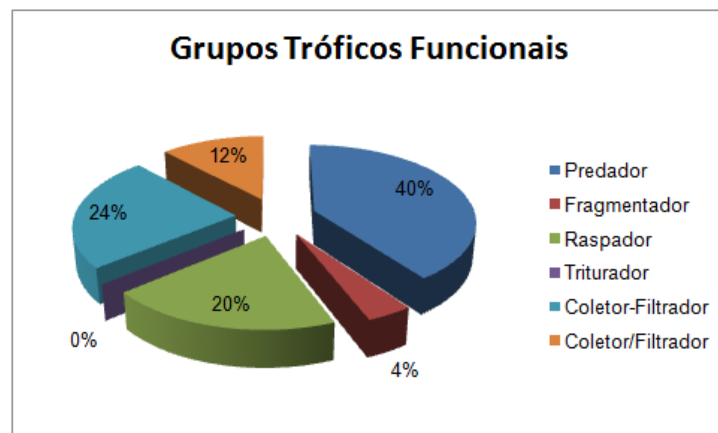
NQ - Não Quantificado. GTF - Grupos Tróficos Funcionais.

**Tabela 4.** Resultados: abundância, riqueza, ocorrência de frequência e grupos tróficos funcionais dos Macroinvertebrados Bentônicos, coletadas com o amostrador tipo Rede de Mãos, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e na Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018.

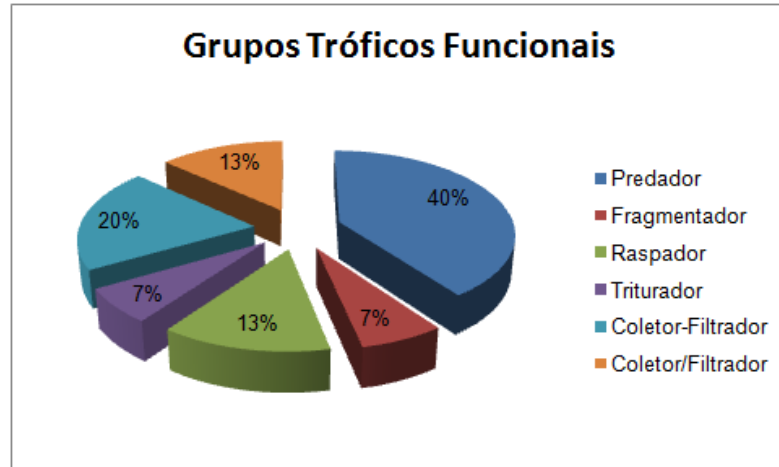
TÁXONS	V	O		I		P	Fq	GTF
	SPC	BSB	SPC	BSB	SPC	SPC		
<b>Platyhelminthes</b>								
Turbellaria	NQ	43	9	335	NQ	NQ	As	P
Nemata	NQ	5	NQ	NQ	NQ	2	As	P
<b>Annelida</b>								
Oligochaeta	509	186	190	21	38	536	Ct	Cc
Hirudinida	NQ	9	4	41	95	7	Ct	P
<b>Arthropoda</b>								
<b>Crustaceae</b>								
Amphipoda	264	163	272	2562	1135	2203	Ct	F
<b>Insecta</b>								
<b>Ephemeroptera</b>								
Baetidae	87	NQ	4	NQ	NQ	NQ	As	Cc
Caenidae	NQ	15	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	Cc
<b>Odonata</b>								
Libellulidae	NQ	NQ	8	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Dictyrididae	NQ	9	9	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Calopterygidae	NQ	NQ	8	NQ	NQ	NQ	Ac	P
Coenagrionidae	17	5	4	27	7	21	Ct	P
<b>Coleoptera</b>								
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	93	18	2	As	F
Dytiscidae	127	NQ	8	99	14	26	Ct	P
Hydrophilidae	48	NQ	5	36	11	10	Ct	P
Scirtidae	132	206	161	5	3	14	Ct	Cf
Helodidae	6	16	NQ	NQ	NQ	NQ	As	R
Carabidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac	P
Noteridae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac	P
Lompyridae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac	P
Hydroscaphidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac	P
Dryophidae	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac	R
Elmidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	16	Ac	R
<b>Diptera</b>								
Chironomidae	1092	311	280	5	7	94	Ct	Cc
Culicidae	129	NQ	31	NQ	NQ	NQ	As	Cf

Stratiomyiidae	8	NQ	NQ	308	21	NQ	As	Cc
Charboridae	15	22	30	NQ	NQ	NQ	As	P
Ceratopogonidae	NQ	5	5	481	93	NQ	Ct	Cc/P
Ephydriidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac	P
<b>Tricoptera</b>								
Hydroptilidae	NQ	NQ	5	NQ	NQ	NQ	Ac	R
<b>Lepidoptera</b>	4	NQ	NQ	15	NQ	NQ	As	F/R
<b>Hemiptera</b>								
Pleidae	8	NQ	NQ	20	NQ	3	As	P
<b>Chelicerata</b>								
Acari	12	NQ	8	110	17	2	Ct	P
<b>Mollusca</b>								
<b>Gastropoda</b>								
Planorbiidae	12	9	NQ	NQ	NQ	4	As	R
Physidae	9	NQ	4	NQ	23	NQ	As	R
<b>Bivalvia</b>	62	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac	Cf
<b>Riqueza</b>	18	14	19	20	14	14		
<b>Abundância</b>	2559	1004	1045	4168	1489	2940		

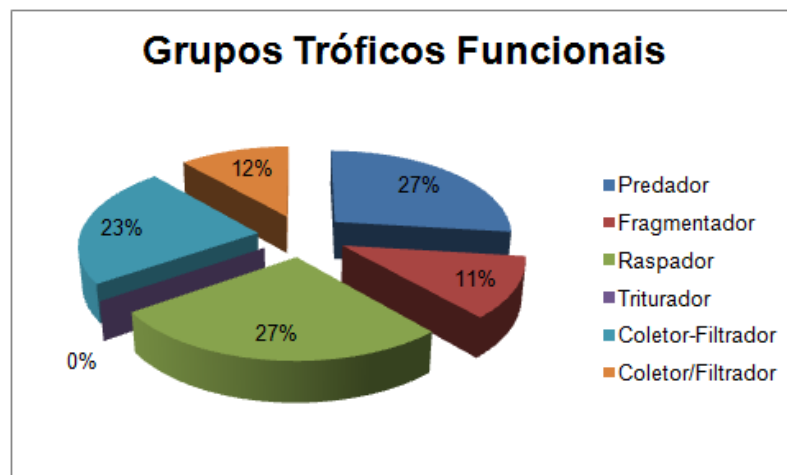
Ocorrência de Frequência (Fq): Acidental (Ac), Acessórias (As), Constante (Ct); Não quantificado (NQ); Barragem Santa Bárbara (BSB); Sanga do Passo do Cunha (SPC); Verão (V); Outono (O); Inverno (I) e Primavera (P). Grupos Tróficos Funcionais (GTF).



**Figura 23.** Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo Surber, na Sanga da Barbuda e na Sanga do Epaminondas, durante o ano de 2018.



**Figura 24.** Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo *Core*, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e nos tributários da Barragem Santa Bárbara, Sanga da Barbuda (SB), Sanga do Epaminondas (SE) e Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018.



**Figura 25.** Grupos Tróficos Funcionais de Macroinvertebrados Bentônicos coletados com o amostrador tipo Rede de Mãos, na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (BSB) e na Sanga do Passo do Cunha (SPC), durante o ano de 2018.

## 5. PRODUÇÃO CIENTÍFICA OU TECNOLÓGICA

### 5.1 ARTIGO 1: REVISTA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

#### **Invertebrados bentônicos associados a macrófitas aquáticas em um reservatório subtropical brasileiro**

Matheus Lamera Novack<sup>1</sup>, Lucas Reinaldo Wachholz Romano<sup>2</sup>, Caroline Nunes Barboza<sup>3</sup>, Letícia Vianna do Nascimento<sup>4</sup>, Eliete Regina Bertazzo Canterle<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestrando no Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSul, CEP: 96015-360, Pelotas, RS, Brasil, [matheus.novack10@gmail.com](mailto:matheus.novack10@gmail.com);

<sup>2</sup>Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, CEP: 96143-971, Pelotas, RS, Brasil, [lucasromano18@outlook.com](mailto:lucasromano18@outlook.com);

<sup>3</sup>Bióloga Colaboradora, CEP: 96070-205, Pelotas, RS, Brasil, [carolinenunesbarboza@gmail.com](mailto:carolinenunesbarboza@gmail.com);

<sup>4</sup>Bióloga do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas – SANEP, CEP: 96075-330, Pelotas, RS, Brasil, [levn791ster@gmail.com](mailto:levn791ster@gmail.com);

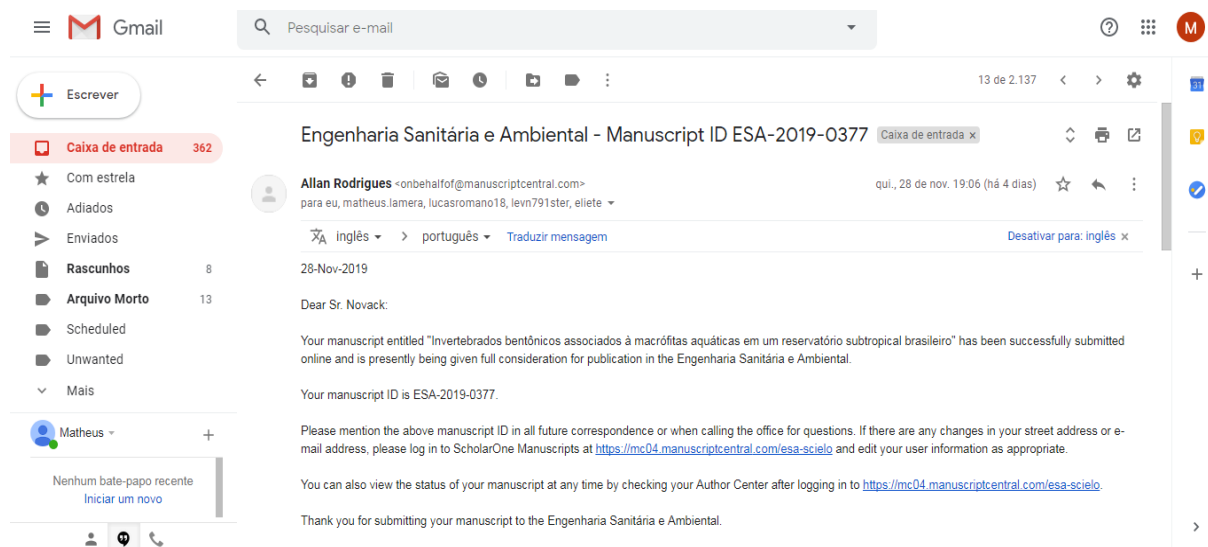
<sup>5</sup>Professora no Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSul, CEP: 96015-360, Pelotas, RS, Brasil, [eliete@pelotas.ifsul.edu.br](mailto:eliete@pelotas.ifsul.edu.br);

**RESUMO:** As atividades humanas afetam a disponibilidade e qualidade da água em muitos ecossistemas aquáticos. A Barragem Santa Bárbara é um importante manancial de abastecimento público do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados a macrófitas aquáticas e suas relações com a qualidade da água na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul. Foram realizadas quatro amostragens no ano de 2018, contemplando a sazonalidade, em dois pontos, sendo um na Sanga do Passo do Cunha e outro no interior da bacia de acumulação da Barragem. Em laboratório, foram realizadas as análises físico-químicas para correlacionar com as análises biológicas. Os



macroinvertebrados bentônicos foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível. Para análise de dados, foram utilizadas análises de regressão múltipla, ANOVA e Análise de Componentes Principais. Os macroinvertebrados foram analisados também quanto à ocorrência de freqüência, riqueza e abundância, e ao índice de diversidade de Shannon-Wiener. Foi possível registrar 13.154 espécimes de macroinvertebrados bentônicos divididos em 35 táxons, e distribuídos em 09 ordens e 27 famílias. Os grupos mais abundantes foram Amphipoda, Chironomidae e Oligochaeta, os quais são organismos mais tolerantes. O índice de diversidade apresentou uma média de  $H' = 1,67$ , classificando o ecossistema aquático como moderadamente poluído. As ferramentas utilizadas neste estudo são úteis para ações de planejamento e desenvolvimento para a preservação de mananciais, principalmente os utilizados para abastecimento público.

**PALAVRAS-CHAVE:** diversidade; análises físico-químicas; estresse ambiental; riqueza; abundância.



**Figura 26.** E-mail de confirmação de submissão de artigo científico para Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental.



The screenshot displays the author interface for the journal 'Engenharia Sanitária e Ambiental'. At the top, the user is identified as 'Mathaus Novack' in Portuguese. The main navigation includes 'Início' and 'Autor'. The 'Painel Autor' (Author Panel) on the left contains links for '1 Manuscritos submetidos', 'Iniciar nova Submissão', 'Instruções herdadas', and '5 e-mails mais recentes'. The central area, titled 'Manuscritos submetidos', features a table with the following data:

STATUS	ID	TÍTULO	CRIADO	SUBMETIDO
ADM: <a href="#">Rodrigues, Allan</a>	ESA-2019-0377	Invertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas em um reservatório subtropical brasileiro	28-nov-2019	28-nov-2019
• Aguardando processamento pelo administrador				

**Figura 27.** Protocolo de confirmação de submissão de artigo científico para Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram a distinção entre as alterações na qualidade da água entre os pontos estudados e a relação dos bioindicadores com os substratos amostrados. Este estudo auxilia ainda na interpretação das alterações na qualidade da água, além de contribuir com a geração de dados sobre a caracterização da bacia de acumalação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários.

Foi possível registrar 235.748 espécimes de macroinvertebrados bentônicos, sendo 22.602 organismos coletados com o amostrador tipo Surber, divididos em 24 táxons, e distribuídos em 06 ordens e 19 famílias; 13.154 organismos coletados com o amostrador Rede de Mãos, divididos em 35 táxons, distribuídos em 09 ordens e 27 famílias; e 199.992 organismos coletados com o amostrador tipo *Core*, divididos em 15 táxons, e distribuídos em 05 ordens e 10 famílias. Os resultados obtidos com o amostrador tipo *Core* evidenciam o erro amostral referente à metodologia utilizada para o uso deste tipo de amostrador, visto que o mesmo oferece a menor área amostral, aumentando assim o erro na conversão dos resultados. Destaca-se a presença frequente em todas as amostras coletadas dos táxons de Chironomidae e Oligochaeta, os quais apresentam características tolerantes diante de diversos fatores de estresse ambiental, tornando-os eficientes bioindicadores de qualidade da água e degradação ambiental.

Destacam-se o fósforo total, o nitrogênio amoniacal total, o oxigênio dissolvido e as temperaturas do ar e da água, como as variáveis físico-químicas registradas neste estudo que melhor explicam a influência direta com a abundância e riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nos ecossistemas aquáticos. A presença em determinadas concentrações destas variáveis implica na biodiversidade dos ecossistemas aquáticos, determinando a presença de determinados grupos de macroinvertebrados bentônicos.

A presença de organismos tolerantes, resistentes e constantes, característicos de ambientes mais eutrofizados, demonstra que a integridade dos ecossistemas aquáticos sofre, provavelmente, a interferência do uso e ocupação do entorno destes.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente às condições físico-químicas registradas neste estudo, apenas a Sanga da Barbuda apresenta condições com níveis elevados de concentração de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e redução de oxigênio dissolvido, favorecendo o desenvolvimento de táxons de

macroinvertebrados bentônicos classificados como tolerantes, sendo os demais táxons, reduzidos neste mesmo período.

Os macroinvertebrados bentônicos são uma comunidade biológica importante em ecossistemas aquáticos. No presente estudo, observa-se que a Barragem Santa Bárbara é composta por uma comunidade de invertebrados com baixo índice de diversidade, provavelmente, devido à constituição do sistema aquático e a evolução do uso e ocupação do entorno da represa e seus tributários.

Diante disso, torna-se importante enfatizar a necessidade de desenvolver pesquisas com a realização de biomonitoramento nos ecossistemas aquáticos, principalmente em mananciais utilizados para abastecimento de água potável, através da utilização de organismos biológicos, neste caso, macroinvertebrados bentônicos.

## 7. ANEXOS

### 7.1 MATERIAL COMPLEMENTAR

**Tabela 05.** Amostradores de macroinvertebrados bentônicos mais indicados para diferentes tipos de substratos, segundo o corpo d'água a ser amostrado.

Corpo d'água	Tipo de substrato	Amostradores
Rios/Riachos: Habitat erosional	Substrato mais grosso, cascalho e areia	Amostradores por sucção, Redes, Surber
Rios/Riachos: Habitat deposicional	Substrato mais fino (areia fina a lodo)	Cores manuais, Redes e amostradores por sucção
Lagoas	Sob vegetação	Cores manuais, Redes, Amostradores por sucção
	Sem vegetação	Cores manuais, Amostradores por sucção

Fonte: (BRINKHURST, 1974).

**Tabela 6.** Vantagens e desvantagens apresentados pelos amostradores de macroinvertebrados bentônicos.

Amostrador	Vantagens	Desvantagens
<b>Core</b>	Boa penetração em sedimentos moles; pequeno volume de unidade amostral, permite análise de número maior de réplicas em curto intervalo de tempo; no caso dos manuais, podem ser usados em ambientes rasos; pequena perturbação da interface água/substrato.	Tamanho pequeno da unidade amostral pode ser problema em situações em que os organismos são escassos; operação por gravidade em alguns modelos; não retém areia; perda de organismos.
<b>Rede</b>	Amostrador de baixo custo; portáteis; leves e robustas; podem ser usados em uma variedade de ambientes rasos.	Perda de material pelas laterais do amostrador quando a malha é muito fina, em razão do refluxo de água quando há obstrução da rede; perda de organismos pequenos se a abertura da malha for muito grande.
<b>Surber</b>	Delimita a área amostrada; facilmente transportado e construído; amostra unidade de área.	Dificuldade de disposição em alguns tipos de substrato; eficiência baixa em fluxo lento porque os organismos não são arrastados para o interior da rede; amostragem limitada a profundidade inferior a 30 cm.

Fonte: (BRINKHURST, 1974).

## 7.2 ARTIGO 1: ÍNTEGRA DO ARTIGO SUBMETIDO

### **Invertebrados bentônicos associados a macrófitas aquáticas em um reservatório subtropical brasileiro**

**RESUMO:** As atividades humanas afetam a disponibilidade e qualidade da água em muitos ecossistemas aquáticos. A Barragem Santa Bárbara é um importante manancial de abastecimento público do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados a macrófitas aquáticas e suas relações com a qualidade da água na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul. Foram realizadas quatro amostragens no ano de 2018, contemplando a sazonalidade, em dois pontos, sendo um na Sanga do Passo do Cunha e outro no interior da bacia de acumulação da Barragem. Em laboratório, foram realizadas as análises físico-químicas para correlacionar com as análises biológicas. Os macroinvertebrados bentônicos foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível. Para análise de dados, foram utilizadas análises de regressão múltipla, ANOVA e Análise de Componentes Principais. Os macroinvertebrados foram analisados também quanto à ocorrência de frequência, riqueza e abundância, e ao índice de diversidade de Shannon-Wiener. Foi possível registrar 13.154 espécimes de macroinvertebrados bentônicos divididos em 35 táxons, e distribuídos em 09 ordens e 27 famílias. Os grupos mais abundantes foram Amphipoda, Chironomidae e Oligochaeta, os quais são organismos mais tolerantes. O índice de diversidade apresentou uma média de  $H' = 1,67$ , classificando o ecossistema aquático como moderadamente poluído. As ferramentas utilizadas neste estudo são úteis para ações de planejamento e desenvolvimento para a preservação de mananciais, principalmente os utilizados para abastecimento público.

**PALAVRAS-CHAVE:** diversidade; análises físico-químicas; estresse ambiental; riqueza; abundância.

### **Benthic invertebrates associated with the aquatic macrophytes in a Brazilian subtropical reservoir**

**ABSTRACT:** Human activities affect water availability and quality in many aquatic ecosystems. Santa Bárbara Dam is an important source of public water supply in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil. The aim of this study was to evaluate the community of benthic macroinvertebrates associated with aquatic macrophytes and their relationship with water quality in Santa Bárbara Dam accumulation basin. Four samplings were carried out in 2018, considering the seasonality, in two points, one in Sanga do Passo do Cunha and another one in the dam accumulation basin. In the laboratory, physicochemical analysis were performed to correlate with the biological analysis. Benthic macroinvertebrates were sorted and identified at the lowest possible taxonomic level. For data analysis, multiple regression analysis, ANOVA and Principal Component Analysis were used. Macroinvertebrates were also analyzed for the occurrence of frequency, richness and abundance, as well as Shannon-Wiener diversity index. It was possible to record 13,154 benthic macroinvertebrate species divided into 35 taxa and distributed in 9 orders and 27 families. The most abundant

groups were Amphipoda, Chironomidae and Oligochaeta, which are the toughest organisms. The diversity index presented an average of  $H' = 1.67$ , classifying the aquatic ecosystem as moderately polluted. The tools used in this study are useful for planning and development actions for the preservation of water sources, especially those used for public supply.

**KEYWORDS:** diversity; physicochemical analysis; environmental stress; richness; abundance.

## INTRODUÇÃO

As atividades humanas que afetam o ciclo hidrológico, a disponibilidade de água e o acesso à água têm se intensificado e se tornado mais complexas desde a metade do século XX (TUNDISI & TUNDISI, 2015). Muitos ambientes aquáticos são mananciais de abastecimento humano, por isso a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece critérios para garantir que o sistema hídrico contenha sanidade adequada para o processo de tratamento.

A Barragem Santa Bárbara é um reservatório utilizado para abastecimento público do município de Pelotas, Rio Grande do Sul. Com o crescimento da zona urbana, este ambiente aquático vem sofrendo um processo de eutrofização acelerado. Mesmo assim, Peil et al. (2016) relatam que o sistema de tratamento de água do município é eficaz, sendo que a água distribuída à população é de boa qualidade. No entanto, a água destinada para o consumo humano deve ser avaliada de forma frequente.

A presença de macrófitas aquáticas contribuem positivamente para o metabolismo dos ecossistemas, para a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (POMPÊO, 2017). Os habitats fornecidos por macrófitas aquáticas flutuantes, representam uma área apropriada para posturas, como refúgio, diversificação de alimentos e proteção contra predadores, sendo extremamente favoráveis para sustentar comunidades de organismos bentônicos (ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010).

Diversos fatores determinam a diversidade e composição de macrófitas aquáticas. Entretanto, os de origem antrópica como o excesso de nutrientes oriundos descarga de efluentes domésticos e industriais e a erosão de terras agrícolas são os mais preocupantes (DINIZ et al. 2018).

Os macroinvertebrados bentônicos são animais invertebrados que habitam no sedimento aquático, na coluna da água ou associados a raízes de plantas aquáticas

e representam importante papel central na dinâmica de nutrientes e no fluxo de energia em alguns ecossistemas (APHA, 2012; ESTEVES, 2011).

Eles são utilizados como bioindicadores de qualidade de água devido suas vantagens em relação a outros métodos, no qual podemos destacar o monitoramento em longo prazo, pouca mobilidade, sua abundância, são organismos de fácil amostragem e os equipamentos utilizados na coleta são acessíveis (BARBOSA, 2016).

Martins et al. (2015), reforçam a importância de avaliar as condições ecológicas do reservatório em várias escalas, ressaltando que o monitoramento da qualidade ambiental é muito importante para o gerenciamento de recursos naturais modificado por seres humanos, sensíveis a alterações no tempo e espaço, e sujeito a múltiplos usos concorrentes.

Com isso, torna-se evidente a importância da conservação e manutenção de ecossistemas aquáticos, visando à segurança hídrica, a partir de um sistema de monitoramento efetivo de qualidade da água. Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas e suas relações com a qualidade da água na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, no ano de 2018. Foram realizadas quatro coletas, contemplando a sazonalidade do ano em questão, sendo realizadas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, em dois pontos amostrais, sendo um na Sanga do Passo do Cunha (S 31°42.038'/W 052°22.715') e outro no interior da bacia de acumulação, próximo ao ponto de captação de água bruta para abastecimento (S 31°43'36" W 52°22'01").

### *2.1. Área de estudo*

A Barragem Santa Bárbara (Figura 1) localiza-se no município de Pelotas, RS, sendo construída na década de 1960 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Dela é captada água bruta para a Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara, construída a jusante da Barragem, a qual produz mais de 40



milhões L.dia<sup>-1</sup>, representando mais de 50 % da distribuição de água potável para o município de Pelotas (SANEP, 2019).



**Figura 1. Localização Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.**  
**Fonte: Santos (2004).**

A Barragem Santa Bárbara possui atualmente 352 hectares inundados, onde se encontra a água represada, com uma profundidade média na bacia de acumulação, de 3 a 4 m, e com um volume de água estimado em 10 bilhões de litros de água. Apresenta, também, 359 hectares de Área de Proteção Permanente (APP) ao seu redor, e atualmente, é abastecida por três principais afluentes, vulgarmente conhecidos por Sanga da Barbuda, Sanga do Epaminondas e Sanga do Passo do Cunha (SANEP, 2019).

O clima da região, segundo Kottek, et al. (2006), é considerado subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen-Geider. Os períodos de precipitação são distribuídos ao longo do ano, sem estações secas definidas.

A bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara está inserida em uma paisagem onde predomina a vegetação de banhado com a formação de alguns capões de mata. Como o ecossistema do lago da barragem foi criado artificialmente, não exhibe uma mata ciliar original, mas sim, uma mata que se formou posteriormente no entorno da área inundada, apresentando vegetação típica de estágios de regeneração.

A partir de observações “in loco” se verificou que muitos dos lotes inundados apresentavam silvicultura com *Eucaliptus* sp. (Eucalipto) e ainda é possível encontrar “tocos” destas árvores na área inundada. Além deste, é comum encontrar na cobertura vegetal do entorno do lago: *Mimosa bimucronata* (Maricá), *Schinus*

*terebinthifolius* (Aroeira-vermelha) e *Pinus* sp. (Pinheiro). Nas áreas mais baixas observa-se vegetação de banhado, composta por espécies como *Typha domingensis* (Taboa), *Scirpus* sp. e *Eryngium* sp. (Gravatá) (Figura 2a).

No ponto amostral da Barragem Santa Bárbara o sedimento encontrado é basicamente composto por areia fina e argila, formando uma composição homogênea. A altura da lâmina d'água varia conforme a sazonalidade do ano (precipitação). Não apresenta correnteza, sendo assim, é considerado ambiente aquático lântico.

A Sanga do Passo do Cunha apresenta nascentes ao norte da Barragem Santa Bárbara e recebe efluentes agrícolas, originados da pecuária leiteira, fruticultura, avicultura e florestamento (PIEDRAS et al. 2006).

O ponto amostral na Sanga do Passo do Cunha está localizado no encontro com a bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara onde, geralmente, apresenta uma densa cobertura de macrófitas aquáticas, principalmente *Salvinia* sp. (Marrequinha) e *Pistia stratiotes* (Alface d'água). O entorno é composto por mata ciliar, que apresenta silvicultura de *Eucalyptus* sp. (Eucalipto) e alguns exemplares de *Mimosa bimucronata* (Maricá) e *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-vermelha). Apresenta sedimento compactado e denso, composto por argila, enquanto que a coluna da água varia em torno de 0,50 m a 1,20 m de profundidade e, diante do pouco fluxo de correnteza, é considerado ambiente aquático lântico (Figura 2b).

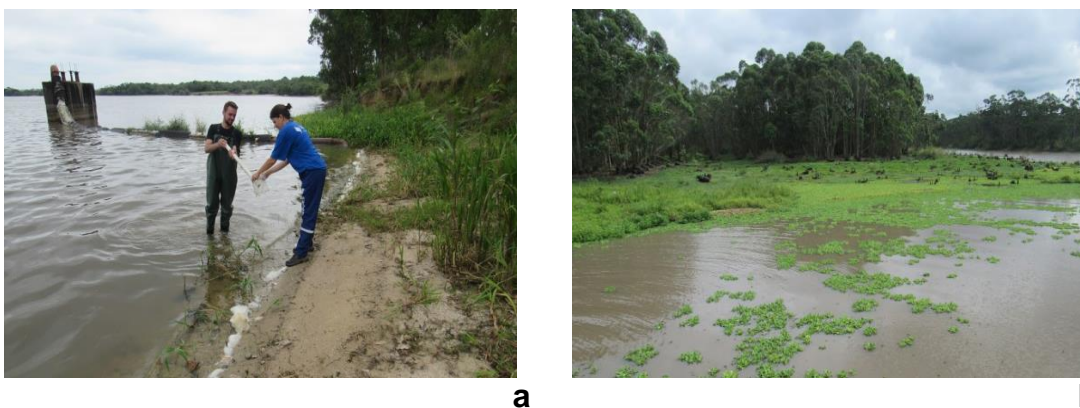


Figura 2: (a) Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul; (b) Sanga do Passo do Cunha.

## 2.2. Amostras

Em cada ponto amostral foi tomada uma amostra da água para a realização das análises físico-químicas e três réplicas de substrato (macrófitas aquáticas) para análises de macroinvertebrados bentônicos. Também foi efetuada a medição de temperatura do ar e da água.

As amostras de água bruta foram coletadas com balde e corda, armazenadas em frascos de vidro ou plástico, adequados e identificados para cada análise. Os frascos foram, acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados para o laboratório de análises físico-químicas da Estação de Tratamento de Água (ETA) Santa Bárbara, no Departamento de Tratamento, do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) onde foram desenvolvidas as análises.

As macrófitas aquáticas foram coletadas com o amostrador tipo “Rede de mãos” e a metodologia utilizada neste estudo foi baseada em Silveira et al. (2004), além de Bicudo & Bicudo (2007). Após foram imediatamente conduzidas ao laboratório de hidrobiologia, também situado na ETA Santa Bárbara, SANEP.

Em laboratório, as análises físico-químicas foram realizadas de acordo com APHA (2012), onde foram determinadas quantificações de fósforo total (P), nitrogênio amoniacal total ( $\text{NH}_3$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{O}_2$ ), pH (Potencial Hidrogeniônico) e turbidez. Os resultados foram comparados a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e dá outras providências.

Concomitante às análises físico-química, as amostras de macrófitas aquáticas, ao chegarem ao laboratório, passaram por um processo de lavagem em água corrente sob peneira 250  $\mu\text{m}$ , visando desprender os espécimes associados, sendo os mesmos então fixados em álcool 70%, para análises posteriores.

Após a lavagem das macrófitas e separação dos macroinvertebrados bentônicos, ocorreu a secagem da biomassa das plantas, que foram colocadas em estufa elétrica (SOLIDSTEEEL 85 L) a 60 °C. Diariamente, foi realizada a pesagem das macrófitas, até que o peso seco estivesse estabilizado, para estimar o número de organismos associados a 100 g de peso seco das plantas, para então obter o resultado final da amostra (GLOWACKA et al. 1976).

Os macroinvertebrados bentônicos associados às macrófitas aquáticas foram, inicialmente, triados em lupa estereoscópica (PRECISION), e identificados ao menor nível taxonômico possível com auxílio de chaves taxonômicas (MUGNAI et al. 2010). Todos os espécimes foram depositados na Coleção Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.

Os macroinvertebrados bentônicos foram submetidos à análise de riqueza e abundância de espécimes, sendo que a riqueza foi calculada pela somatória dos táxons identificados nas amostras por período de amostragem e a abundância foi calculada pela somatória dos espécimes de cada local e estação.

A constância de ocorrência foi calculada segundo Winckler et al. (2017), considerando que as espécies foram classificadas em três grupos: Espécies acidentais (espécies que ocorreram em até 25 % das amostras); Espécies Acessórias (espécies que ocorreram entre 25 e 50 % das amostras), e Espécies Constantes (espécies que ocorreram acima de 50 % das amostras, com base na equação a seguir:

$$C = [(número\ de\ amostras\ com\ espécies / número\ total\ de\ amostras) \times 100].$$

Além do índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de acordo com Magurran (1989):

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i, p_i = n_i / N \quad (1)$$

Sendo:

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener;

$p_i$  = Proporção de indivíduos da  $i$ -ésima espécie;

$\ln$  = logaritmo de base neperiano ( $e$ );

$n_i$  = número de indivíduos amostrados para a espécie  $i$ ;

$N$  = número total de indivíduos amostrados.

Foi atribuído valores de  $H'$  segundo Wilhm & Dorris (1968), onde:

-  $<1,0$  foram associados a águas altamente poluídas;

-  $H' > 3,0$  com águas não poluídas;

- e o intervalo de  $1,0 < H' < 3,0$  foi associado a águas moderadamente poluídas.

### 2.3. Análise de Dados

Para a análise de dados foi utilizado o software Statistica. Foram utilizadas técnicas de regressão múltipla para melhorar a compreensão e explicar as relações entre os fatores bióticos e abióticos, além da realização da análise de variância - ANOVA, para comparar as diferenças entre os ambientes estudados. A Análise de Principais Componentes (PCA) foi aplicada para determinar o cenário dos diferentes pontos de coleta. Um nível de probabilidade de  $P < 0,05$  foi usado para determinar a significância estatística.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físicos e químicos analisados durante o período estudado foram comparados com a Resolução Conama 357/2005, que estabelece os padrões de qualidade de água utilizados para abastecimento público, sendo considerados como classe II, segundo Art. 42 desta Resolução e estão apresentados na Tabela 01.

**Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos da água da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.**

Estações de Coleta	V		O		I		P
Local da Coleta	SPC	BSB	SPC	BSB	SPC	SPC	
Parâmetros							
<b>Fósforo Total (mg P/L)</b>	0,49	0,82	1,00	0,42	0,25	0,44	
<b>Nitrogênio Amoniacal Total (mg NH<sub>3</sub>/L)</b>	2,05	1,48	1,33	1,19	0,65	0,89	
<b>Oxigênio Dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	8,10	7,03	6,30	8,00	7,80	5,6	
<b>pH</b>	7,05	7,27	7,20	6,67	6,80	7,17	
<b>Temperatura do Ar ( °C)</b>	25,00	15,80	15,00	12,80	11,00	24,00	
<b>Temperatura da Água ( °C)</b>	28,00	19,00	16,00	13,80	14,00	25,00	
<b>Turbidez (NTU)</b>	83,40	64,09	51,50	33,05	35,80	42,64	

Verão (V); Outono (O); Inverno (I); Primavera (P); Barragem Santa Bárbara (BSB) e Sanga do Passo do Cunha (SPC).

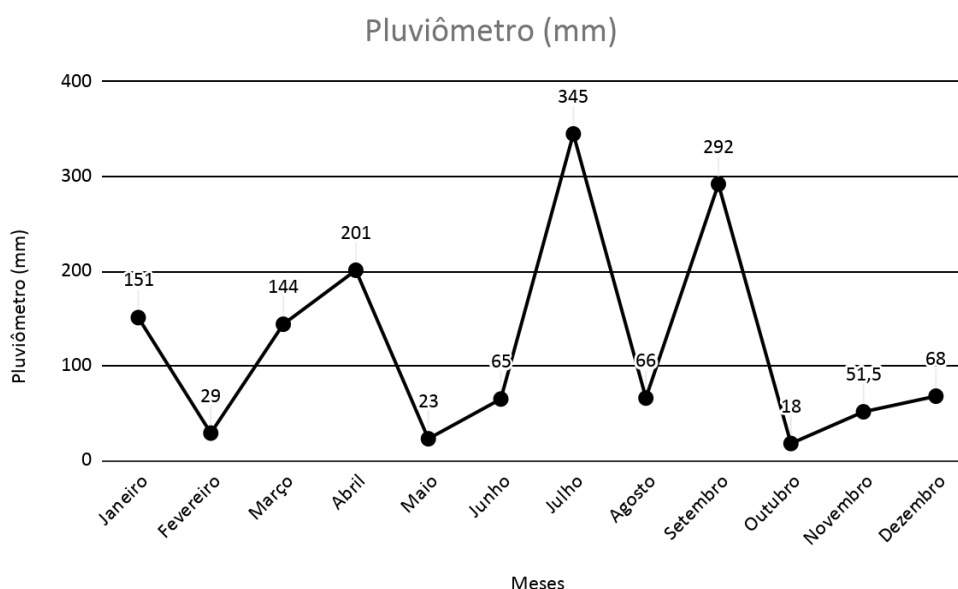
Os parâmetros de oxigênio dissolvido, pH e turbidez apresentaram resultados dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução Conama 357/2005. Resultados semelhantes foram registrados por Novack et al. (2015) e Kath et al.

(2017). Salienta-se que há registros de elevação de pH em períodos de florações de cianobactérias, conforme dados fornecidos pelo SANEP.

As temperaturas do ar e da água apresentaram-se na faixa de 11 °C a 28 °C. Gloria et al. (2017) descrevem que a elevação de temperatura, na maioria das vezes, aumenta o índice de reações físicas, químicas e biológicas, diminuindo a solubilidade dos gases como, por exemplo, o oxigênio. Haidekker e Hering (2008) relatam que a temperatura é um fator determinante nas características dos macroinvertebrados bentônicos, afetando o desenvolvimento embrionário, o crescimento, o funcionamento e o metabolismo destes organismos.

Observou-se que apenas o parâmetro fósforo total, em todos os pontos coletados, excedeu o valor máximo permitido de 0,050 mg.L<sup>-1</sup> dessa resolução. Viola et al. (2016), encontraram valores elevados de fósforo em ambientes aquáticos e atribuíram sua origem a fontes pontuais de poluição, como os esgotos sanitários.

No entanto, os resultados de nitrogênio amoniacal total estiveram dentro do limite permitido pela resolução de 3,7 mg.L<sup>-1</sup>. Os trabalhos de Peláez-Rodríguez (2001) e Pareschi (2008) associam o incremento no valor de nitrogênio amoniacal total ao aumento da poluição orgânica.



**Figura 3. Índice de pluviosidade no ano de 2018.**  
Fonte: SANEP (2018).

Os valores mais elevados registrados para pluviosidade (Figura 3) ocorreram em julho (345 mm), na estação do inverno, e em setembro (292 mm), durante a

estação da primavera. Já os menores registros ocorreram em outubro (18 mm), na estação da primavera, e em maio (23 mm) na estação do outono. No presente estudo, nos meses em que foram realizadas as coletas, foram registrados baixos valores de precipitação. Este fato pode ter favorecido a manutenção da composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos períodos de coleta (Tabela 02). Hynes (1972) e Brandimarte (1997) descrevem a forte influência do ciclo hidrológico sobre a sazonalidade, resultando a uma drástica redução do número de organismos durante o período chuvoso, uma vez que, a chuva provoca a dispersão e arraste de partículas, ocasionando maior dificuldade de permanência dos organismos e deriva da fauna. No entanto, Callisto et al. (2001) registraram aumento da presença de macroinvertebrados bentônicos em períodos elevados de chuva, alegando que este evento natural aumenta a profundidade e habitats disponíveis para colonização dos organismos bentônicos.

As coletas realizadas no ponto de captação da Barragem Santa Bárbara foram associadas ao deslocamento do estande de macrófitas no lago da Barragem (bacia de acumulação), sendo que o maior registro de macrófitas ocorre na Sanga do Passo do Cunha, deduzindo-se que o estande se desloque desse ponto até o ponto de captação.

Em relação à presença de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 02), associados à macrófitas aquáticas (*Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp) foi possível registrar 13.154 organismos, divididos em 35 táxons, e distribuídos em 09 ordens e 27 famílias.

**Tabela 2. Abundância, riqueza e ocorrência de frequência da fauna de macroinvertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.**

Estações do ano	V	O		I		P	Fq
TÁXONS	SPC	BSB	SPC	BSB	SPC	SPC	
<b>Platyhelminthes</b>							
Turbellaria	NQ	43	9	335	NQ	NQ	As
Nemata	NQ	5	NQ	NQ	NQ	2	As
<b>Annelida</b>							
Oligochaeta	509	186	190	21	38	536	Ct
Hirudinida	NQ	9	4	41	95	7	Ct
<b>Arthropoda</b>							
<b>Crustaceae</b>							
Amphipoda	264	163	272	2562	1135	2203	Ct

<b>Insecta</b>							
<b>Ephemeroptera</b>							
Baetidae	87	NQ	4	NQ	NQ	NQ	As
Caenidae	NQ	15	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Odonata</b>							
Libellulidae	NQ	NQ	8	NQ	NQ	NQ	Ac
Dictyridae	NQ	9	9	NQ	NQ	NQ	Ac
Calopterygidae	NQ	NQ	8	NQ	NQ	NQ	Ac
Coenagrionidae	17	5	4	27	7	21	Ct
<b>Coleoptera</b>							
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	93	18	2	As
Dytiscidae	127	NQ	8	99	14	26	Ct
Hydrophilidae	48	NQ	5	36	11	10	Ct
Scirtidae	132	206	161	5	3	14	Ct
Helodidae	6	16	NQ	NQ	NQ	NQ	As
Carabidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac
Noteridae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac
Lompyridae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac
Hydroscaphidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac
Dryophidae	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac
Elmidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	16	Ac
<b>Diptera</b>							
Chironomidae	1092	311	280	5	7	94	Ct
Culicidae	129	NQ	31	NQ	NQ	NQ	As
Stratiomyidae	8	NQ	NQ	308	21	NQ	As
Charboridae	15	22	30	NQ	NQ	NQ	As
Ceratopogonidae	NQ	5	5	481	93	NQ	Ct
Ephydriidae	NQ	NQ	NQ	2	NQ	NQ	Ac
<b>Tricoptera</b>							
Hydroptilidae	NQ	NQ	5	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Lepidoptera</b>	4	NQ	NQ	15	NQ	NQ	As
<b>Hemiptera</b>							
Pleidae	8	NQ	NQ	20	NQ	3	As
<b>Chelicerata</b>							
Acari	12	NQ	8	110	17	2	Ct
<b>Mollusca</b>							
<b>Gastropoda</b>							
Planorbidae	12	9	NQ	NQ	NQ	4	As
Physidae	9	NQ	4	NQ	23	NQ	As
<b>Bivalvia</b>	62	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Riqueza</b>	18	14	19	20	14	14	
<b>Abundância</b>	2559	1004	1045	4168	1489	2940	

Ocorrência de Frequência (Fq): Acidental (Ac), Acessórias (As), Constante (Ct); Não quantificado (NQ); Barragem Santa Bárbara (BSB); Sanga do Passo do Cunha (SPC); Verão (V); Outono (O); Inverno (I) e Primavera (P).

**Fonte: Autores (2018).**



De acordo com resultados obtidos neste estudo, podemos verificar que a SPC registrou a maior riqueza (19 táxons) de macroinvertebrados bentônicos na estação do outono, e maior abundância (2.940 espécimes) na estação da primavera (Tabela 2). Enquanto que a BSB registrou sua maior riqueza (20 táxons) e maior abundância (4.168 espécimes) na estação do inverno (Tabela 2).

Diversos fatores afetam a diminuição da abundância e riqueza dos macroinvertebrados bentônicos, principalmente o descarte de efluentes orgânicos nos ecossistemas aquáticos. Smith et al. (2007) relatam que o aporte de nutrientes em ecossistemas aquáticos influenciam grandemente a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Diante disso, a análise de regressão múltipla (Tabela 3) demonstra a importância da ação do conjunto de variáveis físico-químicas para a determinação da abundância e riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nos ambientes estudados.

**Tabela 3. Resultados da análise de regressão múltipla incluindo variáveis físico-químicas e macroinvertebrados bentônicos.**

Variável Independente	Variável Dependente	F	P	R <sup>2</sup>
Fósforo Total; Nitrogênio Amoniacal Total, pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura do Ar e da Água e Turbidez.	Hirudinida	22,52	0,00002	0,89
	Amphipoda	9,28	0,00110	0,86
	Ceratopogonidae	21,88	0,00002	0,93
	Stratiomyidae	41,7	P<0,00001	0,96

A ocorrência dos grupos de Hirudinida ( $P<0,00002$ ;  $n=3$ ), Amphipoda ( $P<0,00110$ ;  $n=3$ ), Ceratopogonidae ( $P<0,00002$ ;  $n=3$ ) e Stratiomyidae ( $P<0,00001$ ;  $n=3$ ), apresentaram relação significativa com as variáveis físico-químicas analisadas neste estudo, explicando a abundância destes organismos diante deste cenário.

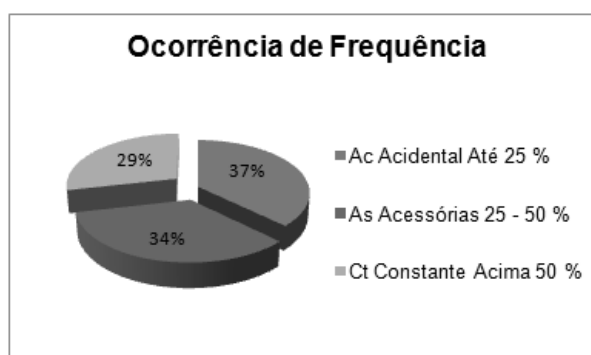
Observou-se a presença constante de cinco táxons de macroinvertebrados bentônicos, sendo Oligochaeta, Chironomidae, Coenagrionidae, Scirtidae e Amphipoda, sendo este último, o táxon mais abundante.

A abundância de plantas aquáticas disponibiliza grande quantidade de matéria orgânica, energia e heterogeneidade de habitat, favorecendo a presença da biodiversidade macroinvertebrados bentônicos (ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010).

Saulino & Trivinho-Strixino (2014) relatam que o maior volume das raízes de *Eichhornia azurea* em uma lagoa marginal, no Pantanal (MS), proporcionou maior

disponibilidade de microhabitats para a fauna de macroinvertebrados, favorecendo assim, o aumento da abundância e riqueza da fauna de macroinvertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas.

Conforme a classificação por ocorrência de frequência (Figura 4, Tabela 02), foram registrados 13 táxons como acidentais, 12 táxons acessórios e 10 táxons constantes, destacando neste último os táxons de Amphipoda, Chironomidae e Oligochaeta.



**Figura 4. Ocorrência de Frequência de macroinvertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas na barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, no ano de 2018.**  
**Fonte: Autores (2018).**

Após o grupo Amphipoda, os táxons Chironomidae e Oligochaeta apresentaram maior abundância de macroinvertebrados bentônicos associados à macrófitas aquáticas. Estes organismos comportam-se como tolerantes diante de sua plasticidade alimentar e alto poder adaptativo a diferentes substratos e diferentes situações de estresse ambiental (WINCKLER et al. 2017).

Resultados semelhantes foram observados por Abertoni et al. (2007) em ambientes lênticos, onde as comunidades de invertebrados associados às macrófitas aquáticas foram encontrados, registrando os táxons de Chironomidae, Daphniidae e Cyclopidae, Oligochaeta e Coenagrionidae com maiores densidades de indivíduos.

Diniz et al. (2018) registrou alta densidade de organismos encontrados na Lagoa das Capivaras, no município de Araçatuba, em São Paulo, especialmente Oligochaeta e Chironomidae, em presença de baixo teor de oxigênio dissolvido. Este fato serve como alerta, pois muitas dessas espécies de invertebrados habitam ambientes poluídos e são tolerantes às condições anóxicas e adversas da água. No presente estudo, o oxigênio dissolvido teve seus resultados em torno de 7,13 mg.L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>, e ainda assim foi possível registrar abundância dos táxons de Chironomidae e Oligochaeta.

O índice de diversidade de  $H'$  (Tabela 04), apresenta seus maiores registros nas estações do outono ( $H'= 1,84$ ) e primavera ( $H'= 2,10$ ) na SPC e na estação do outono ( $H'=1,84$ ) na BSB.

**Tabela 4. Classificação do índice de diversidade de Shannon-Wiener para os locais de coletas nas diferentes estações do ano.**

Estações de Coleta	Verão	Outono		Inverno		Primavera
Locais de Coleta	SPC	BSB	SPC	BSB	SPC	SPC
$H'$	1,85	1,85	1,86	1,24	1,15	2,10
Classificação	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP

Águas moderadamente poluídas (AMP); Barragem Santa Bárbara (BSB) e Sanga do Passo do Cunha (SPC).

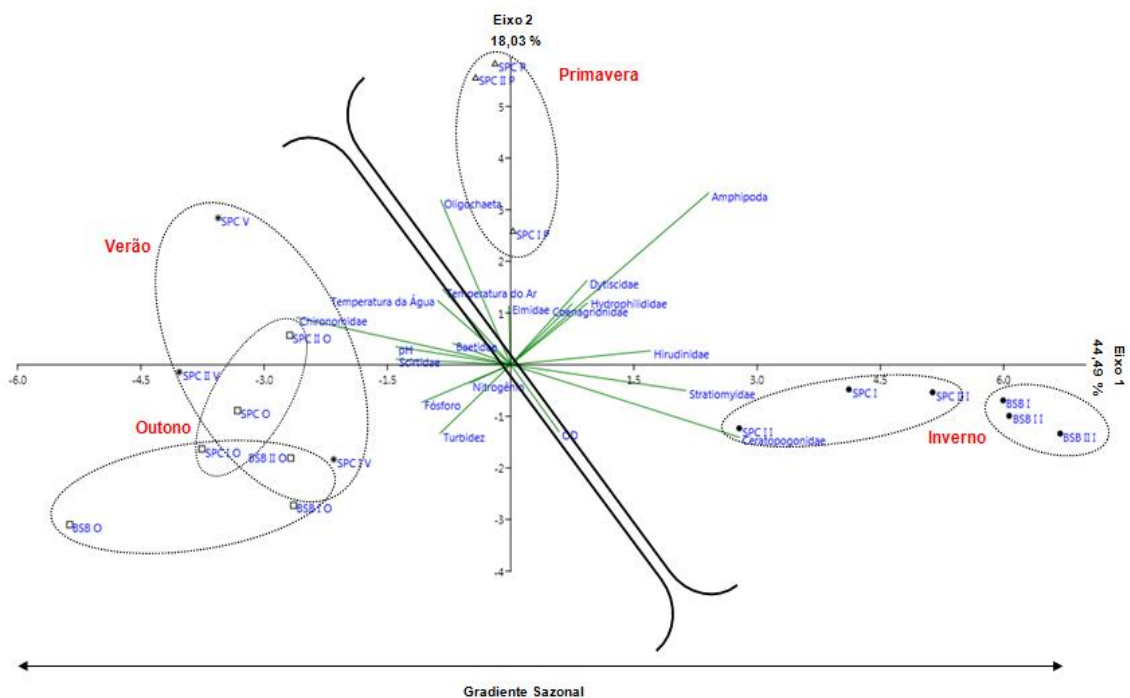
**Fonte: Autores (2018).**

Piedras et al. (2006) registrou  $H' = 1,60$  na Barragem Santa Bárbara e  $H' = 1,44$  na Sanga do Passo do Cunha, sendo as amostras coletadas com o amostrador do tipo “Core”. Rauen et al. (2018) registraram  $H'=1,6$  em dados de biodiversidade na bacia do Rio Passaúna, no ano de 2014, indicando um ecossistema aquático moderadamente degradado, tipicamente associado com o represamento de cursos de água e com um certo grau de comprometimento da qualidade da água, onde a poluição era tipicamente por cargas orgânicas e de nutrientes. Isso pode ser explicado pelo fato de que alguns organismos são sensíveis à mudança de habitat, enquanto outros podem ser classificados como tolerante ou resistente (GOULART; CALLISTO, 2003). Rauen et al. (2018) relacionam os resultados de  $H'$  com influência de níveis alterados de outros produtos químicos ou questões de habitat físico.

Em um estudo realizado por Tundisi & Matsumura - Tundisi (2008), diversos grupos de macroinvertebrados bentônicos apresentaram baixa tolerância a níveis reduzidos de oxigênio, enquanto que outros com adaptações morfológicas ou fisiológicas especiais toleraram concentrações mais altas.

A PCA (Figura 5) explicou 62,52% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos. O eixo 1 explicou 44,49% da variabilidade dos dados, correlacionando apenas o oxigênio dissolvido positivamente (0,09), enquanto que as demais unidades experimentais localizaram-se no lado negativo desse eixo: pH (-0,22), fósforo total (-0,17), temperatura da água (-0,14), turbidez (-0,14), temperatura

do ar (-0,13) e nitrogênio amoniacal total (-0,09). O eixo 2 explicou 18,03% da variabilidade dos dados e mostrou que, na ordenação das variáveis, este eixo foi positivamente correlacionado com temperatura do ar (0,23), temperatura da água (0,20) e pH (0,05). Por sua vez, o mesmo eixo, obteve correlações negativas com turbidez (-0,21), oxigênio dissolvido (-0,20), fósforo total (-0,11) e nitrogênio amoniacal total (-0,06). A análise de PCA também apresentou tendência a um gradiente sazonal definido pelo eixo 1.



**Figura 5. Análise de Principais Componentes entre os dois pontos amostrais e as quatro estações do ano de 2018.**

**SPC V: Sanga Passo do Cunha - Verão; SPC I V: Sanga Passo do Cunha I - Verão; SPC II V: Sanga Passo do Cunha II - Verão; BSB V: Barragem Santa Bárbara - Verão; BSB I V: Barragem Santa Bárbara I - Verão; BSB II V: Barragem Santa Bárbara II - Verão; SPC O: Sanga Passo do Cunha - Outono; SPC I O: Sanga Passo do Cunha I - Outono; SPC II O: Sanga Passo do Cunha II - Outono; SPC I: Sanga Passo do Cunha - Inverno; SPC I I: Sanga Passo do Cunha I - Inverno; SPC II I: Sanga Passo do Cunha II - Inverno; SPC P: Sanga Passo do Cunha - Primavera; SPC I P: Sanga Passo do Cunha I - Primavera; SPC II P: Sanga Passo do Cunha II - Primavera; OD: Oxigênio Dissolvido. \* : Verão; (A): Outono; ● : Inverno e Δ: Primavera.**  
**Fonte: Autores (2018).**

Especialmente na estação do inverno, podemos observar maiores abundâncias para os grupos de Stratiomyidae Ceratopogonidae, enquanto que na estação do verão, tivemos o aumento do grupo Chironomidae, representando mais de 40% dos espécimes amostrados. O grupo amphipoda teve destaque nas estações de inverno e primavera.

Os parâmetros de oxigênio dissolvido, temperatura do ar e temperatura da água determinaram a separação do gradiente sazonal, registrando uma discrepância entre as estações de inverno e primavera. No entanto, as estações de verão e outono apresentaram similaridade nos dados, sendo incrementadas pela oferta de nutrientes, especialmente fósforo total e nitrogênio amoniacal total. O OD separa a estação do inverno para os dois pontos amostrais. No entanto, a análise de variância não apresentou diferenças significativas entre os ambientes estudados.

Os resultados deste trabalho fornecem conhecimentos básicos, a partir, do uso de bioindicadores aliados a fatores físicos e químicos, para caracterização de um ecossistema aquático.

## **CONCLUSÕES**

Apenas o parâmetro de fósforo total, apresentou seus resultados elevados segundo a resolução Conama 357/2005, em todos os pontos amostrados.

Foi possível registrar 13.154 espécimes de macroinvertebrados bentônicos associados à dois tipos de macrófitas aquáticas registradas (*Pistia stratiotes* e *Salvinia sp*), divididos em 35 táxons, distribuídos em 09 ordens e 27 famílias. Destacamos a presença frequente em todas as amostras coletadas dos táxons de Oligochaeta, Chironomidae, Coenagrionidae, Scirtidae e Amphipoda, sendo este último, o grupo mais abundante.

Os resultados de índice de diversidade, classificados como “águas moderadamente poluídas”, demonstram o registro constante de organismos resistentes, característicos de ambientes mais eutrofizados, demonstrando que a integridade dos ecossistemas aquáticos sofre, provavelmente, a interferência da ocupação do entorno destes.

O cenário obtido através da Análise de Componentes Principais sugere um gradiente sazonal para os pontos amostrais. Podemos observar dados similares nas estações de verão e outono, com incremento de nutrientes e aumento de temperaturas. Já a primavera na SPC encontra-se discrepante dos demais pontos e estações. Ainda, O OD separa a estação do inverno entre os dois pontos amostrais (BSB e SPC) das demais estações.

Os dois pontos estudados apresentaram impacto moderadamente poluído em termos de diversidade de macroinvertebrados bentônicos.

Sugere-se mais estudos nesta área, para que se possa ampliar a contribuição relativa aos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ALBERTONI, E. F. & PALMA-SILVA, C. 2010. **Caracterização e importância dos invertebrados de água continentais com ênfase nos ambientes de Rio Grande**. Caderno de Ecologia Aquática. v 5., n.1. Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, FURG, Rio Grande, RS.

ALBERTONI, E. F.; PRELLVITZ, L. J.; PALMA-SILVA, C. 2007. **Macroinvertebrate fauna associated with *Pistia stratiotes* and *Nymphoides indica* at subtropical lakes (South Brazil)**. Revista Brasileira de Biologia, v. 67, n. 3. p. 499-507.

BARBOSA, A. H. S.; SILVA, C. S. P.; ARAÚJO, S. E.; LIMA, T. B. B. & DANTAS, I. M. 2016. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-Mossoró**. HOLOS, ano 32, v. 7.

BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. 2007. **Amostragem em Limnologia**. Ed. Rima, 2ª ed., São Carlos. 371p.

BRANDIMARTE, A. L. 1997. **Impactos limnológicos da construção do reservatório de aproveitamento múltiplo do rio Mogi-Guaçu (SP, Brasil) sobre a comunidade de invertebrados bentônicos**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 97 p.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. 2001. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 6. n. 1. 71 - 82 p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. **Resolução nº 357 de maio de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial União. Brasília (DF). 374- 400 p.

DINIZ, F. M.; SANTOS, M. O.; MELO, S. M. 2018. **Levantamento da fauna de macroinvertebrados associados à macrófitas aquáticas**. Journal of Environmental Analysis and Progress. v. 03 n. 01. 086-091 p.

ESTEVES, F. A. 2011. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 3ª ed. 826 p.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C. & HILGEMANN, M. 2017. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água - IQA**. Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1. 103-119 p.

GLOWACKA, I. 1976. Invertebrates associated with Macrophytes. In: PIECZYNSKA, E. (ed.), Selected problems of lake littoral ecology, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawskiego: Warszawa, 238 p.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM, ano 2, no 1.

HAIDEKKER, A.; HERING, D. 2008. **Relationship between benthic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera) and temperature in small and medium-sized streams in Germany: a multivariate study**. Aquatic Ecology, v. 42, n. 3. 463-481 p.

HYNES, H. B. N. 1972. **The ecology of running Waters**. Liverpool University Press. 555 p.

KATH, A. H.; TIMM, J. G.; MONKS, J. L. F. 2017. **Caracterização de parâmetros físico – químicos e correlações com o manganês nos afluentes da barragem Santa Bárbara, Pelotas/RS**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.8, n.2. 34-48 p.

KOTTEK, M.; GRIESER, L.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. 2006. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v.15. 259-263 p.

MAGURRAN, A. E. 1989. **Diversidad ecológica y su medición**. Barcelona: Vedral. 200 p.

MARTINS, I.; SANCHES, B.; KAUFMANN, P. R.; HUGHES, R. M.; SANTOS, G. B.; MOLOZZI, J. & CALLISTO, M. 2015. **Ecological assessment of a southeastern Brazil reservoir**. Biota Neotropica 15 (1): e20140061,

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, 1ª ed., Rio de Janeiro.

NOVACK, M. L.; NASCIMENTO, L. V.; NEITZEL, L. H. & BRUM, A. A. 2015. **Caracterização da água bruta da Barragem Santa Bárbara - Pelotas/RS**. XXIV Congresso de Iniciação Científica, I Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão - UFPel. Universidade Federal de Pelotas.

PARESCHI, D. C. 2008. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)**. Tese de doutorado. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 169 p.

PEIL, G.H.S.; KUSS, A.V. & GONÇALVES, M.C.F. **Avaliação da qualidade bacteriológica da água utilizada para abastecimento público no município de Pelotas - RS - Brasil.** *Ciência e Natura*, v.37 n.1, 2015, 79 – 84 p.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. 2001. **Avaliação da qualidade da água da bacia do alto Jacaré-Guaçu/SP (ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho), através de variáveis químicas, físicas e biológicas.** Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 175 p.

PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R.; ISOLDI, L. A.; FERREIRA, O. G. L. & HEEMANN, C. 2006. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil.** *Ciência Rural*, Santa Maria. v. 36, n. 2, mar-abr.

POMPÊO, M. 2017. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros.** Instituto de Bio-ciências da USP, São Paulo.

RAUEN, W. B.; FERRARESI, A. C.; MARANHO, L.; OLIVEIRA, E.; COSTA, R.; ALCANTARA, J.; DZIEDZIC, M. 2018. **Index-based and compliance assessment of water quality for a Brazilian subtropical reservoir.** *Engenharia Sanitária Ambiental*. v.23, n.5. p 841-848.

SANEP, Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. 2019. **Estações de Tratamento.** Disponível em: <<https://portal.sanep.com.br/agua/sistema-captacao>>. Acessado em 13 de Outubro de 2019.

SANTOS, J.P. **Caracterização da área de contribuição do reservatório Santa Bárbara e identificação de conflitos.** Monografia apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação da Prof. Dr<sup>a</sup>. Rita de Cássia Fraga Damé, co-orientação de Orlando Pereira Ramirez como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Gestores Regionais de Recursos Hídricos, para obtenção do título de especialista.

SAULINO, H. H. L. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2014. **Macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de Eichhornia azuera (Swarts) Kunth (Pontederiaceae) em uma lagoa marginal no Pantanal, MS.** *Biotemas*, 27 (3): 65-72 p.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. 2004. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.** Jaguariúna, São Paulo.

SMITH, A. J.; BODE, R. W.; KLEPPEL, G. S. 2007. **A nutrient biotic index (NBI) for use with benthic macroinvertebrate communities.** *Ecological Indicators*, v. 7, n. 2. 371-386 p.

STANDARD METHODS.AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 2012.



**Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22th edition. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI T. M. 2015. **Múltiplas dimensões da crise hídrica.** Revista USP. São Paulo. n. 106. 21-30 p.

TUNDISI, J.G; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos. 631 p.

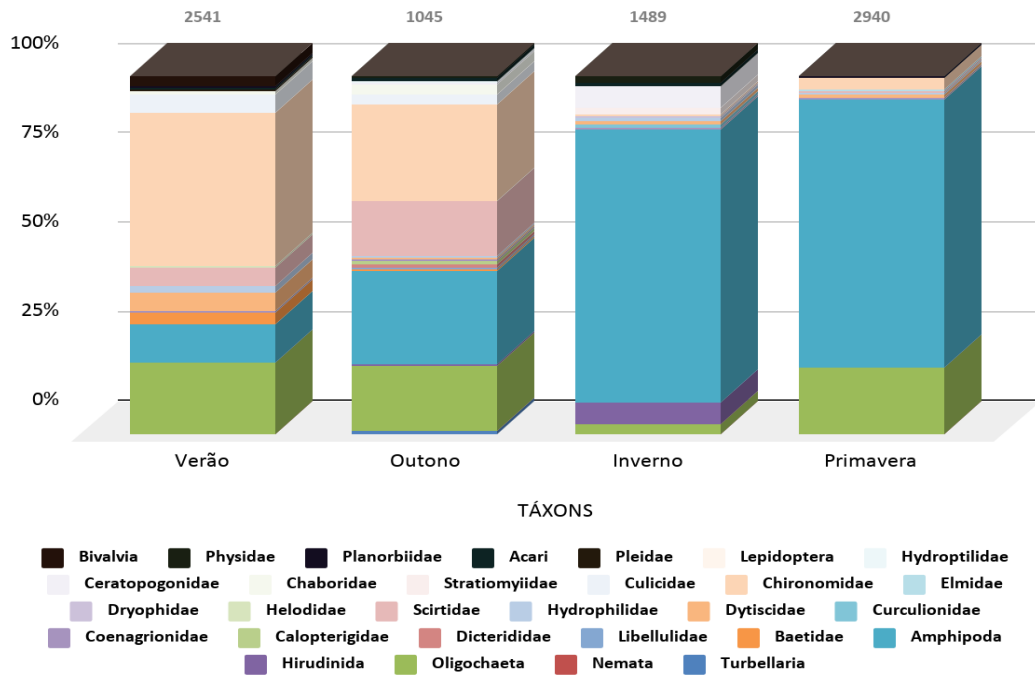
VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, F. A. R. 2016. **Avaliação dos indicadores de qualidade de água para subsidiar propostas de conservação e manejo da bacia do rio Doce em Minas Gerais - Brasil.** Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente. Aracaju. V. 5. N.1. Edição Especial. 51 - 64 p.

WILHM, J.; DORRIS, T. 1968. **Biological parameters for water quality criteria.** Biological Science, v. 18, n. 6. 477-481 p.

WINCKLER, L. T.; GÜTHS, A. K. & GAYER, P. R. 2017. **Benthic macroinvertebrates and degradation of phytomass as indicators of ecosystem functions in flooded rice cropping.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 52, n. 4. 261-270 p.

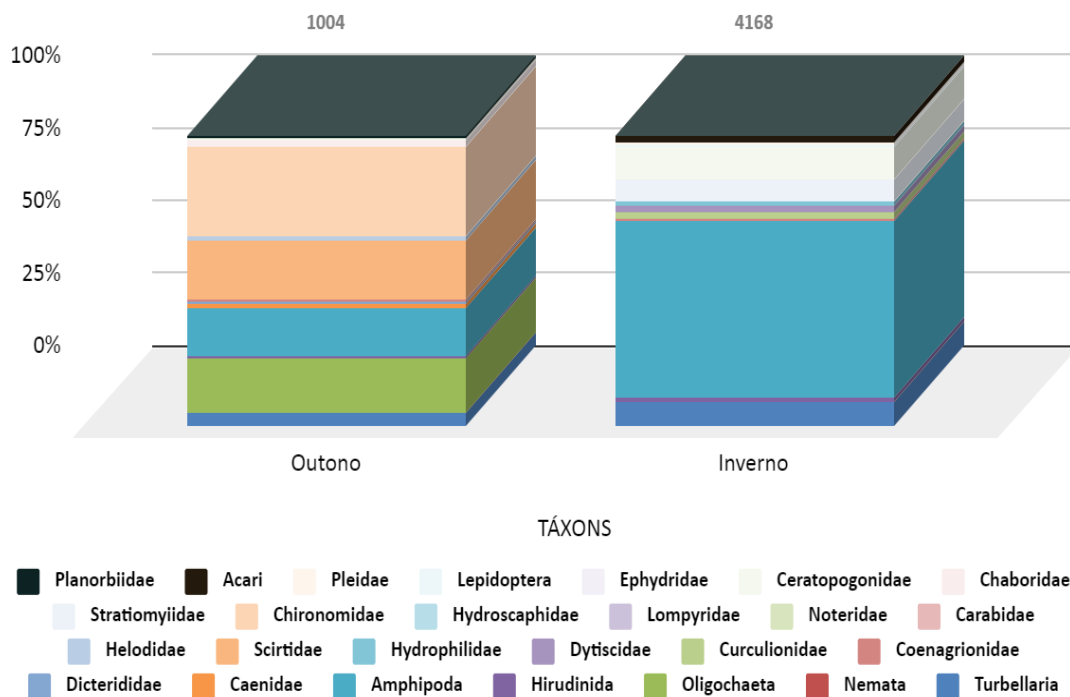
### 7.3 MATERIAL SUPLEMENTAR ARTIGO 1

#### Sanga do Passo do Cunha



**Figura 6.** Riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos na Sanga do Passo do Cunha no ano de 2018.

#### Captação da Barragem Santa Bárbara



**Figura 7.** Riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos na Barragem Santa Bárbara no ano de 2018.



a



b



c



d



e

**Figura 8:** (a) Annelida - Oligochaeta; (b) Diptera - Chironomidae; (c) Odonata - oenagrionidae; (d) Coleoptera - Scirtidae e (e) Crustaceae - Amphipoda. Escala de 1000 µm.

## 7.4 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Órgão oficial de informação técnica da ABES - Rio de Janeiro – Brasil

janeiro 2016

### Regulamento para apresentação de contribuições

#### 1. Objetivo

O presente regulamento objetiva uniformizar a apresentação das contribuições a serem encaminhadas para publicação na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.

#### 2. Formas de contribuição

As formas de contribuição são:

- Artigo Técnico
- Nota Técnica
- Revisão da Literatura
- Discussão de Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura

Artigo Técnico é uma exposição completa e original, totalmente documentada e interpretada, de um trabalho de relevância.

Nota Técnica é um trabalho sumário podendo corresponder a:

- artigo com resultados ainda parciais
- considerações sobre aspectos pouco abrangentes da área
- desenvolvimento de considerações técnicas relativas a algum aspecto da Engenharia Sanitária e Ambiental
- alguma outra abordagem sumária pertinente, a juízo dos Editores.

Revisão da Literatura corresponde a um artigo, no qual é levantado o estado da arte de algum tema relevante e inovador, na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, cuja abordagem deve ser suficientemente crítica e capaz de identificar avanços, lacunas e desafios científicos, à luz da literatura nacional e internacional. Trabalhos de revisão sistemática e meta-análise podem ser incluídos nessa categoria de artigo.

Discussão é uma avaliação crítica ou ampliação do conteúdo de uma Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura publicado na Revista. As discussões serão publicadas, sempre que possível, conjuntamente com a resposta do(s) autor(es). A Revista tem como linha editorial o incentivo à publicação de artigos de discussão.

Não serão aceitos relatórios, traduções e nem artigos já publicados ou submetidos à publicação em outros veículos, ou que impliquem em promoção comercial de determinada marca, produto ou empresa.

### 3. Encaminhamento das contribuições

A inscrição das contribuições será feita pelo sistema da SCielo, através do link <http://submission.scielo.br/index.php/esa/index>. Não serão aceitas inscrições de artigos por fax, e-mail ou correio.

O primeiro passo para o acesso ao sistema é o Cadastro, bastando clicar em “Cadastrar-se” no link no canto superior direito. A partir daí, clicar em “Engenharia Sanitária e Ambiental”, que fará a vinculação do cadastro junto à Revista.

Feito isso, o próprio sistema mostrará, passo a passo, como submeter a sua contribuição.

Realizada a submissão, o autor receberá um e-mail acusando o recebimento da mesma. E a partir do código dado pelo próprio sistema que o autor poderá acompanhar o processo de avaliação do seu trabalho.

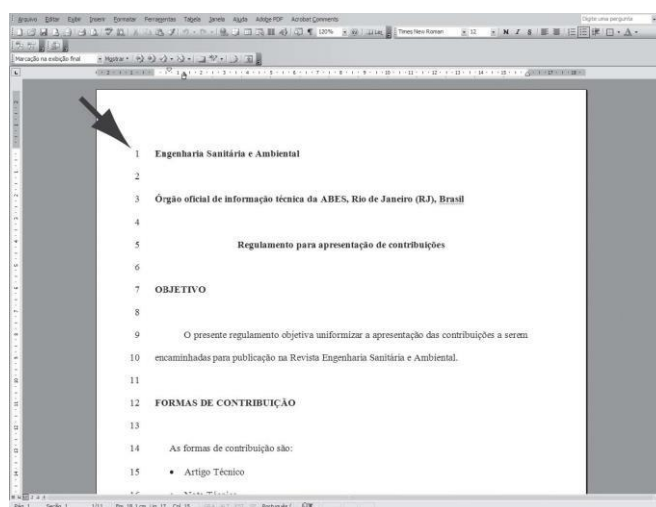
A Revista Engenharia Sanitária e Ambiental cobra taxa de submissão no valor de: **R\$ 100,00**.

A taxa destina-se a **não sócios** da ABES. Caso o autor principal seja sócio, enviar e-mail para [esa@abes-dn.org.br](mailto:esa@abes-dn.org.br) informando número de matrícula ABES para isentar-se da taxa. Observação: A taxa de submissão não será restituída caso o manuscrito seja recusado, e o pagamento da taxa não garante o aceite do artigo, que passará normalmente pelo processo de avaliação. Associe-se à ABES: <http://socio.abes-dn.org.br/>

Qualquer dúvida, favor enviar e-mail para [esa@abes-dn.org.br](mailto:esa@abes-dn.org.br).

### 4. Formato das contribuições

As contribuições devem ser preparadas pelos autores no formato “.doc” aberto para edição usando o recurso de numeração de linhas do Microsoft Word (Arquivo – Configurar página – Layout – Números de linha – Numerar linhas – Contínua – OK – OK).



As contribuições devem ser enviadas no formato “.doc” pelo Sistema de Envio de Artigos. Todos os demais formatos de arquivos, inclusive os compactados, serão bloqueados.

Após o processo avaliativo, as contribuições aprovadas para publicação deverão sofrer

correções e ser enviadas em sua versão final para diagramação.

Os trabalhos submetidos devem estar de acordo com as normas da ABNT/NBR 14724:2011– Trabalhos Acadêmicos

Poderão ser incluídos figuras, gráficos e ilustrações, desde que o tamanho do arquivo não ultrapasse 10MB.

O texto integral do artigo não poderá exceder 20 (vinte) páginas para Artigo Técnico e Revisão da Literatura e 8 (oito) páginas para Nota Técnica e Discussão, atendendo ao formato estabelecido nos itens a seguir.

O Artigo Técnico e a Nota Técnica deverão seguir a seguinte sequência de apresentação:

- Título do artigo em português (até 200 caracteres) e em inglês
- Resumo em português e em inglês, de 100 a 250 palavras (conforme NBR 14724).
- Palavras-chave em português e em inglês
- Título resumido do artigo em português (até 60 caracteres) para o cabeçalho
- Texto do artigo (sem divisão em colunas)
- Referências
- Anexos (se houver)

i. Agradecimentos, se houver, deverão ser incluídos somente na versão final do artigo aprovado para publicação.

ii. O Nome do(s) autor(es), Currículo resumido(s) do(s) autor(es), endereço para correspondência (profissional) devem constar somente nos metadados do Sistema Scielo, preenchidos no momento de cadastro. **IMPORTANTE:** não colocar estas informações no envio da contribuição original.

O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita (conforme NBR 14724). As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Times New Roman, corpo 12, exceto no título que deverá ter corpo 16. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,5.

O corpo do artigo deve ser organizado segundo um encadeamento lógico, contendo subtítulos “Introdução”, “Metodologia”, “Resultados”, “Discussão”, (ou “Resultados e Discussão”), “Conclusões” e “Referências”. Na redação não deve ser empregada a primeira pessoa e o estilo a ser adotado deve ser objetivo e sóbrio, compatível com o recomendável para um texto científico.

Deverá ser evitada a subdivisão do texto em um grande número de subtítulos ou itens, admitindo-se um máximo de cabeçalhos de terceira ordem.

O conteúdo do trabalho deve ser submetido a criteriosa revisão ortográfica.

Termos grafados em itálico ou negrito poderão ser utilizados no corpo do artigo.

As discussões deverão ser submetidas no máximo até 6 (seis) meses após a publicação do Artigo, Nota Técnica ou Revisão da Literatura.

Somente serão aceitos trabalhos em português Brasil.

## 5. Figuras e ilustrações

As figuras e ilustrações devem observar os seguintes critérios:

Os arquivos das figuras e ilustrações, sem bordas ao redor, devem ser inseridas no arquivo do texto, de maneira que possam ser editados por meio do MS Word for Windows.

Os textos e legendas não devem ficar muito pequenos ou muito grandes em relação à figura. As figuras devem ser intercaladas nos locais apropriados e apresentar um título.

A

inclusão de fotografias não é aconselhável; porém, se os autores julgarem que são importantes para esclarecer aspectos relevantes do artigo, deverão ser inseridas em resolução mínima de 300 dpi.

Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados “Figura”, e numerados sequencialmente em algarismos arábicos. Toda figura deve ser mencionada no texto.

5.6 O número e título da Figura devem ser colocados centralizados, imediatamente abaixo da figura. O título deve ser claro e autoexplicativo.

5.7. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos gráficos e diagramas.

## 6. Quadros e tabelas

Os quadros e tabelas deverão atender os seguintes critérios:

Os quadros e tabelas devem ser claros e objetivos, sem linhas de grade. As unidades correspondentes a todos os termos usados devem ser claramente identificadas.

Todos os quadros ou tabelas devem ser denominados “Quadro” ou “Tabela”, numerados sequencialmente em algarismos arábicos e mencionados no texto.

Cada quadro e tabela, além da numeração, deve possuir um título. O número e o título devem ser colocados centralizados, imediatamente acima do quadro ou tabela. O título deve ser claro e autoexplicativo.

Um quadro e uma tabela não poderão ser maiores do que uma folha A-4.

Quadros e tabelas devem aparecer, preferencialmente, intercalados nos locais apropriados do texto, a critério do autor.

As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos quadros e tabelas.

## 7. Equações

As equações podem ser editadas pela equipe responsável pela diagramação. Portanto, os seguintes critérios devem ser satisfeitos:

As equações devem ser claras e legíveis, e escritas com a mesma fonte do corpo do texto, sem a utilização de itálico ou negrito.

As equações e fórmulas devem ser denominadas “Equação” e numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. A numeração à direita da equação deve ser entre parênteses. Todas as equações devem ser mencionadas no texto.

Todos os símbolos usados devem ser definidos imediatamente após a equação (caso não tenham sido definidos anteriormente), incluindo as suas unidades ou dimensões.

## 8. Unidades

Todas as unidades mencionadas no texto, tabelas, quadros e figuras devem ser expressas de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Deve-se evitar o uso da barra de fração na expressão das unidades. Exemplo: Ao invés de mg/L ou m<sup>3</sup>/s, deve-se utilizar mg.L<sup>-1</sup> e m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

## 9. Referências

As referências citadas no texto e listadas ao final do artigo deverão estar de acordo com a norma NBR 6023/2002. A título de esclarecimento são apresentadas algumas diretrizes:

As referências citadas no texto devem conter o sobrenome do(s) autor(es), em caixa alta, seguidos pelo ano da publicação, observando-se os seguintes critérios:

Quando houver mais de um trabalho, as citações devem ser em ordem alfabética.

Trabalhos com mais de três autores devem ser referenciados ao primeiro autor, seguido por “*et al.*” (em itálico e com ponto).

Quando houver mais de uma publicação do mesmo autor, no mesmo ano, o ano da publicação deve ser seguido dos componentes “a, b, c...”, em ordem alfabética.

Exemplos: ... estudos efetuados por Silva (1994a, 1994b) e por Machado *et al.* (1995a) revelaram...; ... estudos recentes (SOUZA, 1993; SILVA, WILSON e OLIVEIRA, 1994; MACHADO *et al.*, 1995b) revelaram...

Ao final do trabalho deverá ser apresentada uma lista de todas as referências citadas no texto, de acordo com os seguintes critérios, entre outros:

As referências devem ser relacionadas em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor.

Devem ser referenciados todos os autores (independentemente do número de autores) pelo sobrenome seguido pelas iniciais de cada autor, separados por vírgulas.

Exemplo: SMITH, P.J.; WATSON, L.R.M.; GREEN, C.M...

O título do periódico referenciado deverá ser apresentado em itálico. As indicações de volume, número e página deverão ser identificados pela letra inicial (“v”, “n” ou “p”), seguida de ponto. Não devem ser utilizadas aspas antes e depois do título do trabalho.

Exemplo: JEWELL, W.J.; NELSON, Y.M.; WILSON, M.S. Methanotrophic bacteria for nutrient removal from wastewater: attached film systems. *Water Environment Research*, v. 64, n. 6, 1992, p. 756-65.

O título do livro deve ser apresentado em itálico. Devem ser incluídos a edição, o local, a editora, o número de páginas e a data.

Exemplo: FRANÇA, J.L.; VASCONCELOS A.C. *Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas*. 8 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007, 255 p.

Em capítulos de livros e trabalhos de congressos, a obra principal (título do livro ou denominação do congresso) é referenciada em itálico e vem precedida da expressão “In”.

Exemplos: Anais - CAIXINHAS, R.D. Avaliação do impacto ambiental de empreendimentos hidro-



agrícolas. In:

*Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 5 Anais...* Lisboa: APRH, 1992, p. 203-11. Capítulo de Livro - KUKOR, J.J.; OLSEN, R.H.; IVES, K. Diversity of toluene degradation following exposure to BTEX in situ. In: KAMELY, D.; CHAKABARTY, A.; OLSEN, R.H. (Eds. *Biotechnology and Biodegradation*. Portfolio Publishing Company, The Woodlands, E.U.A., 1989, p. 405-421.

## **10. Julgamento**

Após avaliação prévia realizada pelos Editores da Revista, se considerado pertinente, cópias da contribuição, sem identificação dos autores, serão enviadas a pelo menos dois avaliadores, especialistas da área, indicados pelos Editores.

Em qualquer etapa de julgamento do trabalho, serão levados em consideração a obediência às disposições regulamentares, o relacionamento do tema à Engenharia Sanitária e Ambiental, adequação do título, do resumo e das palavras-chave, existência de encadeamento lógico, ineditismo e qualidade da contribuição.

Na análise dos editores e dos avaliadores a contribuição será classificada segundo uma das seguintes categorias:

- Aceito
- Revisões requeridas
- Rejeitar

## **11. Comunicação aos autores**

O autor principal será comunicado do resultado da avaliação e no caso de artigos recusados, receberão as devidas justificativas.

## **12. Número de autores**

O número de autores permitido para cada submissão é de até cinco. Casos excepcionais enviar email para [esa@abes-dn.org.br](mailto:esa@abes-dn.org.br) para consulta.

## **13. Responsabilidades e direitos**

O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a ESA/ABES de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à ESA/ABES os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação. Os casos omissos serão resolvidos pelos editores do periódico.

## 7.5 ARTIGO 2: ÍNTEGRA DO ARTIGO AINDA NÃO SUBMETIDO

### **A comunidade de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para o monitoramento de dois tributários de um reservatório subtropical brasileiro**

Matheus Lamera Novack<sup>1</sup>, Lucas Reinaldo Wachholz Romano<sup>2</sup>, Caroline Nunes Barboza<sup>3</sup>, Letícia Vianna do Nascimento<sup>4</sup>, Eliete Regina Bertazzo Canterle<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando no Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSul, CEP: 96015-360, Pelotas, RS, Brasil, [matheus.novack10@gmail.com](mailto:matheus.novack10@gmail.com);

<sup>2</sup> Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, CEP: 96143-971, Pelotas, RS, Brasil, [lucasromano18@outlook.com](mailto:lucasromano18@outlook.com);

<sup>3</sup> Bióloga Colaboradora, CEP: 96070-205, Pelotas, RS, Brasil, [carolinenunesbarboza@gmail.com](mailto:carolinenunesbarboza@gmail.com);

<sup>4</sup> Bióloga do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas – SANEP, CEP: 96075-330, Pelotas, RS, Brasil, [levn791ster@gmail.com](mailto:levn791ster@gmail.com);

<sup>5</sup> Professora no Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSul, CEP: 96015-360, Pelotas, RS, Brasil, [eliete@pelotas.ifsul.edu.br](mailto:eliete@pelotas.ifsul.edu.br);

## RESUMO

A manutenção da qualidade de água nos ecossistemas aquáticos tornou-se essencial em termos sanitários e ambientais, diante do intenso aumento de degradação ambiental, causado pelas ações antrópicas. Nesse sentido, a Barragem Santa Bárbara é um importante manancial de abastecimento público do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. O objetivo deste trabalho foi registrar a diversidade dos invertebrados bentônicos como ferramenta de monitoramento em dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, associados à parâmetros físico-químicos. Foram realizadas quatro amostragens no ano de 2018, em dois tributários da Barragem Santa Bárbara, sendo um ponto na Sanga da Barbuda e outro ponto na Sanga do Epaminondas, contemplando a sazonalidade do ano em questão. As amostras foram coletadas com o amostrador do tipo Surber. Em laboratório, foram realizadas as devidas análises físico-químicas para correlacionar com as análises biológicas. As amostras de macroinvertebrados bentônicos foram triadas e identificadas ao menor nível taxonômico possível. Para análise de dados foi aplicado ANOVA e Análise de Principais Componentes. Os macroinvertebrados bentônicos também foram analisados quanto à ocorrência de frequência, riqueza e abundância, além de índice de diversidade de Shannon-Wiener. Foi possível registrar 22.602 espécimes de macroinvertebrados bentônicos, divididos em 24 táxons. Registramos a presença constante dos táxons Chironomidae, Oligochaeta e Hirudinida, os quais apresentam características tolerantes diante de diversos fatores de estresse ambiental, tornando-os eficientes bioindicadores de qualidade da água e degradação ambiental. O  $H'$  apresentou classificações dos pontos entre “água moderadamente poluídas” e “águas altamente poluídas”. A PCA apresentou tendência a um gradiente sazonal e outro espacial, demonstrando diferenças dos pontos estudados em relação aos fatores analisados neste estudo.

**Palavras-chave:** diversidade; alterações antrópicas; oligochaeta; chironomidae; surber.

## **The benthic macroinvertebrate community as tool for monitoring two tributaries of a Brazilian subtropical reservoir**

### **ABSTRACT**

The maintenance of water quality in aquatic ecosystems has become essential in sanitary and environmental terms, given the intense increase of environmental degradation caused by anthropic actions. In this sense, the Santa Bárbara barrage is an important source of public supply in the county of Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil. The aim of this work was to record the diversity of benthic invertebrates as a monitoring tool in two tributaries of the Santa Bárbara barrage, Pelotas, RS, associated with physicochemical parameters. Four samples were accomplished in 2018, in two tributaries of the Santa Bárbara dam, one point in Sanga da Barbuda and another point in Sanga do Epaminondas, considering the seasonality of the year in question. The samples were collected with the type of sampler called Surber. In the laboratory, physical and chemical tests were accomplished as appropriate to correlate with biological analysis. Benthic macroinvertebrate samples were identified and tracked to the lowest possible taxonomic level. For data analysis was applied ANOVA and Main Component Analysis. Benthic macroinvertebrates were also analyzed for occurrence, richness and abundance, as well as the Shannon-Wiener diversity index. It was possible to record 22,602 examples of benthic macroinvertebrates, divided into 24 taxons. It was recorded the constant presence of Chironomidae, Oligochaeta and Hirudinida taxons, which have tolerant characteristics in the face of several environmental stress, making them efficient bioindicators of water quality and environmental degradation. The H' showed point ratings between "moderately polluted water" and "highly polluted water". The PCA tended to have a seasonal and a spatial gradient, showing differences in the studied points in relation to the factors analyzed in this study.

**Keywords:** diversity; anthropic changes; oligochaeta; chironomide; surber.

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente aquático formado pela Barragem Santa Bárbara em Pelotas, no Rio Grande do Sul (RS), sofre um processo de eutrofização acelerado, provavelmente em decorrência do crescimento urbano e industrial nas áreas adjacentes ao reservatório, além de despejos irregulares de efluentes domésticos e industriais. O Departamento de Tratamento (DETR) do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) monitora os afluentes da Barragem Santa Bárbara para diagnosticar o aporte de nutrientes que contribuem no processo de eutrofização, além de monitorar a qualidade da água bruta captada pela Estação de Tratamento de Água (ETA) Santa Bárbara (SANEP, 2019).

Este estudo reforça a importância da realização de biomonitoramentos na avaliação da qualidade da água para consumo humano, considerando que gestão ambiental e práticas de monitoramento devem ser integradas com parâmetros físico-químicos, microbiológicos e biológicos (CHAGAS, et al., 2017).

O biomonitoramento através da utilização de macroinvertebrados bentônicos deve-se, principalmente, às características peculiares destes organismos, como pouca mobilidade, muitos apresentam-se fixados a diferentes substratos, com ciclo de vida longa em relação a outros organismos e, além disso, são organismos fáceis de serem amostrados com custos relacionados relativamente baixos (BICUDO & BICUDO, 2004; CALLISTO, et al., 2001; ALBERTONI & PALMA-SILVA, 2010).

Os invertebrados bentônicos constituem um dos grupos de organismos mais utilizados em avaliações de efeitos de impactos sobre ecossistemas aquáticos (ABÍLIO, et al., 2007), sendo considerados bons indicadores de qualidade de água por possuírem ciclos de vida com duração mais longa que os planctônicos e viverem de forma sésil durante semanas no compartimento sedimentar. Assim, o monitoramento torna-se mais eficiente, pois não é baseado apenas na mensuração de parâmetros físicos e químicos (CALLISTO & GONÇALVES, 2005).

A distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos ecossistemas aquáticos é heterogênea, sendo influenciada por diversos fatores como a disponibilidade de alimento, o tipo de substrato, a temperatura, a concentração de oxigênio, mudanças no pH, turbidez, teor de matéria orgânica e profundidade da coluna d'água (MALTCHIK, et al., 2003; MALTCHIK, et al., 2002).

Segundo Goulart & Callisto (2003), quanto há tolerância às adversidades ambientais, os macroinvertebrados bentônicos são classificados em três grupos principais, sendo eles de organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes ou organismos resistentes.

Além do que já foi comentado, há vários outros estudos que corroboram com este grupo de organismos, utilizados para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, principalmente quando impactados pela ação antrópica, como Molozzi, et al., (2011); Taniwaki & Smith (2011); Chagas, et al., (2017); Barbosa (2016); Santos & Melo (2017); Negrão & Cunha (2019) e De Moraes, et al., (2019), possibilitando obter uma resposta frente às perturbações ambientais de uma determinada região.

Diante disso, e aliado ao fato de ser extremamente importante para a sociedade a manutenção da qualidade da água em padrões aceitáveis, visando à segurança, saúde e bem estar da população, e de um sistema de monitoramento que vise manter esses padrões de qualidade, o objetivo deste trabalho foi registrar a diversidade dos invertebrados bentônicos como ferramenta de monitoramento em dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, associados à parâmetros físico-químicos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido em dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, no ano de 2018. Foram realizadas quatro coletas, contemplando a sazonalidade do ano em questão, sendo realizadas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, em dois pontos amostrais, sendo um ponto na Sanga da Barbuda (S 31°42.539'/W 052°21.943') e outro ponto na Sanga do Epaminondas (S 31°41.553'/W 052°24.492').

### *2.1. Área de estudo*

A Barragem Santa Bárbara (Figura 1) localiza-se no município de Pelotas, RS, sendo construída na década de 1960 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), com o objetivo de evitar possíveis alagamentos na área urbana da cidade, decorrentes das enchentes e inundações no leito maior do antigo arroio Santa Bárbara ocorridas em meados dos anos 1950 (SANEP, 2019). Além disso, suprir a necessidade do município em dispor de um reservatório de água para utilização de abastecimento público de água potável (PIEDRAS, et al., 2006).

Atualmente a Estação de Tratamento de Água Santa Bárbara, construída a jusante da Barragem, produz mais de 40 milhões L.dia<sup>-1</sup>, representando mais de 50 % da distribuição água potável para o município de Pelotas.



**Figura 1. Localização Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.  
Fonte: Santos (2004).**

A Barragem Santa Bárbara possui atualmente 352 hectares inundados, onde se encontra a água represada, com uma profundidade na bacia hidrográfica em média de 3 a 4 m, e um volume de água estimado em 10 bilhões de litros de água. Apresenta, também, 359 hectares de Área de Proteção Permanente (APP) ao seu redor, e atualmente é abastecida por três principais afluentes, vulgarmente conhecidos por Sanga da Barbuda, Sanga do Epaminondas e Sanga do Passo do Cunha (SANEP, 2019).

O clima da região segundo Kottek, et al., (2006) é considerado subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen-Geider. Os períodos de precipitação são distribuídos ao longo do ano, sem estações secas.

A partir de observações *in loco*, foi possível constatar que a bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara está inserida em uma paisagem onde predomina a vegetação de banhado, com a formação de alguns capões de mata. Além disso, como o ecossistema do lago da Barragem foi criado artificialmente, não exibe uma mata ciliar original, mas sim, uma mata que se formou posteriormente no entorno da área inundada, apresentando vegetação típica de estágios de regeneração.

Seu reservatório atualmente é responsável por mais de 50% do abastecimento público de água potável do município de Pelotas, sendo considerado o principal manancial do atual sistema de abastecimento (CARVALHO & ISOLDI, 2012).

A Sanga da Barbuda encontra-se em estágio avançado de degradação ambiental, recebendo efluentes de canais de drenagens urbanas a partir do zoneamento da área do Sítio Floresta, Vila Jacob Brod e Vila da Páscoa, além de efluentes oriundos das atividades industriais e agrícolas (KORB, 2006). Sua nascente está localizada no entroncamento da BR-116 com a Avenida Fernando Osório, no acesso norte da cidade de Pelotas e está distante 300 m da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara (PIEDRAS, et al., 2006).

No ponto amostral da Sanga da Barbuda foi possível registrar a presença de mata ciliar composta por espécies de *Mimosa bimucronata* (Maricá), *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-vermelha), *Allophylus edulis* (Chal-chal), *Casearia sylvestris* (Chá-de-bugre) e *Sapium glandulosum* (Leiteiro). Além das espécies arbóreas, o estrato herbáceo e arbustivo é composto de *Ricinus communis* (Mamona), *Senecio* sp. (Maira-mole), *Bidens pilosa* (Picão-preto), gramíneas e ciperáceas (Figura 2a).

É um ambiente aquático com fluxo de água considerado reduzido em sua maioria e, conseqüentemente, lótico. No entanto, nos períodos excessivos de chuva, o fluxo de água pode ser considerado moderado. Sua coluna d'água geralmente varia em torno de 0,30 m à 0,70 m de profundidade e seu sedimento é composto por material alóctone, areia e detritos de degradação ambiental.

A Sanga do Epaminondas por sua vez, é o afluente com maior extensão da bacia hidrográfica da Barragem Santa Bárbara. Suas nascentes apresentam-se próximas à pedreira J A Silveira, no distrito de Monte Bonito, com altitude em torno dos 120 m (KORB, 2006).

O ponto amostral da Sanga do Epaminondas está a 2 km de distância da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e apresenta mata ciliar densa, composta de *Casearia sylvestris* (Chá-de-bugre), *Schinus terebinthifolius* (Aroeira-vermelha), *Mimosa bimucronata* (Maricá) e *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá) (Figura 2b). Sua coluna d'água geralmente varia em torno de 0,10 m à 0,50 m de profundidade, excedendo apenas em períodos de muita precipitação. É um ambiente aquático com fluxo de água reduzido (baixa velocidade), por isso é considerado ambiente aquático lótico. Seu sedimento é composto por material alóctone, cascalhos finos e material arenoso, e sua coluna da água é consideravelmente rasa, apresentando ações antrópicas no entorno da sanga, que favorecem a degradação ambiental da mesma.





**Figura 2: (a) Sanga da Barbuda; (b) Sanga do Epaminondas.**

## 2.2. Amostragem

Em cada ponto amostral foi tomada uma amostra da água para a realização das análises físico-químicas e três réplicas de substrato (sedimento) para análises de macroinvertebrados bentônicos.

As amostras de água bruta foram coletadas com balde e corda, armazenadas em frascos de vidro ou plástico, adequados e identificados para cada análise. Os frascos foram acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados para o laboratório de análises físico-químicas da Estação de Tratamento de Água (ETA) Santa Bárbara, no Departamento de Tratamento, do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) onde foram realizadas as análises.

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados com o amostrador tipo “Surber” o qual é um equipamento associado a uma rede com malha de 250 $\mu$ m, que delimita uma área de 0,09 m<sup>2</sup> do substrato a ser “perturbada”, possibilitando a coleta de substratos mais grossos, em ecossistemas aquáticos lóticos (BICUDO & BICUDO, 2004). E a metodologia utilizada neste estudo foi baseada em Silveira, Queiroz e Boeira (2004), além de Bicudo & Bicudo (2007). Após foram imediatamente conduzidas ao laboratório de hidrobiologia, também situado na ETA Santa Bárbara, SANEP.

Em laboratório, as análises físico-químicas foram desenvolvidas de acordo com APHA (2012), onde foram determinadas quantificações de fósforo total (P), nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido (O<sub>2</sub>), pH (Potencial Hidrogeniônico) e turbidez. Os

resultados foram comparados a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e dá outras providências.

Concomitante às análises físico-química, as amostras de macroinvertebrados bentônicos, ao chegarem no laboratório, passaram por um processo de lavagem em água corrente sob peneira de malha 250 µm e os espécimes foram fixados em álcool 70%. Os macroinvertebrados bentônicos foram triados e identificados sob lupa estereoscópica (PRECISION) e identificados ao menor nível taxonômico possível com auxílio de chaves taxonômicas (MUGNAI, et al., 2010). Todos os espécimes foram depositados na Coleção Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.

Os macroinvertebrados bentônicos foram submetidos à análise de riqueza e abundância de espécimes, sendo que a riqueza foi calculada pela somatória dos táxons identificados nas amostras por período de amostragem e a abundância foi calculada pela somatória dos espécimes de cada local e estação.

A constância de ocorrência foi calculada segundo Winckler, et al., (2017), considerando que as espécies foram classificadas em três grupos, sendo espécies acidentais (espécies que ocorreram em até 25 % das amostras); espécies Acessórias (espécies que ocorreram entre 25 e 50 % das amostras), e espécies Constantes (espécies que ocorreram acima de 50 % das amostras, com base na equação a seguir:

$$C = [(número\ de\ amostras\ com\ espécies / número\ total\ de\ amostras) \times 100].$$

Além do índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de acordo com Magurran (1989):

$$H' = - \sum pi * \ln pi, \quad pi = ni / N$$

Sendo:

- $H'$  = Índice de Shannon-Wiener;
- $pi$  = Proporção de indivíduos da  $i$ -ésima espécie;
- $\ln$  = logaritmo de base neperiano ( $e$ );
- $ni$  = número de indivíduos amostrados para a espécie  $i$ ;
- $N$  = número total de indivíduos amostrados.

Foi atribuído valores de H' segundo Wilhm & Dorris (1968), onde:

- <1,0 foram associados a águas altamente poluídas;
- H' > 3,0 com águas não poluídas;
- e o intervalo de 1,0 < H' < 3,0 foi associado a águas moderadamente poluídas.

### 2.3. Análise de Dados

Para a análise de dados foi utilizado o software Statistica 7.1. Foram utilizadas técnicas de regressão múltipla para melhorar a compreensão e explicar as relações entre os fatores bióticos e abióticos, além da realização da análise de variância - ANOVA, para comparar as diferenças entre os ambientes estudados. A análise de Componentes Principais foi aplicada para determinar o cenário dos diferentes pontos de coleta. Um nível de probabilidade de  $P < 0,05$  foi usado para determinar a significância estatística.

## 3. RESULTADOS

De acordo com o Art. 42 da Resolução Conama 357/2005, os ambientes são considerados como classe II. A Tabela 01 apresenta os resultados dos parâmetros físicos e químicos avaliados no período estudado. Destaca-se que os valores mínimos de fósforo total, nitrogênio amoniacal total, pH, temperatura do ar, temperatura da água da água e turbidez foram registrados na Sanga do Epaminondas, enquanto que o valor mínimo de oxigênio dissolvido foi registrado na Sanga da Barbuda. Em contrapartida, os valores máximos dos primeiros parâmetros citados foram registrados na Sanga da Barbuda, com exceção do oxigênio dissolvido que apresentou valor mais elevado na Sanga do Epaminondas.

**Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos da água bruta de dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, no ano de 2018.**

Estações de Coleta	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
Local da Coleta	SB	SE	SB	SE	SB	SE	SB	SE
Parâmetros								
<b>Fósforo Total (mg P/L)</b>	1,63	0,10	3,90	0,23	5,94	0,06	4,19	0,06
<b>Nitrogênio Amoniacal Total (mg NH<sub>3</sub>/L)</b>	14,00	0,74	16,80	0,65	14,00	0,23	19,6	0,45
<b>Oxigênio Dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2,80	8,20	4,20	8,30	6,40	9,50	3,3	5

pH	7,51	7,36	7,95	7,36	8,43	7,09	7,77	7,31
Temperatura do Ar ( °C)	25,00	25,00	14,00	14,00	12,00	11,00	23,50	22,00
Temperatura da Água ( °C)	25,00	25,00	17,00	16,00	13,00	12,00	22,00	21,00
Turbidez (NTU)	7,92	7,03	11,60	13,10	17,90	17,40	7,06	7,63

Sanga da Barbuda (SB) e Sanga do Epaminondas (SE).

Fonte: SANEP (2018).

Os valores mais elevados registrados para pluviosidade (Figura 3) ocorreram na estação do inverno, no mês de julho (345 mm), e na estação da primavera, no mês de setembro (292 mm). Já os menores registros, ocorreram em outubro (18 mm), na estação da primavera, e em maio (23 mm) na estação do outono.

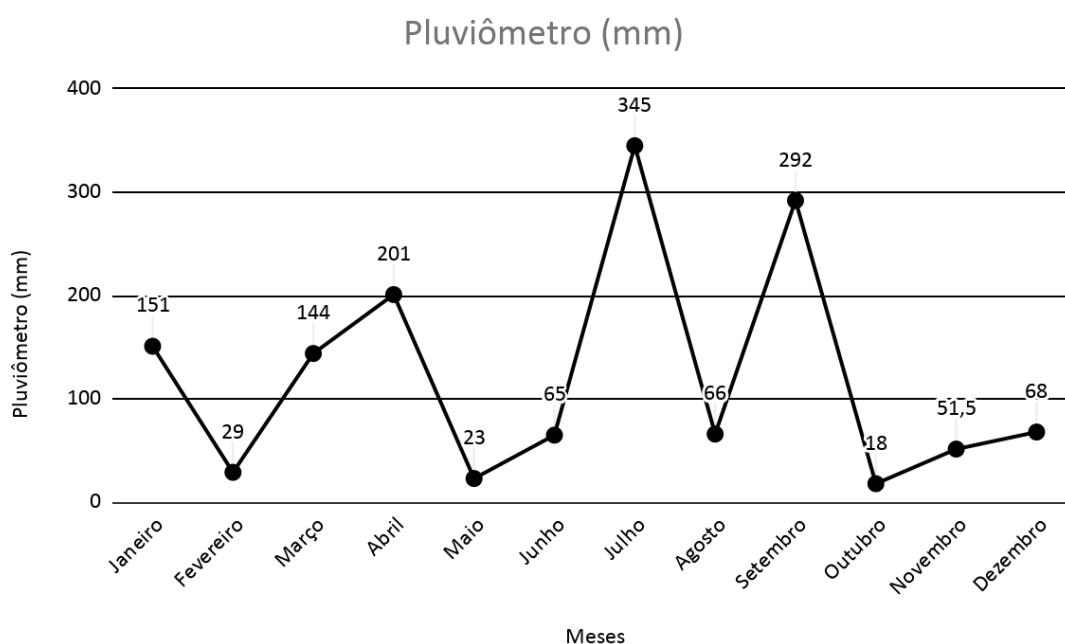


Figura 3. Índice de pluviosidade no ano de 2018.  
Fonte: SANEP (2018).

Em relação à presença de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 02), foi possível registrar 22.602 organismos, divididos em 24 táxons, e distribuídos em 06 ordens e 19 famílias.

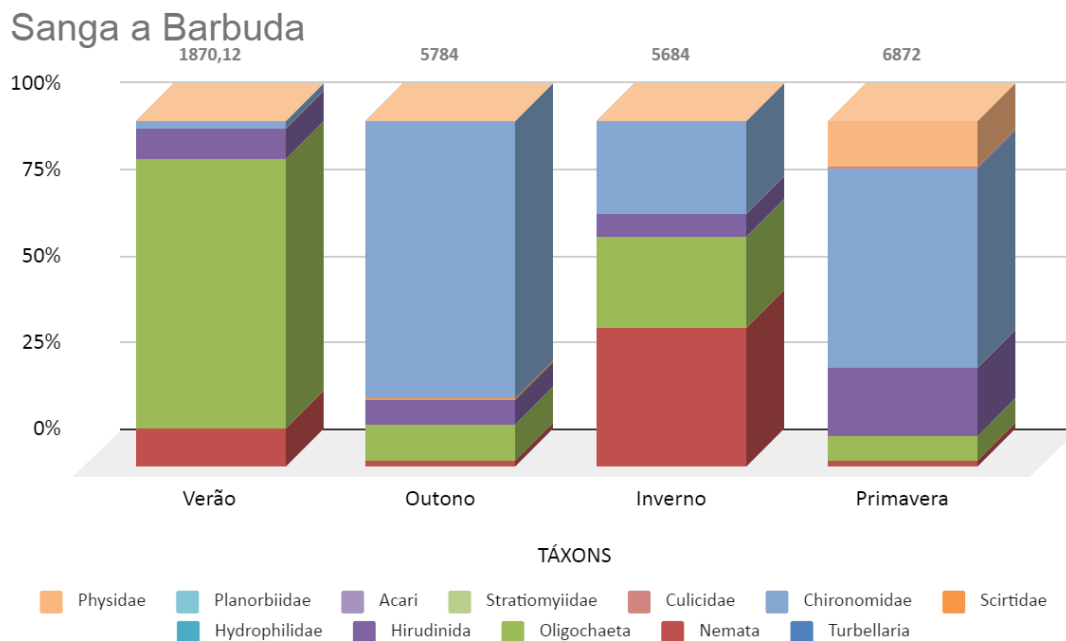
**Tabela 2. Abundância, riqueza e ocorrência de frequência da fauna de macroinvertebrados de dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.**

TÁXONS	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Fq
	SB	SE	SB	SE	SB	SE	SB	SE	
<b>Platyhelminthes</b>									
Turbellaria	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac
<b>Nemata</b>	207	NQ	63	NQ	2.270	NQ	100	NQ	As
<b>Annelida</b>									
Oligochaeta	1.456	NQ	407	11	1.518	7	504	4	Ct
Hirudinida	163	11	274	15	374	NQ	1.359	307	Ct
<b>Arthropoda</b>									
<b>Insecta</b>									
<b>Ephemeroptera</b>									
Baetidae	NQ	30	NQ	193	NQ	NQ	NQ	41	As
Caenidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	37	Ac
Odonata									
Libellulidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
Gomphidae	NQ	33	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Coleoptera</b>									
Curculionidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	4	Ac
Elmidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	48	Ac
Halipidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
Hydrophilidae	NQ	NQ	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	Ac
Scirtidae	NQ	NQ	7	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Diptera</b>									
Chironomidae	41	804	3.096	137	1.518	7	3.970	578	Ct
Culicidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac
Stratiomyiidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac
Sciomyzidae	NQ	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
Chaboridae	NQ	18	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
Ceratopogonidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
<b>Tricoptera</b>									
Hydroptilidae	NQ	NQ	NQ	7	NQ	NQ	NQ	7	Ac
<b>Chelicerata</b>									
Acari	4	22	NQ	4	NQ	NQ	NQ	48	As
<b>Mollusca</b>									
<b>Gastropoda</b>									
Hydrobilidae	NQ	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	Ac
Planorbidae	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	7	NQ	Ac
Physidae	NQ	NQ	4	NQ	NQ	NQ	911	NQ	Ac
<b>Riqueza</b>	5	10	6	7	5	2	9	9	
<b>Abundância</b>	1.870	933	3.851	371	5.684	14	6.872	1.074	

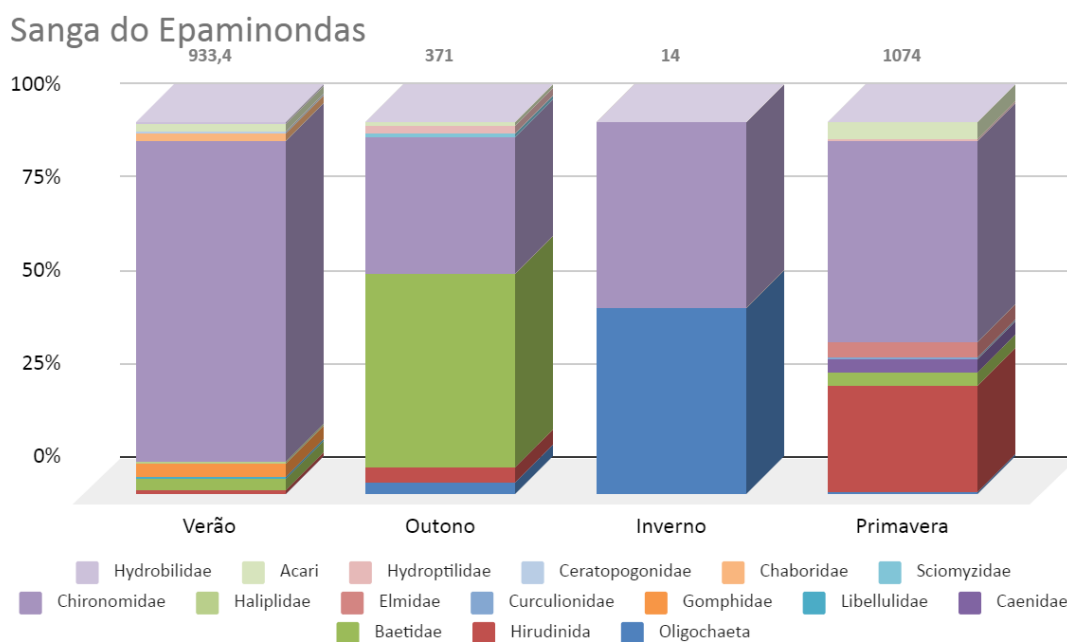
Ocorrência de Frequência (Fq): Ac - Acidental, As - Acessórias, Ct - Constante. NQ - Não quantificado. Sanga da Barbuda (SB) e Sanga do Epaminondas (SE).

**Fonte: Autores (2018).**

Os resultados de riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos registrados nos dois tributários da Barragem Santa Bárbara, no período em estudo, estão demonstrados nas figuras 4 e 5.



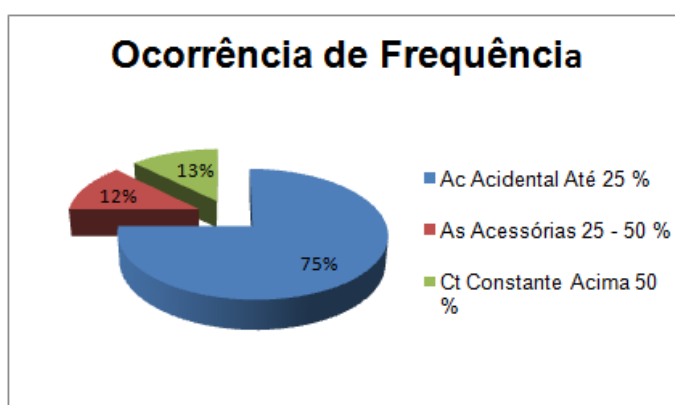
**Figura 4. Riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos na Sanga da Barbuda no ano de 2018.**  
**Fonte: Autores (2018).**



**Figura 5. Riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos na Sanga do Epaminondas no ano de 2018.**  
**Fonte: Autores (2018).**

Diante dos resultados obtidos neste estudo, podemos verificar que a SB registrou sua maior riqueza (09 táxons) e maior abundância (6.872 espécimes) de macroinvertebrados bentônicos na estação da primavera (Figura 4, Tabela 2). Por outro lado, a SE registrou a maior riqueza (10 táxons) de macroinvertebrados bentônicos na estação do verão e maior abundância (1.074 espécimes) na estação da primavera (Figura 5, Tabela 2).

Conforme a classificação por constância de ocorrência (Figura 6, Tabela 02), foram registrados 18 táxons como acidentais, 03 táxons acessórios e 03 táxons constantes.



**Figura 6. Constância de Ocorrência de macroinvertebrados bentônicos registrados em dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, no ano de 2018.**  
Fonte: Autores (2018).

O índice de diversidade de  $H'$  (Tabela 03), apresenta seus maiores registros nas estações do inverno ( $H'= 1,25$ ) e primavera ( $H'= 1,19$ ) na Sanga da Barbuda e na estação da primavera ( $H'=1,28$ ) e outono ( $H'=1,11$ ) na Sanga do Epaminondas.

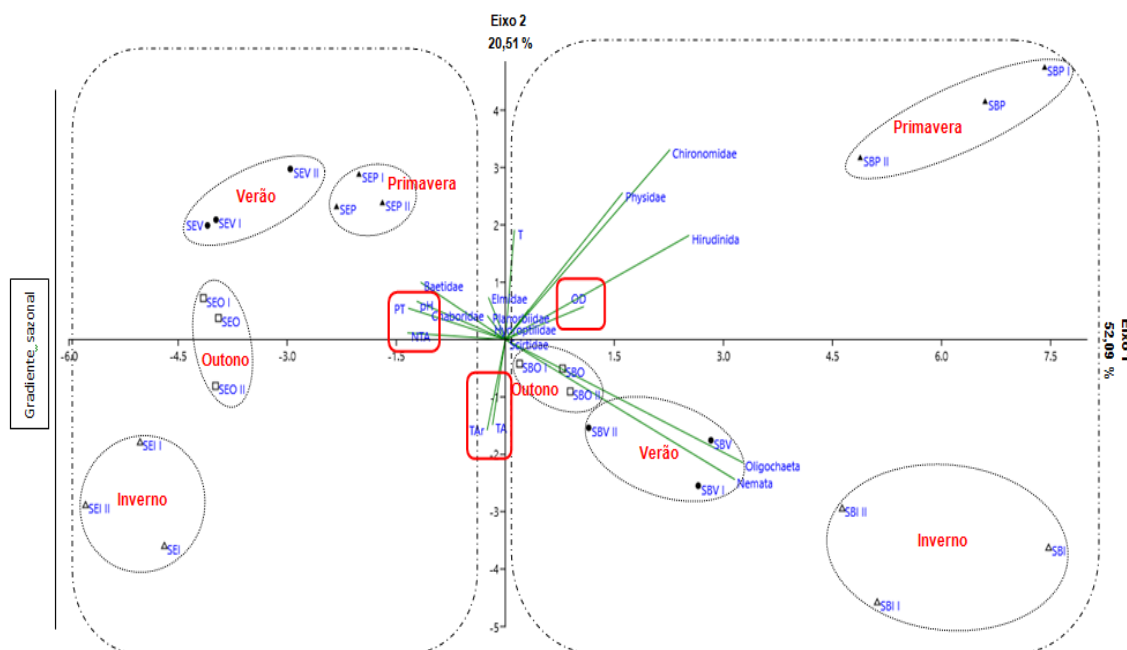
**Tabela 3. Classificação do índice de diversidade de Shannon-Wiener.**

Estações de Coleta	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	SB	SE	SB	SE	SB	SE	SB	SE
$H'$	0,75	0,66	0,69	1,11	1,25	0,69	1,19	1,28
Classificação	AAP	AAP	AAP	AMP	AMP	AAP	AMP	AMP

Sanga da Barbuda (SB); Sanga do Epaminondas (SE); Águas altamente poluídas (AAP) e Águas moderadamente poluídas (AMP).

Fonte: Autores (2018).

A ANOVA confirmou que há diferença significativa para o grupo de Oligochaeta nas quatro estações ( $P<0,00155$ ,  $n=3$ ).



**Figura 7. Análise de Componentes Principais de dois tributários da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, no ano de 2018.**

SB V: Sanga da Barbuda - Verão; SB I V: Sanga da Barbuda I - Verão; SB II V: Sanga da Barbuda II - Verão; SE V: Sanga do Epaminondas - Verão; SE I V: Sanga do Epaminondas I - Verão; SE II V: Sanga do Epaminondas II - Verão; SB O: Sanga da Barbuda - Outono; SB I O: Sanga da Barbuda I - Outono; SB II O: Sanga da Barbuda II - Outono; SE O: Sanga do Epaminondas - Outono; SE I O: Sanga do Epaminondas I - Outono; SE II O: Sanga do Epaminondas II - Outono; SB I: Sanga da Barbuda - Inverno; SB II: Sanga da Barbuda I - Inverno; SB II I: Sanga da Barbuda II - Inverno; SE I: Sanga do Epaminondas - Inverno; SE I I: Sanga do Epaminondas I - Inverno; SE II I: Sanga do Epaminondas II - Inverno; SB P: Sanga da Barbuda - Primavera; SB I P: Sanga da Barbuda I - Primavera; SB II P: Sanga da Barbuda II - Primavera; SE P: Sanga do Epaminondas - Primavera; SE I P: Sanga do Epaminondas I - Primavera; SE II P: Sanga do Epaminondas II - Primavera; PT: Fósforo Total; NTA: Nitrogênio Amoniacal Total; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: Potencial Hidrogeniônico; TA: Temperatura do Ar; T: Turbidez; ●: Verão; (A): Outono; Δ: Inverno e ▲: Primavera.  
Fonte: Autores (2018).

A ACP (Figura 7) explicou 72,60% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos. O eixo 1 explicou 52,09% da variabilidade dos dados, correlacionando apenas o oxigênio dissolvido (0,16) e turbidez (0,01) positivamente, enquanto que as demais variáveis localizaram-se no lado negativo desse eixo: pH (-0,18), fósforo total (-0,20), temperatura da água (-0,02), temperatura do ar (-0,03) e nitrogênio amoniacal total (-0,20). O eixo 2 explicou 20,51% da variabilidade dos dados e mostrou que, na ordenação das variáveis, este eixo foi positivamente correlacionado com fósforo total (0,08), nitrogênio amoniacal total (0,01), oxigênio dissolvido (0,08), pH (0,10) e turbidez (0,29). Por sua vez, o mesmo eixo obteve correlações negativas com temperatura do ar (-0,24) e temperatura da água (-0,22).



O cenário avaliado pela análise de ACP também apresentou tendência a um gradiente espacial definido pelo eixo 1, demonstrando diferença entre os ecossistemas aquáticos e um gradiente sazonal definido pelo eixo 2, para a SE.

#### 4. Discussão

Os parâmetros de pH, turbidez, temperatura do ar e temperatura da água, apresentaram resultados dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução Conama 357/2005 (Tabela 1). Kath, et al., (2017) e Novack, et al., (2015) registraram resultados semelhantes em seus trabalhos.

Haidekker & Hering (2008), observaram um impacto significativo positivo ou negativo de temperatura da água sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, afetando o desenvolvimento embrionário, o crescimento, o funcionamento e o metabolismo destes organismos. Gloria, et al., (2017) declaram ainda, que na maioria das vezes, a elevação de temperatura aumenta o índice de reações físicas, químicas e biológicas, diminuindo a solubilidade dos gases como, por exemplo, o oxigênio.

Destaca-se que apenas o parâmetro fósforo total, excedeu o valor máximo permitido de 0,050 mg.L<sup>-1</sup> dessa resolução, em todos os pontos coletados (Tabela 1). Viola et. al., (2016), registraram valores elevados de fósforo em ambientes aquáticos e atribuíram sua origem a fontes pontuais de poluição, como os esgotos sanitários.

Os resultados de nitrogênio amoniacal total (Tabela 1) na Sanga do Epaminondas estiveram dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, de 3,7 mg.L<sup>-1</sup>. No entanto, na Sanga da Barbuda, todos os resultados apresentaram-se ultrapassados pelo limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005. Os trabalhos de Peláez-Rodríguez (2001) e Pareschi (2008) demonstram que o incremento no valor de nitrogênio amoniacal total é devido ao aumento da poluição orgânica, dados estes, que corroboram com nosso estudo, pois a Sanga da Barbuda apresentou elevação no nitrogênio amoniacal total, possivelmente, devido ao recebimento de efluentes, visto que esse corpo d'água drena a zona urbana.

No presente estudo, nos meses em que foram realizadas as coletas, foram registrados baixos valores de precipitação. Este fato pode ter favorecido a manutenção da composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos

períodos de coleta (Tabela 02). Bortoletto, et al., (2015) relacionam o aumento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, através do fluxo da água, causado pelas chuvas. Ainda nesse contexto, Hynes (1972) e Brandimarte (1997) descrevem a forte influência do ciclo hidrológico sobre a sazonalidade, resultando a uma drástica redução do número de organismos durante o período chuvoso. Em contrapartida, Callisto, et al., (2001) registraram o aumento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em períodos elevados de chuva, afirmando que este evento natural provoca o aumento da profundidade e habitats disponíveis para colonização dos organismos bentônicos.

Os maiores valores de abundância de Oligochaeta, neste estudo, ocorreram na Sanga da Barbuda, concomitante à redução de oxigênio dissolvido, sendo os resultados obtidos, semelhantes ao estudo de Piedras, et al., (2006), desenvolvido na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS. A presença de Oligochaeta em determinados períodos estudados da Barragem Santa Bárbara, deve-se provavelmente ao aumento da deposição de matéria orgânica em seu leito (OLIVEIRA, 1985). A análise de variância entre os dois ambientes estudados confirmou que há diferença significativa para o grupo de Oligochaeta nas quatro estações ( $P < 0,00155$ ,  $n=3$ ).

Observou-se a presença constante de três táxons de macroinvertebrados bentônicos, sendo Chironomidae, Oligochaeta e Hirudinida (Figura 6). Winckler, et al., (2017), destaca que estes organismos são considerados tolerantes diante de sua plasticidade alimentar e alto poder adaptativo a diferentes substratos e diferentes situações de estresse ambiental.

Em um estudo realizado por Tundisi & Matsumura - Tundisi (2008) diversos grupos de macroinvertebrados bentônicos apresentaram baixa tolerância a níveis reduzidos de oxigênio, enquanto que outros com adaptações morfológicas ou fisiológicas especiais toleraram concentrações mais altas. Diniz, et al., (2018) em um estudo realizado na Lagoa das Capivaras, em Araçatuba, São Paulo, registrou alta densidade de Oligochaeta e Chironomidae, em presença de baixo teor de oxigênio dissolvido. Dados semelhantes foram encontrados em nosso estudo, no qual foi possível registrar alta densidade destes dois grupos de macroinvertebrados bentônicos na presença da redução de oxigênio dissolvido (Tabela 1, Tabela 2).

O índice de diversidade registrado neste estudo, indicou duas classificações, divididas em “água moderadamente poluídas” e “águas altamente poluídas”. Piedras, et al., (2006) em um estudo realizado na Barragem Santa Bárbara, registrou  $H' = 1,60$

na Captação da Barragem Santa Bárbara e  $H' = 1,44$  na Sanga do Passo do Cunha, outro tributário da Barragem, sendo as amostras coletadas com o amostrador do tipo “Core”. Resultados semelhantes foram registrados por Rauen, et al., (2018), em um reservatório subtropical brasileiro, no qual registraram  $H'=1,6$ , indicando um ecossistema aquático moderadamente degradado, associado à influência de níveis alterados de outros produtos químicos, cargas orgânicas ou questões de habitat físico. Assim como Barrosa, et al., (2016), em um estudo realizado na bacia do Rio Sinos, no qual registrou alta biodiversidade e abundância de indivíduos, nosso estudo também registrou alto  $H'$  nas estações do inverno e primavera na SB, sendo um ecossistema aquático que sofre degradação ambiental.

Diversos trabalhos evidenciaram a sensibilidade dos macroinvertebrados bentônicos diante das mudanças de habitat físico, causadas por atividades humanas, principalmente pela urbanização, influenciando diretamente os ecossistemas aquáticos em múltiplas escalas, conseqüentemente, reduzindo drasticamente a composição dos invertebrados aquáticos (GOULART & CALLISTO, 2003; HEPP, et al., 2016; CALLISTO, et. al., 2019; MENEZES, et al., 2019). O mesmo foi registrado na Sanga da Barbuda, diante do cenário físico-químico, apresentados na Tabela 1, decorrente do uso e ocupação do entorno da sanga, registrando assim, o predomínio de grupos mais tolerantes. Diante disso, Hellawell (1986) associa a introdução do material nutritivo e a redução das concentrações de oxigênio dissolvido, dois fatores que favorecem o crescimento de organismos tolerantes, e conseqüentemente a redução da biodiversidade sensível.

Podemos observar que a Sanga Barbuda registra a presença abundante de Chironomidae e Hirudinida na estação da primavera, e Oligochaeta e Nemata na estação do Verão, concomitante com a redução do oxigênio dissolvido. Além disso, registramos a presença de dois grupos de gastrópodos, Physidae e Planorbidae. No entanto, a Sanga do Epaminondas apresenta grupos mais sensíveis a estresse ambiental, sendo registrados os grupos de Baetidae e Elmidae.

Os parâmetros de oxigênio dissolvido, temperatura do ar e temperatura da água registraram uma discrepância entre os dois ecossistemas, além de determinarem a presença de um gradiente sazonal na Sanga do Epaminondas. No entanto, o incremento pela oferta de nutrientes, especialmente fósforo total e nitrogênio amoniacal total, na estações de verão e outono, determina a presença de determinados grupos de macroinvertebrados, principalmente na Sanga da Barbuda.

Smith, et al., (2007) descrevem que o aporte de nutrientes em ecossistemas aquáticos influenciam grandemente a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Em contrapartida, um estudo realizado por Docile, et al., (2016), mostra que áreas preservadas oferecem melhores condições para o desenvolvimento de macroinvertebrados, resultando em estruturas tróficas mais estáveis quando comparado com ambientes sob maior influência antropogênica.

Assim como Gargiulo, et al., (2016), quem em um estudo realizado em reservatórios em São Paulo, concluíram, que a comunidade bentônica em conjunto com as variáveis abióticas, são espécies bioindicadoras de qualidade da água, os resultados obtidos neste trabalho, através da utilização de ferramentas de monitoramento aquático, fornecem conhecimentos básicos, a partir, do uso de organismos bioindicadores aliados a fatores físicos e químicos, para caracterização de um ecossistema aquático.

## **CONCLUSÕES**

De acordo com os parâmetros físico-químicos analisados neste estudo, podemos ressaltar que o nitrogênio amoniacal total obteve seu limite ultrapassado na Sanga da Barbuda, além disso, o fósforo total apresentou resultados acima do valor permitido pela Resolução Conama 357/2005 em todos os pontos coletados.

Foi possível registrar 22.602 espécimes de macroinvertebrados bentônicos, divididos em 24 táxons, distribuídos em 06 ordens e 19 famílias. Destacamos a presença constante em todas as amostras coletadas de dois táxons, sendo Chironomidae e Oligochaeta, os quais são organismos tolerantes, perante a estresse ambiental.

Os resultados de índice de diversidade foram classificados como “águas moderadamente poluídas” e “águas altamente poluídas”, este fato, demonstra que a integridade dos ecossistemas aquáticos sofre, provavelmente, a interferência da ocupação e uso do entorno destes.

A Análise de Componentes Principais apresentou um gradiente espacial, diferenciando os dois ecossistemas aquáticos estudados, e outro gradiente sazonal, principalmente na Sanga do Epaminondas. Além disso, ficou claro a presença de determinados grupos de macroinvertebrados, perante as condições abióticas presentes no meio.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos em conjunto com as variáveis abióticas, mostra-se como uma ferramenta indicadora eficaz das condições ambientais, sinalizando a acentuada degradação da qualidade da água da Sanga da Barbuda, sendo considerada um dos principais tributários da Barragem Santa Bárbara, necessitando assim, de um monitoramento, visando a conservação e sanidade do mesmo.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), que viabilizou a realização deste estudo, disponibilizando instalações, material e equipe técnica. Agradecemos também ao PPGECA - IFSul pela oportunidade da realização deste.

### **REFERÊNCIAS**

- ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H.; MEIRELES, B. N. & SANTANA, A. C. D. 2007. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga**. Oecol. Bras., 11 (3): 397-409 p.
- ALBERTONI, E. F. & PALMA-SILVA, C. 2010. **Caracterização e importância dos invertebrados de água continentais com ênfase nos ambientes de Rio Grande**. Caderno de Ecologia Aquática. v 5., n.1. Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, FURG, Rio Grande, RS.
- BARBOSA, A. H. S.; SILVA, C. S. P.; ARAÚJO, S. E.; LIMA, T. B. B.; DANTAS, I. M. 2016. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do Rio Apodi-Mossoró**. HOLOS, v. 7, p. 121-132, 2016.
- BARROSA, M. P.; GAYESKI, L. M. & TUNDISI, J. G. 2016. **Benthic macroinvertebrate community in the Sinos river drainage basin, Rio Grande do Sul, Brazil**. M. P. Barrosa, L. M. Gayeski and J. G. Tundisi. Braz. J. Biol. vol. 76, no. 4. 942-950 p.
- BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. **Amostragem em Limnologia**. Ed. Rima, 1ª ed., São Carlos, 2004. 351p.
- BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. 2007. **Amostragem em Limnologia**. Ed. Rima, 2ª ed., São Carlos. 371p.
- BORTOLETTO, E. C.; SILVA, H. A.; BONIFÁCIO, C. M.; TAVARES, C. R. G. 2015. **Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil**. Brazilian Journal of Biology. v. 75, n. 4. 148-157 p.

BRANDIMARTE, A. L. 1997. **Impactos limnológicos da construção do reservatório de aproveitamento múltiplo do rio Mogi-Guaçu (SP, Brasil) sobre a comunidade de invertebrados bentônicos**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 97 p.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. **Bioindicadores bentônicos**. In: FÁBIO ROLAND, F.; CESAR, D. E MARCELA MARINHO, M. Lições de Limnologia. Editora Rima, 2005.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. 2001. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 6. n. 1. 71 - 82 p.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; MACEDO, D. R. 2019. **Biomonitoramento e pressões da urbanização: Uma abordagem integrada entre Ecologia e Geografia na bacia do rio das Velhas**. Revista Espinhaço. 2019. 8 (1): 2-12.

CARVALHO, E. S.; ISOLDI, L. A. **Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água da sanga da barbuda – afluente da barragem Santa Bárbara, na cidade de Pelotas – RS**. Graduação em Química Ambiental, Universidade Católica de Pelotas (UCPEL), Pelotas, RS, Brasil. 2012.

CHAGAS, F. B.; RUTKOSKI, C. F.; BIENIEK, G. B.; VARGAS, G. D. L. HARTMANN, P. A. & HARTMANN, M. T. 2017. **Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil**. Revista Ambiente e Água, vol. 12 n. 3. 416-425 p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. **Resolução nº 357 de maio de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial União. Brasília (DF). 374- 400 p.

DE MORAES, C. L.; SAAD, A. R.; AZEVEDO, F. D. A.; ROSINI, E. F. 2019. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica contribuinte do reservatório tanque grande, Guarulhos (SP), com base em macroinvertebrados bentônicos**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 5. 345-359 p.

DINIZ, F. M.; SANTOS, M. O.; MELO, S. M. 2018. **Levantamento da fauna de macroinvertebrados associados à macrófitas aquáticas**. Journal of Environmental Analysis and Progress. v. 03 n. 01. 086-091 p.

DOCILE, T.; ROSA, D. C. O.; FIGUEIRO, R. & NESSIMIAN J. 2016. **Urbanisation alters the flow of energy through stream food webs**. The Royal Entomological Society. Insect Conservation and Diversity.

GARGIULO, J. R. B. C; MERCANTE, C. T. J.; BRANDIMARTE, A. L. & MENEZES, L. C. B. 2016. **Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in Billings Reservoir fishing sites (SP, Brazil)**. Acta Limnol. Bras. vol.28. Rio Claro.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C. & HILGEMANN, M. 2017. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água - IQA**. Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1. 103-119 p.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM, ano 2, no 1.

HAIDEKKER, A.; HERING, D. 2008. **Relationship between benthic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera) and temperature in small and medium-sized streams in Germany: a multivariate study**. Aquatic Ecology, v. 42, n. 3. 463-481 p.

HELLAWELL, J. M. **Biological indicators of freshwater pollution and environmental management**. London and New York: Elsevier Applied Science Publishers. 1986. 546p.

HEPP, L. U.; URBIM, F. M.; TONELLO, G.; LOUREIRO, R. C.; SAUSEN, T. L.; FORNEL, R & RESTELLO, R. M. **Influence of land-use on structural and functional macroinvertebrate composition communities associated on detritus in Subtropical Atlantic Forest streams**. Acta Limnol. Bras. Rio Claro. vol.28. 2016.

HYNES, H. B. N. 1972. **The ecology of running Waters**. Liverpool University Press. 555 p.

KATH, A. H.; TIMM, J. G.; MONKS, J. L. F. 2017. **Caracterização de parâmetros físico – químicos e correlações com o manganês nos afluentes da barragem Santa Bárbara, Pelotas/RS**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.8, n.2. 34-48 p.

KORB, C. C. **Identificação de depósitos tecnogênicos no reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS)**. Dissertação de Mestrado em Geografia, pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. 2006.

KOTTEK, M.; GRIESER, L.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. 2006. **World Map of the Köppen-Geider climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v.15. 259-263 p.

MAGURRAN, A. E. 1989. **Diversidad ecológica y su medición**. Barcelona: Vedral. 200 p.

MALTCHIK, L., COSTA, E. S., BECKER, C. G. & OLIVEIRA, A. E. 2003. **Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil)**. Pesquisas: Botânica, vol. 53, p. 89-100.

MALTCHIK, L., ROLON, A. S. & GROTH, C. 2002. **Diversidade de macrófitas aquáticas em áreas úmidas da Bacia do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul**. Pesquisas: Botânica, vol. 52, p. 143-154.

MENEZES, J. P. C., OLIVEIRA, L. F. C., SALLA, M. R. 2019. **Metrics of benthic communities and habitat quality associated to different types of land use**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.24, n.4. 737-746 p.

MOLOZZI, J.; FRAÇA, J. S.; ARAUJO, T. L. A.; VIANA, T. H. HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. 2011. **Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais**. Iheringia, Sér. Zool. [online]. v.101, n.. 191-199 p.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, 1ª ed., Rio de Janeiro.

NEGRÃO, G. N. & CUNHA, M. C. 2019. **Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação do uso do solo e qualidade ambiental da bacia do Guabiroba, Guarapuava, PR, Brasil**. Revista Geografar. Curitiba, v.14, n.1, p.7-26.

NOVACK, M. L.; NASCIMENTO, L. V.; NEITZEL, L. H. & BRUM, A. A. 2015. **Caracterização da água bruta da Barragem Santa Bárbara - Pelotas/RS**. XXIV Congresso de Iniciação Científica, I Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão - UFPel. Universidade Federal de Pelotas.

OLIVEIRA, J. E. C. 1985. **Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Rio Grande do Sul - Observações sobre os bentos profundal**. Tese de doutorado em Ciências - Zoologia. Universidade de São Paulo. São Paulo. 135f.

PARESCI, D. C. 2008. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)**. Tese de doutorado. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 169 p.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. 2001. **Avaliação da qualidade da água da bacia do alto Jacaré-Guaçu/SP (ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho), através de variáveis químicas, físicas e biológicas**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 175 p.

PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R.; ISOLDI, L. A.; FERREIRA, O. G. L. & HEEMANN, C. 2006. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil**. Ciência Rural, Santa Maria. v. 36, n. 2, mar-abr.

RAUEN, W. B.; FERRARESI, A. C.; MARANHO, L.; OLIVEIRA, E.; COSTA, R.; ALCANTARA, J.; DZIEDZIC, M. 2018. **Index-based and compliance assessment of water quality for a Brazilian subtropical reservoir**. Engenharia Sanitária Ambiental. v.23, n.5. p 841-848.

SANEP, Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. 2019. **Estações de Tratamento**. Disponível em: <<https://portal.sanep.com.br/agua/sistema-captacao>>. Acessado em 18 de Outubro de 2019.

SANTOS, J. P. 2004. **Caracterização da área de contribuição do reservatório Santa Bárbara e identificação de conflitos**. Monografia. Programa de Pós-Graduação em Gestores Regionais de Recursos Hídricos. Universidade Federal de Pelotas. RS.



SANTOS, M. O. dos & MELO, S. M. de. 2017. **A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de nascentes-Análise de macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores.** Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 2, n.1. 36-43 p.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. 2004. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.** Jaguariúna, São Paulo.

SMITH, A. J.; BODE, R. W.; KLEPPEL, G. S. 2007. **A nutrient biotic index (NBI) for use with benthic macroinvertebrate communities.** Ecological Indicators, v. 7, n. 2. 371-386 p.

STANDARD METHODS.AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 2012. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22th edition. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. 2011. **Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil.** Journalofthe Health SciencesInstitute, v. 29, n. 1. 7-10 p.

TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos. 631 p.

VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, F. A. R. 2016. **Avaliação dos indicadores de qualidade de água para subsidiar propostas de conservação e manejo da bacia do rio Doce em Minas Gerais - Brasil.** Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente. Aracaju. V. 5. N.1. Edição Especial. 51 - 64 p.

WILHM, J.; DORRIS, T. 1968. **Biological parameters for water quality criteria.** Biological Science, v. 18, n. 6. 477-481 p.

WINCKLER, L. T.; GÜTHS, A. K. & GAYER, P. R. 2017. **Benthic macroinvertebrates and degradation of phytomass as indicators of ecosystem functions in flooded rice cropping.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 52, n. 4. 261-270 p.

## 7.6 ARTIGO 3: ÍNTEGRA DO ARTIGO AINDA NÃO SUBMETIDO



### **Conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos do Sul do Rio Grande do Sul: através de uma Coleção Referência de Macroinvertebrados Bentônicos**

*Knowledge of biodiversity in aquatic ecosystems of southern Rio Grande do Sul: through a Reference Collection of Benthic Macroinvertebrates*

#### **RESUMO**

As coleções biológicas podem ser consideradas como registros fundamentais da biodiversidade aquática para o desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa. O objetivo deste trabalho foi apresentar as informações de exemplares de fauna de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, Rio Grande do Sul. A Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas, foi criada no ano de 2018 e possui, em seu acervo, registro de 17.451 exemplares. Os exemplares são preservados em tubos de ensaio, potes de vidro e em armários. Em um livro é registrado: a identificação do táxon, origem, número de indivíduos, número da amostra e observações. Diptera e Oligochaeta foram numericamente os táxons mais representativos, com 100% e 93,61%, respectivamente. O acervo depositado representa uma ferramenta para o conhecimento da biodiversidade bentônica em ecossistemas lóticos e lênticos do sul do Rio Grande do Sul, permitindo o aprofundamento da identificação taxonômica, além de facilitar a realização de estudos de dinâmica de populações e estrutura de comunidades devido à importância deste material.

**Palavras-chave:** Coleção Biológica; Comunidade Científica; Dinâmica de Populações.

#### **ABSTRACT**

Biological collections can be considered as fundamental records of aquatic biodiversity for the development of teaching and research activities. The objective of this work was to present the information of specimens of fauna of benthic macroinvertebrates bioindicators of water quality of the accumulation basin of the Santa Barbara Dam and its tributaries, Pelotas, Rio Grande do Sul. The Benthic Macroinvertebrate Reference Collection of the Biology Laboratory - IFSul - Câmpus Pelotas, was created in 2018 and has, in its collection, a record of 17,451 copies. The specimens are preserved in test tubes, glass pots and cabinets. In a book is recorded: the identification of the taxa, origin, number of individuals, sample number and observations. Diptera and Oligochaeta were numerically the most representative taxa, with 100% and

93.61%, respectively. The deposited collection represents a tool for the knowledge of benthic biodiversity in lotic and lentic ecosystems in southern Rio Grande do Sul, allowing the deepening of taxonomic identification, in addition to facilitating the conduct of studies of population dynamics and community structure due to the importance of this material.

**Keywords:** *Biological Collection; Scientific Community; Population Dynamics.*

## 1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro abriga cerca de 15% a 20% de toda a diversidade biológica mundial, nas quais o capital natural pode gerar grandes benefícios econômicos e sociais quando bem administrado (EGLER, 2006, p. 01). Zaher e Young (2003, p. 25) descrevem que para alguns grupos de invertebrados, o número de espécies conhecidas no território nacional pôde ser apenas inferido devido à falta de estudos taxonômicos abrangentes que incluam listagens e catálogos de espécies. Por isso, as informações da biodiversidade são relevantes para o desenvolvimento de estudos e estratégias em vários âmbitos, podendo subsidiar valiosas atividades de ensino, informações sobre o planejamento de ações ao manejo de recursos naturais, além de apresentarem valioso material de importância histórica e científica (ARANDA, 2014, p. 45).

As Coleções biológicas reúnem registros da variação morfológica e genética passada e recente, da distribuição geográfica, bem como de outras valiosas informações (MARINONI e PEIXOTO, 2010, p. 54), a partir de organismos biológicos ou parte desses, vivos ou mortos, organizados, catalogados e preservados fora de seu ambiente natural (MAGALHÃES, *et al.*, 2001, p. 296; EGLER, 2006, p. 01). Conforme Canhos, *et al.*, (2006, p.01), as coleções biológicas exercem função de repositórios estáticos de informação, catalogando espécimes e realizando atividades de análise sistemática.

De acordo com o Manual de Organização de Coleções Biológicas da Fiocruz, as Coleções Biológicas da Fiocruz tem como missão:

Manter representantes da biodiversidade brasileira e de seus recursos genéticos, e são, portanto, representantes do patrimônio nacional, científico e cultural; considerando que os materiais biológicos preservados nestas coleções são matéria prima para a obtenção dos mais variados produtos biotecnológicos e são também utilizados em pesquisas nas áreas da saúde, incluindo pesquisas epidemiológicas, de ambiente, da agricultura e da indústria, além de estruturantes para o Complexo Econômico - Industrial da Saúde (CEIS). (FIOCRUZ, 2018, p. 01).

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), na Instrução Normativa Nº 160, de 27 de abril de 2007, resolve instituir o Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO) e disciplinar o transporte e o intercâmbio de material biológico consignado às coleções, além de indicar as seguintes tipologias para coleções biológicas: científica, didática, de serviço, de segurança nacional e particular. O Cadastro de Coleções Biológicas tem como objetivo:

Atender à demanda da comunidade científica no sentido de facilitar a remessa e intercâmbio de material científico entre tais instituições, assim como atender a resolução nº 11.15 da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES). O CCBIO funcionaria como um módulo do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO). No entanto, com a criação do

ICMBio e a delegação ao Instituto da gestão do SISBIO, o Cadastro de Coleções Biológicas ficou sob responsabilidade do IBAMA, que é a autoridade CITES no Brasil, tendo sido, portanto, dissociado do SISBIO. (IBAMA, 2007, p. 1).

A Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas foi criada a partir de um projeto de pesquisa de Dissertação de Mestrado Profissional, desenvolvido no Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais em parceria com o Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP). Cujo título foi “Caracterização da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, Rio Grande do Sul, com a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água”. A triagem e identificação dos táxons de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas no Laboratório de Hidrobiologia – SANEP e após depositadas na Coleção Referência, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.

O objetivo deste estudo foi apresentar as informações de exemplares de fauna de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água da bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e seus tributários, Pelotas, RS.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. METODOLOGIA

A presente Coleção Biológica de Referência Científica foi desenvolvida na Barragem Santa Bárbara (Figura 1), no município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS), em uma pesquisa realizada no ano de 2018, contemplando a sazonalidade do ano.

A Coleção Biológica de Referência Científica possui um acervo constituído por macroinvertebrados bentônicos, oriundos de quatro coletas, realizadas nas quatro estações do ano, em quatro pontos amostrais, sendo um ponto na bacia de acumulação da Barragem Santa Bárbara e em seus 3 tributários, sendo Sanga da Barbuda, Sanga do Epaminondas e Sanga do Passo do Cunha (Figura 2).



Figura 1. Bacia Hidrográfica - Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil.

Fonte: Santos (2004).

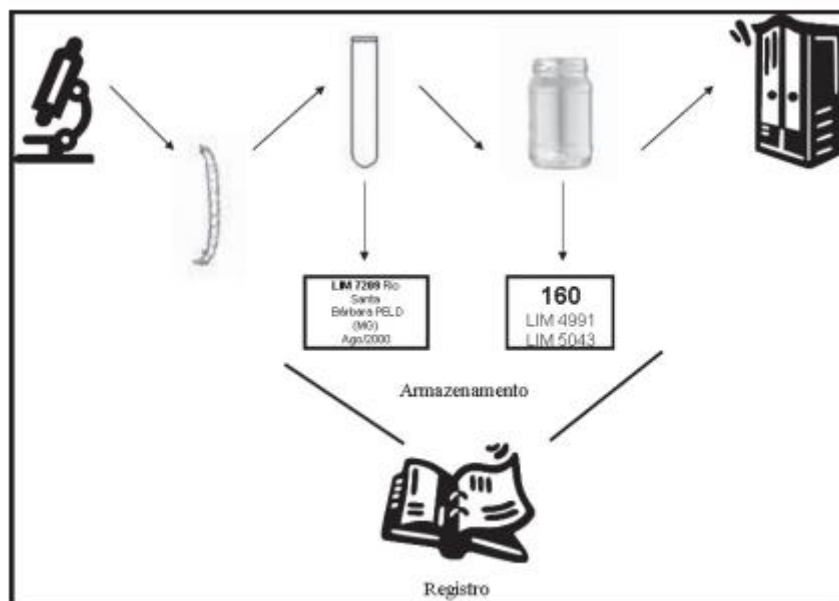


Figura 2. Demonstração dos pontos amostrais, a saber: (1) bacia de acumulação Barragem Santa Bárbara, (2) Sanga da Barbuda, (3) Sanga do Epaminondas e (4) Sanga do Passo do Cunha.

Fonte: Google Maps (2019).

Os exemplares registrados na Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas são depositados com base em dois critérios: do ponto de vista morfológico, no qual o exemplar deve estar completo, ou seja, com suas principais características estruturais, possibilitando a identificação taxonômica e possuir todas as informações de identificação, sendo descrito data e local de coleta, descrições de hábitat, número de indivíduos e etc.

A metodologia utilizada na organização e acondicionamento da Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos inclui: 1. Identificação dos organismos; 2. Acondicionamento em tubos de ensaio de vidro com álcool 70 %; 3. Etiquetados com dados de local e data de coleta, amostrador e identificação taxonômica; 4. Acondicionadas em frascos de vidros de 600 mL com tampa com álcool 70%.; 5. Identificação dos frascos de vidros; 6. Acondicionamento em armários fechados, para proteção de luz e calor (Figura 3).



**Figura 3. Ilustração da metodologia de acondicionamento dos organismos da Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas.**

**Fonte: França & Callisto (2007).**

## 2.2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas, foi criada no ano de 2018, registrando 17.451 exemplares, divididos em 40 táxons, 09 ordens, 32 famílias, distribuídos em 42 lotes, acondicionados em 531 tubos de ensaio.

A maior representatividade (Tabela 1) é da Classe Insecta, ordens Diptera, Odonata e Coleoptera. Na ordem Diptera a predominância é da família Chironomidae, com 8 famílias. A ordem Odonata, apresentou 5 famílias, seguida de Coleoptera, com 12 famílias registradas. Dentre os espécimes restantes, pode-se destacar a subclasse Oligochaeta e Hirudinida, registradas em maiores abundâncias neste estudo.

Diante dos dados registrados neste estudo, apontam que os demais táxons, são menos representativos na Coleção de Referência (Tabela 1).

Aranda (2014, p. 46) ressalta a importância das coleções biológicas quanto a sua preservação, pois apresentam uma maior complexidade de matéria orgânica, necessitando de uma desaceleração ao máximo da decomposição natural da matéria orgânica, tendo em vista que, para cada tipo de material, são necessários diferentes procedimentos técnicos, conservantes e métodos de preservação específicos.

**Tabela 1. Descrição de táxons registrados na Coleção Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas.**

<b>TÁXONS</b>	<b>% F</b>
<b>Platyhelminthes</b>	
Turbellaria	21,00%
Nemata	36,94%
<b>Annelida</b>	
Oligochaeta	93,61%
Hirudinida	79,16%
<b>Arthropoda</b>	
<b>Crustaceae</b>	
Amphipoda	42,22%
<b>Insecta</b>	
<b>Ephemeroptera</b>	
Baetidae	26,94%
Caenidae	9,72%
<b>Odonata</b>	
Gomphidae	4,16%
Libellulidae	9,72%
Dictyrididae	1,11%
Calopterygidae	5,55%
Coenagrionidae	33,33%
<b>Coleoptera</b>	
Curculionidae	23,05%
Dytiscidae	27,77%
Hydrophilidae	38,61%
Scirtidae	48,61%
Helodidae	5,55%
Carabidae	5,55%
Noteridae	9,99%
Lompidae	5,55%
Hydroscaphidae	5,55%
Halplidae	4,16%
Dryophidae	5,55%
Elmidae	14,16%
<b>Diptera</b>	
Chironomidae	100%
Culicidae	21,94%
Stratiomyidae	20,83%
Chaboridae	20,83%
Ceratopogonidae	26,38%
Tipulidae	2,22%
Ephydriidae	5,55%
Sciomyzidae	4,16%
<b>Tricoptera</b>	

Hydroptilidae	13,88%
<b>Lepidoptera</b>	<b>11,11%</b>
<b>Hemiptera</b>	
Pleidae	16,66%
<b>Chelicerata</b>	
Acari	59,99%
<b>Mollusca</b>	
<b>Gastropoda</b>	
Planorbidae	20,85%
Hydrobilidae	4,16%
Physidae	36,11%
<b>Bivalvia</b>	<b>5,55%</b>

Porcentagem de Frequência (%F).

A manutenção de uma Coleção de Referência permite o desenvolvimento de outros estudos, sendo na área da genética, morfometria geométrica, ecologia, biogeografia intra e inter biomas, relacionamento com áreas degradadas e monitoramento em longo prazo. É de fundamental importância garantir novos estudos taxonômicos, biogeográficos, filogenéticos e ecológicos, possibilitando a utilização deste material. Desta forma, os exemplares depositados nesta Coleção podem representar importante ferramenta para estudos futuros (FRANÇA & CALLISTO, 2007, p. 10).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível registrar 17.451 organismos, divididos em 40 táxons, 09 ordens, 32 famílias, distribuídos em 42 lotes, acondicionados em 531 tubos de ensaio. Destaca-se a presença freqüente nas amostras coletadas dos táxons de Chironomidae e Oligochaeta, os quais apresentam características tolerantes diante de diversos fatores de estresse ambiental, tornando-os eficientes bioindicadores de qualidade da água e degradação ambiental.

Ressalta-se ainda a presença abundante das ordens de Diptera, Odonota e Coleoptera, registrando maiores quantidades de táxons entre as demais registradas.

Trabalhos futuros podem utilizar o material depositado na coleção, pois os dados já levantados necessitam de maior refinamento taxonômico, assim como a coleção necessita de manutenção e curadoria.

Espera-se ainda, que a Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Biologia – IFSul – Câmpus Pelotas continue recebendo material biológico, incrementando o banco de dados, favorecendo o desenvolvimento da pesquisa científica e disponibilizando informações sobre a sanidade dos ecossistemas aquáticos, uma vez que, os macroinvertebrados bentônicos, são organismos bioindicadores de qualidade da água.



#### 4. REFERÊNCIAS

- ARANDA, T. A. **Coleções Biológicas: Conceitos básicos, curadoria e gestão, interface com a biodiversidade e saúde pública**. III Simpósio sobre a biodiversidade da Mata Atlântica. Santa Tereza, ES. 2014, p. 45 - 56.
- CANHOS, D. A. L.; SOUZA, S. & CANHOS, V. P. Coleções Biológicas e Sistemas de informação. Centro de Referência em Informação Ambiental – (Cria). 2006. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/12\\_candinha/Canhos\\_et\\_al\\_Fev\\_2006\\_informacao.pdf](http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/12_candinha/Canhos_et_al_Fev_2006_informacao.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2019.
- EGLER, I. Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. 2006. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/12\\_candinha/11194.pdf](http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/12_candinha/11194.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2019.
- FIOCRUZ. Manual de Organização de Coleções Biológicas da Fiocruz. 2018. Disponível em: <[https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/vppcb-m-cb-001\\_-\\_manual\\_de\\_organizacao\\_de\\_colecoes\\_da\\_fiocruz\\_rev8.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/vppcb-m-cb-001_-_manual_de_organizacao_de_colecoes_da_fiocruz_rev8.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2019.
- FRANÇA, J. S. & CALLISTO, M. **Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais**. Neotropical Biology and Conservation. Vol. 2. Nº 1. Jan - Abr, 2007, p. 3 - 10.
- IBAMA. **Instrução Normativa Nº 160, de 27 de Abril de 2007**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_normativas/IN\\_160\\_270407\\_colecoes.pdf](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN_160_270407_colecoes.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2019.
- MAGALHÃES, C.; SANTOS, J. L. C. e SALEM, J. I. **Automação de coleções biológicas e informações sobre a biodiversidade da Amazônia**. Parcerias Estratégicas. Vol. 6. Nº 2. 2001, p. 294 - 312.
- MARINONI, L. & PEIXOTO, A. L. As coleções biológicas como fonte dinâmica e permanente de conhecimento sobre a biodiversidade. 2010. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v62n3/a21v62n3.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2019.
- ZAHER, H. & YOUNG, P. S. **As Coleções Zoológicas Brasileiras: Panorama e Desafios**. Cienc. Cult. V. 55 Nº. 3. São Paulo jul./set. 2003, p. 24 - 26.
- SANTOS, J. P. 2004. **Caracterização da área de contribuição do reservatório Santa Bárbara e identificação de conflitos**. Monografia. Programa de Pós-Graduação em Gestores Regionais de Recursos Hídricos. Universidade Federal de Pelotas. RS.

## 7.7 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES – REVISTA THEMA – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE

# Revista Thema

---

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), Pelotas/RS - Brasil.

## Diretrizes para Autores

Para submeter originais, após efetuar o cadastro de usuário, basta [acessar](#) o sistema, clicar em “autor” e iniciar o processo de cinco (05) passos de submissão. O envio de originais para a Revista Thema será feito unicamente por meio deste site, em arquivos **DOC** ou **ODT** (ver templates em "**Condições para submissão**", incluídas no final desta página).

\* A submissão de originais é gratuita e não são cobradas taxas para a sua revisão (avaliação).

\*\* É importante a menção de que, mesmo diante de todo o processo de avaliação a que são submetidos os originais, incluindo a verificação utilizando programa específico antiplágio, se houver comprovação de algum tipo de plágio de texto (SPINAK, 2013) já publicado (incluído: parafrasear, repetir pesquisa, fonte secundária, duplicação, verbatim, colaboração não ética, atribuição enganosa, replicação, fonte inválida, completo), os editores da Revista Thema se reservam no direito de retirar o texto do sistema.

SPINAK, E. Ética editorial e o problema do plágio. **SciELO em Perspectiva**, 2 out. 2013. Disponível em: <<http://blog.scielo.org/blog/2013/10/02/etica-editorial-e-o-problema-do-plagio>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

Havendo dúvidas neste processo consulte o [Tutorial de submissão](#).

Abaixo seguem instruções importantes para a submissão de originais:

A Revista aceita originais escritos somente em língua portuguesa nos seguintes formatos:

1. Artigo: síntese de pesquisa original ou revisão crítica de bibliografia temática específica;
2. Relato: relatos de caso ou experiência, de conteúdo inédito e relevante, devendo estar amparada em referencial teórico que dê subsídios a sua análise;

3. Resenha: Análise descritiva e analítica de obra nacional ou estrangeira, recentemente publicada;

4. Nota Científica: Categoria de original científico que descreve uma técnica, um aparelho, uma nova espécie ou observações e levantamentos de dados limitados a experimentos não repetíveis ou outras situações únicas. É, em geral, mais curta que os trabalhos científicos completos, não precisando obedecer a estrutura clássica. Tem o mesmo rigor científico dos "Trabalhos Científicos" e o mesmo valor como publicação.

### Instruções adicionais

No preparo do original deverá ser observada a seguinte estrutura:

- a) Título e subtítulo do original (até três linhas);
- b) Título em inglês;
- c) Resumo e palavras-chave (exceto para resenhas): o resumo deve conter entre 550 e 1200 caracteres, incluindo os espaços. As palavras-chave, que identificam o conteúdo do artigo, devem ser de no mínimo três (03) e no máximo cinco (05);
- d) *Abstract* (exceto para resenhas) e *Key-words* (exceto para resenhas);
- e) Corpo do texto, ao longo do qual não deve haver identificação autoral;
- f) Referências bibliográficas conforme especificado nas normas à seguir.

Os textos deverão ser submetidos considerando as seguintes normas:

- a) Fonte Tahoma, tamanho 11, espaçamento 1,15;
- b) Tamanho máximo dos trabalhos:
  - I – 60.000 caracteres (com espaços) para artigos;
  - II – 35.000 caracteres (com espaços) para relatos e ensaios;
  - III – 15.000 caracteres (com espaços) para resenhas.
- c) Papel A4;
- d) Margens de 2 cm;
- e) Páginas numeradas;
- g) As notas de rodapé devem ser numeradas e constar no final da página em que ocorrer;
- h) As citações devem obedecer à forma (SOBRENOME\_DO\_AUTOR, ANO) ou (SOBRENOME\_DO\_AUTOR, ANO, p.xx). Diferentes títulos do mesmo autor,

publicados no mesmo ano, deverão ser diferenciados adicionando-se uma letra depois da data (SOBRENOME\_DO\_AUTOR, ANOa, p.xx);

i) As referências bibliográficas deverão ser feitas ao final do trabalho, de acordo com a normatização ABNT ([NBR 6023/2002](#)), conforme indicado abaixo:

**Livros:**

SOBRENOME DO AUTOR, prenomes sem abreviatura. **Título do livro:** subtítulo. Local de publicação: Editora, ano de publicação.

**Capítulos**

**de**

**livros:**

SOBRENOME DO AUTOR, Prenomes sem Abreviatura. Título do capítulo: subtítulo. In: SOBRENOME DO AUTOR, Prenomes sem Abreviatura. **Título do livro.** Edição. Local de publicação: Editora, ano de publicação.

**Periódicos:**

SOBRENOME DO AUTOR, Prenomes sem abreviatura. Título do artigo: subtítulo. **Título do Periódico**, local de publicação, número do volume, número do fascículo, páginas inicial e final do artigo, mês e ano de publicação.

**Monografias,**

**teses**

**e**

**dissertações:**

SOBRENOME DO AUTOR, Prenomes sem abreviatura. **Título:** subtítulo. Local do curso(cidade): nome da universidade (abreviado), ano de publicação. Monografia, Dissertação ou Tese, nome da faculdade, centro ou instituto, nome da universidade por extenso, ano de conclusão.

**Documento**

**eletrônico:**

SOBRENOME DO AUTOR, Prenomes sem abreviaturas. **Título.** Disponível em: Acesso em: dia mês (abreviado) ano.

## Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e preferencialmente inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista;
2. Os arquivos para submissão dos originais estão em formato **Microsoft Word** (.doc) ou **LibreOffice Writer** (.odt) - (desde que não ultrapassem 2MB), utilizando a **template-thema**.
3. URLs para as referências foram informadas quando necessário.
4. O corpo do texto está em espaço 1,15 lines; usa uma fonte de 11-pontos; emprega itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL); as figuras e tabelas estão inseridas no texto, não no final do documento, como anexos.

5. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores, na seção Sobre a Revista.
6. A identificação de autoria do trabalho foi removida do arquivo e da opção "Propriedades" no **Microsoft Word** (arquivos .doc): Utilizando o gerenciador de arquivos do Windows, clicar no arquivo c/ o botão direito do mouse > Propriedades > Detalhes > Remover Propriedades e Informações Pessoais > Remover as seguintes propriedades deste arquivo: > Marcar: Autores > Marcar: Salvo por > OK .

No caso do **LibreOffice Writer** (arquivos .odt: LibreOffice > Preferences... > LibreOffice > User Data > Address [limpar todos os campos]), garantindo, desta forma, o critério de sigilo da revista.

7. Orientações para os Autores sobre a avaliação dos originais. [PDF](#)

#### 8. Template a ser utilizada para envio do original

- Template formato LibreOffice Writer: [template-thema.odt](#)
- Template formato Microsoft Word: [template-thema.doc](#)

OBS: Caso não consiga fazer o upload do arquivo, enviar solicitação de envio para [revistathema@ifsul.edu.br](mailto:revistathema@ifsul.edu.br).

## Declaração de Direito Autoral

**DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE:** Certifico que participei da concepção do trabalho, em parte ou na íntegra, que não omiti quaisquer ligações ou acordos de financiamento entre os autores e companhias que possam ter interesse na publicação desse artigo. Certifico que o texto é original e que o trabalho, em parte ou na íntegra, ou qualquer outro trabalho com conteúdo substancialmente similar, de minha autoria, não foi enviado a outra revista e não o será enquanto sua publicação estiver sendo considerada pela Revista Thema, quer seja no formato impresso ou no eletrônico.

O autor responsável pela submissão representa todos os autores do trabalho e, ao enviar o artigo para a revista, está garantindo que tem a permissão de todos para fazê-lo. Da mesma forma, assegura que o artigo não viola direitos autorais e que não há plágio no trabalho. A revista não se responsabiliza pelas opiniões emitidas.

A Revista Thema é de acesso aberto (Open Access), sem que haja a necessidade de pagamentos de taxas, seja para submissão ou processamento dos artigos. A revista adota a definição da *Budapest Open Access Initiative (BOAI)*, ou seja, **os usuários possuem o direito de ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, buscar e fazer links diretos para os textos completos dos artigos nela publicados.**

Todos os artigos são publicados com a licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional](#). Os autores mantêm os direitos autorais sobre suas produções, devendo ser contatados diretamente se houver interesse em uso comercial dos trabalhos.

## Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.