

## IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS APORTES NUTRICIONAIS À BARRAGEM SANTA BÁRBARA

KAREN GULARTE PERES MENDES<sup>1</sup>; DANIELE MARTIN SAMPAIO<sup>2</sup>; LETÍCIA VIANNA DO NASCIMENTO<sup>3</sup>; FELIPE DE LUCIA LOBO<sup>4</sup>; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Instituto Federal Sul-rio-grandense – karperes@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – dmartinsampaio@gmail.com

<sup>3</sup>Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) – levn791ster@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – felipellobo@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – hugo.guedes@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A preservação e o uso consciente dos recursos hídricos, especialmente as águas doces superficiais, é essencial à manutenção da vida a longo prazo (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Porém, a intensificação dos usos antrópicos, em função do crescimento populacional, tem resultado na poluição e degradação dos sistemas aquáticos dificultando seu tratamento para o consumo humano (OSTI *et al.*, 2024).

Um dos efeitos da poluição antrópica é a aceleração do processo de eutrofização, definido como o enriquecimento de um corpo d'água por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (VON SPERLING, 1996), geralmente associado ao lançamento de efluentes (OSTI *et al.*, 2024). O grau de eutrofização está associado ao uso e ocupação do solo da área de drenagem (VON SPERLING, 1996), importante impulsionador de mudanças ambientais (DEMISSIE, 2022).

O crescimento de áreas de impermeabilização em detrimento de áreas de vegetação contribui para a diminuição da qualidade do solo e da água (DAVIS; BHASKAR, 2022), pois áreas naturais como florestas e zonas úmidas são fundamentais para a ciclagem de nutrientes, diminuindo sua perda (KHAN; MOHAMMAD, 2014). Igualmente importante é o conhecimento sobre os tributários em função dos aportes carreados através deles (WIECZOREK *et al.*, 2024).

Dessa forma, este estudo objetiva identificar as cargas nutricionais aportadas ao reservatório da barragem Santa Bárbara (BSB) associando-as aos seus principais tributários, através do mapeamento do uso e cobertura do solo em sua área de drenagem e da caracterização nutricional de cada contribuinte.

### 2. METODOLOGIA

A BSB é um reservatório artificial que fornece água para a estação de tratamento de água Santa Bárbara (ETA SB) desde a década de 1960. Para a delimitação da bacia hidrográfica a montante da adução para a ETA (BHASB-M), foi utilizado o *software* livre QGis versão 3.16.16 *with* GRASS 7.8.5, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM da USGS, localizando seu exutório nas coordenadas planas X UTM 370313,972m e Y UTM 6488556,118m, e os exutórios de seus principais tributários próximo a entrada de cada um deles na BSB. A camada representativa do reservatório foi gerada a partir do raster "Occurrence" do *dataset* para Água Superficial Global de 1984 a 2021 fornecido pelo *Joint Research Centre* (PEKEL *et al.*, 2016). Para obtenção das classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2022 foi utilizado o *MapBiomias User Toolkit*

1.19.0 – *Land Use and Land Cover* da Plataforma MapBiomas para *Google Earth Engine* (GEE) (SIQUEIRA, 2021), coleção 8, associado a observação visual utilizando o Google Earth Pro. Na sequência, foram consultadas a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), a Secretaria Estadual de Meio ambiente (SEMA) e o portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), para identificar atividades cadastradas.

Na abordagem de qualidade da água, dados mensais de Fósforo Total (PT) e Nitrogênio Amoniacal (NA) da BSB e tributários, disponibilizados pelo Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), foram submetidos à estatística descritiva e comparados aos valores máximos permitidos (VMP) preconizados para a classe 2 de águas doces na Resolução CONAMA 357/2005. Para determinação do tributário mais influente como preditor no aporte de PT, foi utilizada a métrica *importance* do pacote *Caret* do *software* RStudio versão 4.1, após treinamento e validação com as funções *trainControl* e *train*, através de validação cruzada k-fold (k=10) e *Random Forest*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da BHASB-M revelou que os tributários Epaminondas (EPA), Passo do Cunha (PC), Sanga da Barbuda (SgB) e Santa Terezinha (ST) drenam, respectivamente, as sub-bacias do arroio Santa Bárbara (SBASB), do arroio do Meio (SBAM), da sanga da Barbuda (SBSB) e da Santa Terezinha (SBST). Não há identificação ou monitoramento do tributário que drena a sub-bacia do distrito industrial (SBDI) (Figura 1a). A área da BHASB-M é de 87,54km<sup>2</sup>, dos quais 40,82% são ocupados pela SBASB, 24,25% pela SBSB, 12,96% pela SBAM, 12,03% pela SBDI e 2,04% pela SBST. Os 7,90% restantes são ocupados pelo reservatório e por drenagens diretas a ele (área de contribuição difusa). A Figura 1b e a Tabela 1 mostram a distribuição espacial e a porcentagem de cada classe na BHASB-M e sub-bacias em 2022.

A consulta à FEPAM e SEMA revelou a presença de um engenho de arroz com parboilização na SBDI; mineração de argila e granito, uma indústria de plásticos e uma de secagem de grãos SBASB; mineração de areia e um engenho de arroz sem parboilização na SBAM; e, 8 indústrias na SBSB, sendo engenhos com e sem parboilização de arroz, secagem de grãos, matadouro/frigorífico, ração animal, pescado e processadora de resíduos sólidos. As atividades de mineração não geram efluentes (FEPAM, 2023).

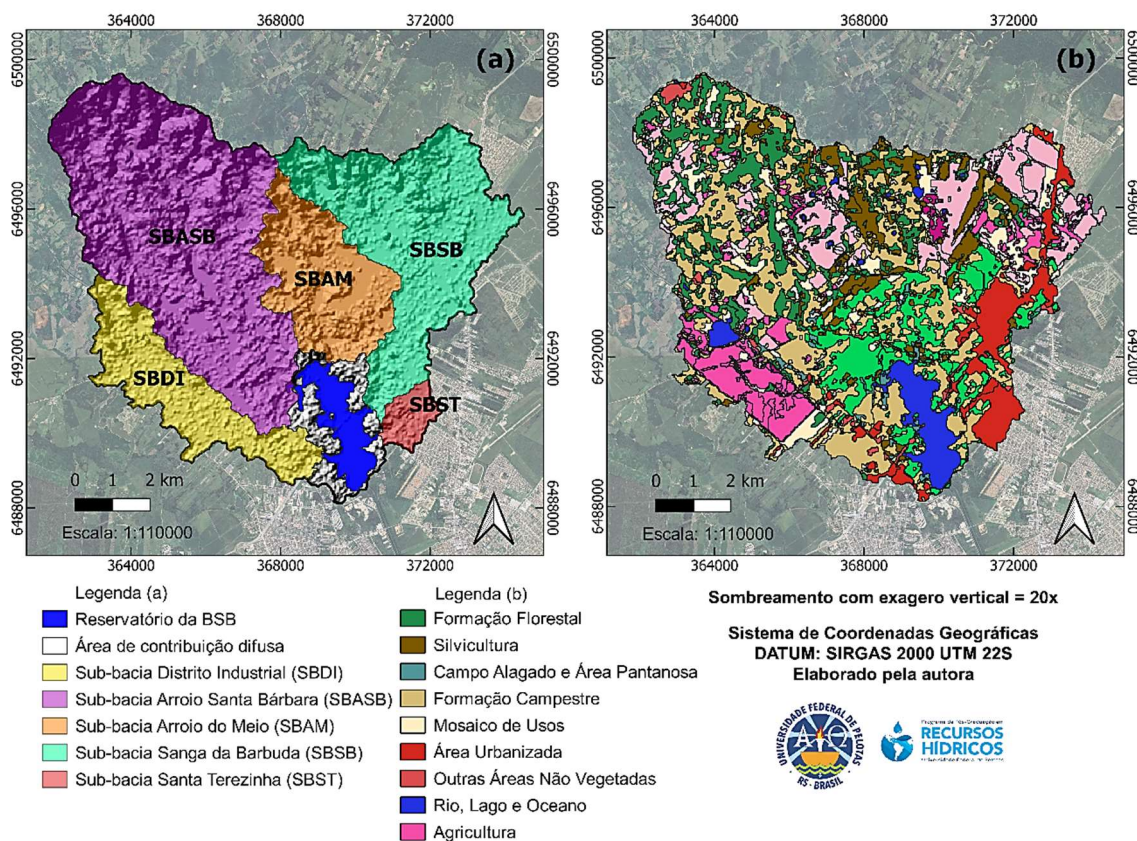
A média, o desvio padrão e a porcentagem de casos fora da legislação para a BSB e tributários são mostrados na Tabela 2. Quanto ao tributário mais influente no aporte de PT, a métrica *importance* indicou o PC, seguido do SgB, ST e EPA. A análise em conjunto dos resultados das 3 abordagens, revelou as sub-bacias SBSB e SBST como as mais poluídas, dada a predominância de agricultura e silvicultura associadas a urbanização e maior industrialização da primeira e predominância de urbanização na segunda. Em consequência, ambas possuem as maiores concentrações de PT e NA, com 100% dos resultados acima dos respectivos VMP. Neste contexto, mesmo sendo o terceiro tributário mais poluído, o fato de PC (SBAM) ser o preditor mais influente no aporte de PT para a BSB revela boa capacidade de diluição do reservatório, amenizando o teor de nutrientes na BSB, pois sua contribuição em volume de água é muito maior do que da SgB e ST, constatado através de visita aos locais, pois não há medição de vazão. Além disso, a SBAM é a sub-bacia que possui a maior cobertura por Formação Campestre e a

segunda menor Área Urbanizada entre as sub-bacias, contribuindo para seus teores reduzidos de nutrientes comparada às demais.

**Tabela 1:** Áreas percentuais de cada classe de uso e ocupação do solo

Classe	BHASB-M	SBDI	SBASB	SBAM	SBSB	SBST
Form. Florestal	13,08	7,44	24,10	8,05	5,39	0,00
Silvicultura	16,22	2,15	12,52	38,68	17,53	4,63
Campo Alagado e Área Pantanosa	1,24	0,62	1,17	1,66	0,47	0,17
Form. Campestre	26,97	26,05	32,94	35,71	13,90	18,20
Mosaico de Usos	9,28	10,68	10,17	6,19	12,22	0,00
Área Urbanizada	6,80	3,51	0,43	2,10	16,40	75,54
Outras Áreas Não Vegetadas	1,52	2,23	1,76	0,44	1,34	1,45
Rio, Lago e Oceano	4,27	4,25	0,34	0,31	0,53	0,00
Agricultura	20,63	43,08	16,57	6,87	32,22	0,00

**Figura 1:** BHASB-M e sub-bacias (a) e uso e cobertura do solo em 2022 (b)



**Tabela 2:** Média ( $\bar{x}$ , mg/L), desvio padrão ( $\sigma$ , mg/L) e % fora do padrão CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para PT (VMP  $\leq$  0,03mg/L) e NA (VMP  $\leq$  2mg/L)

		BSB	EPA	PC	SgB	ST
PT	$\bar{x} \pm \sigma$	0,47 $\pm$ 0,27	0,13 $\pm$ 0,16	0,39 $\pm$ 0,27	4,76 $\pm$ 2,61	3,10 $\pm$ 1,08
	%fora	94,74%	72,00%	98,00%	100%	100%
NA	$\bar{x} \pm \sigma$	1,14 $\pm$ 0,68	0,89 $\pm$ 0,73	1,39 $\pm$ 0,94	12,11 $\pm$ 5,64	20,38 $\pm$ 10,98
	%fora	9,21%	10,00%	22,00%	100%	100%

#### 4. CONCLUSÕES

A análise qualiquantitativa das sub-bacias drenadas para a BSB revelou SBSB e SBST como portadoras das maiores concentrações de nutrientes devido à predominância de urbanização e agricultura nelas existentes, atividades inerentemente associadas ao aporte de efluentes ricos em PT e NA. Sendo assim, recomenda-se que SBSB e SBST sejam alvo de estratégias de gestão para redução da poluição de suas drenagens, bem como SBAM seja preservada em função da diluição de nutrientes promovida por suas águas ao reservatório da BSB.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.M.; MARTINS, V.S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. 1<sup>a</sup> edição. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Acessado em: 24 jun. 2023. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450)

DAVIS, F.R.; BHASKAR, M.S.B. Assessment of water, soil contamination and land cover changes in Sims and Vince Bayou urban watersheds of Houston, Texas. **Watershed Ecology and the Environment** 4 (2022) 73-85.

DEMISSIE, T.A. Land use and land cover change dynamics and its impact on watershed hydrological parameters: the case of Awetu watershed, Ethiopia. **Journal of Sedimentary Environments** (2022) 7:79–94

FEPAM. Acessado em: 24 jun. 2023. Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br>

KHAN, M.N.; MOHAMMAD, F. Eutrophication: challenges and solutions. **Eutrophication: Causes, Consequences and Control**: Vol.2, p.1-15, 2014.

OSTI, J.A.S. *et al.* Aplicabilidade dos índices de diversidade fitoplanctônica e do estado trófico como indicadores do processo de eutrofização nas áreas do braço do Rio Grande e Corpo Central do reservatório Billings. **Research, Society and Development**, v.13, n.2, 2024.

PEKEL, J-F. *et al.* High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. **Nature** 540, 418-422. 2016.

SIQUEIRA, João. Mapbiomas-Brasil/User-toolkit. Acessado em: 11 out. 2021. Disponível em: <https://github.com/mapbiomas-brazil/user-toolkit>

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA-UFMG.1996.

WIECZOREK, K.; TUREK, A.; SZCZESIO, M.; WOLF, W. A holistic approach to the spatio-temporal variability investigation of the main river water quality – The importance of tributaries. **Science of The Total Environment**, v. 906, p. 167588, 2024.