

Dossiê Parque Estadual do Turvo (PET) - Yucumã

Efeitos da presença de *Hedychium coronarium* e do uso da terra na qualidade da água na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo

Effects of the presence of *Hedychium coronarium* and land use on water quality in the buffer zone of Parque Estadual do Turvo

Impactos de la presencia de *Hedychium coronarium* y el uso de la tierra em la calidad del agua em la zona de amortiguamiento del Parque Estatal Turvo

Gabriel Volpi^I , Thalia da Silva Voeltz^{II} , Marcelo Carvalho da Rocha^{II} ,
Felipe Bonini da Luz^I , Nilson Ferreira dos Santos^I ,
Genesio Mario da Rosa^I , Lucas Hemsing Bratz^I , Ricardo Turchetto^I ,
Barbara Esteveo Clasen^{III} , Fabiana Regina da Silva^I , William Gaida^I 

^I Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

^{II} Universidad Tecnológica del Uruguay, Nuevo Paysandu, Uruguay

^{III} Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

RESUMO

O estudo realizado no Parque Estadual do Turvo, em Derrubadas, Rio Grande do Sul, investiga a presença da espécie exótica invasora *Hedychium coronarium* (Lírio do brejo) e seu impacto nas atividades agrícolas na zona de amortecimento. A região, de significativa importância ecológica, sofre com a compactação do solo devido à intensa agricultura, sendo predominante o uso de Latossolos Vermelhos. A análise da água indica que o Lírio do brejo tem um efeito positivo na qualidade da água, reduzindo os níveis de Nitrato, Potássio e Fósforo em comparação com áreas sem a planta. Entretanto, os níveis de Fósforo ainda excedem os limites legais, destacando a falta de consideração ambiental na zona de amortecimento do parque e os impactos da agricultura no solo. Estes resultados ressaltam a necessidade urgente de medidas de conservação e manejo adequado em áreas de proteção ambiental.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Ambiente florestal; Espécies exóticas

ABSTRACT

The study conducted in Parque Estadual do Turvo, in Derrubadas, Rio Grande do Sul, investigates the presence of the exotic invasive species *Hedychium coronarium* (Ginger Lily) and its impact on agricultural

activities in the buffer zone. The region, of significant ecological importance, faces soil compaction due to intensive agriculture, with predominance of use of Red Latosols. Water analysis indicates that the Ginger Lily has a positive effect on water quality, reducing levels of Nitrate, Potassium, and Phosphorus compared to areas without the plant. However, Phosphorus levels still exceed legal limits, highlighting the lack of environmental consideration in the buffer zone of the park and the impacts of agriculture on the soil. These results underscore the urgent need for conservation measures and proper management in environmental protection areas.

Keywords: Water resources; Forest environment; Exotic species

RESUMEN

El estudio realizado en el Parque Estatal de Turvo, en Derrubadas, Rio Grande do Sul, investiga la presencia de la especie exótica invasora *Hedychium coronarium* (Lirio del pantano) y su impacto en las actividades agrícolas en la zona de amortiguamiento. La región, de significativa importancia ecológica, sufre de compactación del suelo debido a la intensa agricultura, con predominio del uso de Latosoles Rojos. El análisis del agua indica que el Lirio del pantano tiene un efecto positivo en la calidad del agua, reduciendo los niveles de Nitrato, Potasio y Fósforo en comparación con áreas sin la planta. Sin embargo, los niveles de Fósforo aún exceden los límites legales, resaltando la falta de consideración ambiental en la zona de amortiguamiento del parque y los impactos de la agricultura en el suelo. Estos resultados subrayan la necesidad urgente de medidas de conservación y manejo adecuado en áreas de protección ambiental.

Palabras-clave: Recursos hídricos; Ambiente forestal; Especies exóticas

1 INTRODUÇÃO

A partir do século XX, a região noroeste do Rio Grande do Sul experimentou migrações internas de antigas colônias, como Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Garibaldi, Silveira Martins e Nova Palma, trazendo grupos étnicos como alemães, italianos, poloneses e russos. Essa migração visava expandir a produção agropastoril por meio da criação de pequenas propriedades, resultantes do loteamento de colônias na área marcada pelos rios Guarita e Uruguai, transformando o território e dando origem a novas territorialidades (Silva, 2020).

As transformações resultantes da ocupação humana nas paisagens naturais dos territórios e do planeta levaram à criação de áreas regulamentadas para mitigar danos ambientais. Esta estratégia, focalizada na conservação da natureza, é implementada através da criação de parques e áreas naturais protegidas. Essa abordagem, reconhecida internacionalmente, teve um marco significativo em 1872 com a criação

do Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos, representando a primeira área protegida sob o quadro conceitual moderno (Félix e Fontgalland, 2021).

No Brasil, a abordagem inicial à proteção ambiental foi inaugurada pelo pioneiro Código Civil de 1916, desencadeando a elaboração de diversos decretos que refletiam a crescente preocupação com o tema. Tardiamente, o país se integrou à tendência internacional de estabelecer parques, culminando na criação do Parque Nacional de Itatiaia em 1937, no Rio de Janeiro, marcando a inauguração da primeira área protegida no Brasil. O reconhecimento desse direito foi consolidado na Constituição Federal de 1988, especificamente pelo artigo 225, com seus incisos e parágrafos (Lopes e Vialôgo, 2013).

A evolução legislativa no Brasil teve impacto nacional, destacando-se no Sul do país, em especial no Parque Estadual do Turvo (PET), situado no Rio Grande do Sul, na fronteira com a Argentina. Fundado em 1947 como Unidade de Proteção Integral, o PET, com 17.491,4 ha, é o maior Parque Estadual de Proteção à Mata Atlântica, abrigando o Salto do Yucumã, maior salto longitudinal do mundo. Atualmente, esses remanescentes enfrentam pressões devido à propagação de espécies exóticas invasoras (SEMA, 2005).

De acordo com a Portaria Nº 79 (2013), da Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, espécies exóticas são aquelas introduzidas fora de sua área de ocorrência natural, capazes de se adaptar e reproduzir. O termo “exótica invasora” refere-se a espécies com a capacidade de ocupar o espaço de espécies nativas e alterar a configuração natural do ambiente. Dudgeon (2006) identifica a invasão por espécies exóticas como a quinta ameaça à biodiversidade da água doce. A perda de remanescentes florestais facilita a entrada e dispersão dessas espécies invasoras. Contrariando a evidência do avanço do desmatamento, a dificuldade de manejo e retirada torna a prevenção da instalação dessas espécies a principal técnica de manejo (Leão, 2011).

A *Hedychium coronarium* J. Koenig, conhecido popularmente por Lírio-do-Brejo ou Gengibre-branco, família *Zingiberaceae*, consiste em uma macrófita aquática originária do Himalaia no Sul da China (Yue, 2015), caracterizada como planta herbácea rizomatosa perene, tem se estabelecido de forma abundante, principalmente nos

ecossistemas ripários, visto sua ótima adaptabilidade em ambientes úmidos, bem como sub-bosques (Cabi, 2022).

No Rio Grande do Sul, a *H. coronarium*, é considerado exótica invasora (SEMA, 2013). Sua dispersão é rápida, com alta capacidade reprodutiva a partir de fragmentos da parte rizomatosa, ocasionando resultados adversos aos buscados pelos métodos de controle tradicionais (Almeida, 2015). A espécie faz parte das nove espécies exóticas invasoras mais Influentes do Brasil (Zenni, 2011), presente tanto nas zonas ripárias dentro da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, como nas dependências do mesmo (SEMA, 2005).

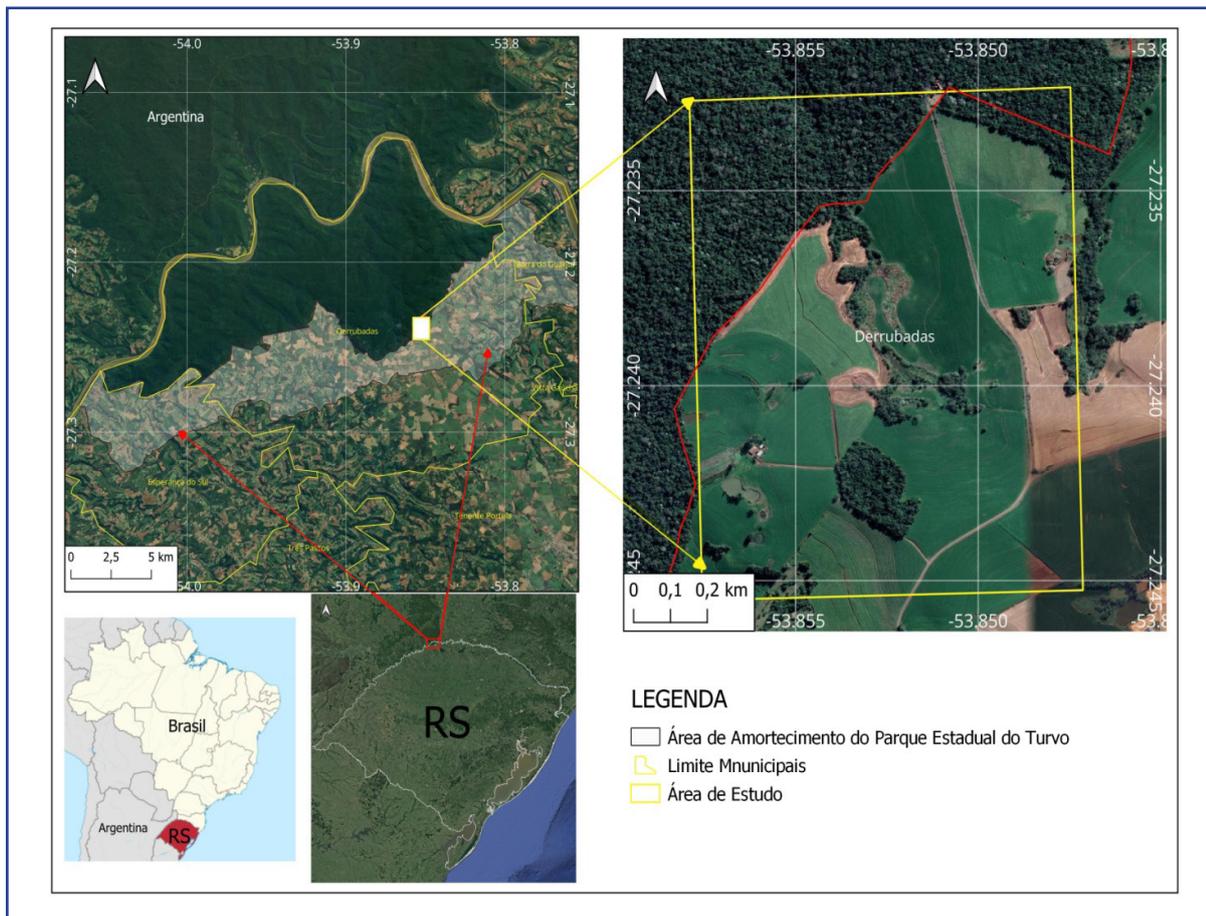
Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar como as características de uso e ocupação da terra, assim como as características físicas do solo na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, interferem na qualidade da água de sua rede de drenagem. Simultaneamente, busca-se investigar o impacto de uma espécie invasora como um fator mitigador dos impactos provenientes das áreas agrícolas circundantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de pesquisa abrange uma porção da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo (PET) e a área adjacente destinada à agricultura no município de Derrubadas, localizada nas coordenadas (27°13'57.76"S, 53°51'28.55"O e 27°14'43.87"S, 53°51'27.25"O), totalizando aproximadamente 148,00 hectares. O curso d'água central das análises está inserido no bioma Mata Atlântica, especificamente no tipo florestal Estacional Decidual (IBGE, 2022), em uma região de clima subtropical úmido (Alvares *et al.*, 2014), com uma média mensal de precipitação de 96,40 mm entre abril e maio de 2023, conforme a Estação Alto Uruguai (INMET, 2023). Essa área está localizada dentro das duas grandes bacias hidrográficas, a Bacia Hidrográfica do Rio Turvo e a Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (SEMA, 2023), além de estar interligada com várias microbacias, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autores (2023)

2.2 Mapeamento do uso e ocupação da terra

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado utilizando como base as imagens disponíveis na plataforma Google Earth. Cada forma de uso e ocupação da terra foi delimitada por meio da vetorização da área abrangida, sendo definidas as classes de vegetação natural, áreas destinadas à agricultura e espelhos d'água das lagoas. Na sequência, os dados foram importados para o ambiente do sistema de informações geográficas QGIS versão 3.28, onde foi realizado o ajuste considerando a densidade da vegetação e a validação dos polígonos representativos de cada classe, com auxílio da base de dados existente na ferramenta *Quick Map Service*.

As bases de dados utilizadas incluíram o Sistema Brasileiro de Coordenadas Geográficas, o Datum SIRGAS 2000 e a Zona 22 Sul, disponíveis no QGIS 3.28. Além

disso, foram incorporadas informações municipais e estaduais do IBGE 2021, a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai (EPSG/SIRGAS 2000 (EPSG:4674)/7.4), derivada do mapeamento sistemático em escala 1:50.000 para o estado do Rio Grande do Sul. As curvas de nível foram geradas a partir da imagem Raster Folha 27_54_ da base de dados do Topodata.

Para o mapa Pedológico, utilizou-se a base de dados ambientais do Bdia/IBGE, incorporando o mapa pedológico do município de Derrubadas. Quanto ao mapa Hidrológico, foram empregados os polígonos dos corpos d'água mencionados anteriormente e a base de dados BHO da ANA (2016).

2.3 Caracterização física do solo

Amostras de solo foram coletadas no mês de maio de 2023, mantendo sua estrutura preservada por meio de anéis metálicos com altura média de 0,050 m e diâmetro médio de 0,048 m. A inserção manual dos anéis no solo foi efetuada com o uso de um extrator e um martelo pedológico. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, organizado em um esquema fatorial 3×3, no qual os três tipos de uso do solo constituíram o fator principal, e as três camadas amostradas de solo, o fator secundário. A coleta ocorreu nas camadas de 0,00 - 10; 10 - 20; e 20 - 30 cm, totalizando quinze repetições em três áreas distintas.

As amostras de solo indeformadas foram saturadas com água destilada por 48 horas. Posteriormente, submeteu-se as amostras à tensão de -6 kPa em uma mesa de tensão até alcançar o equilíbrio matricial para a determinação da microporosidade. A estimativa da microporosidade fundamentou-se no conteúdo de água retido no potencial matricial de -6 kPa. A porosidade total (Pt) foi determinada pela relação $[Pt = 1 - Ds/Dp]$, onde Ds representa a densidade do solo e Dp é a densidade de partículas. A macroporosidade foi calculada como a diferença entre Pt e a microporosidade. Após as pesagens, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 105 °C por 48 horas. A densidade do solo (Ds) foi calculada dividindo a massa de solo seco pelo volume do anel. Todas as determinações seguiram os procedimentos descritos por Teixeira *et al.* (2017).

2.4 Caracterização química e física da água

As coletas de água foram conduzidas ao longo da área de estudo, tanto à montante (M), quanto à jusante (J), nas coordenadas 27°14'8.48"S, 53°51'13.58"O. Utilizando frascos de plástico de 1 L, as amostras foram coletadas seguindo o sentido contrário ao fluxo da água.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Águas da Universidade Federal de Santa Maria (Campus Frederico Westphalen) para análise. Foram determinados os seguintes parâmetros: Nitrogênio Amoniacal Total (N-NH₃), Amônia (NH₃), N-Nitrato (N-NO₃), Nitrato (NO₃), N-Nitrito (N-NO₂), Nitrito (NO₂), Fósforo Total (P) e Potássio (K), conforme as metodologias descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Metodologia indicada para análise de Nitrogênio amoniacal Total (N-NH₃), Nitrato (NO₃), Nitrito (NO₂), Fósforo Total (P) e Potássio (K)

| Parâmetro | Metodologia | Referências |
|--------------------------------------|--|---|
| Nitrogênio amoniacal NH ₃ | Método Indofenol | SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 F. 4-115. |
| Nitrato NO ₃ | Método Indofenol | SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 F. 4-115. |
| Nitrito NO ₂ | Método N-(1-naftil) etilenodiamina. | SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 B. 4-120. |
| Fósforo Total P | Método do ácido ascórbico | SMEWW - 21ª Edição, 2005. |
| Potássio | Método Turbidimétrico Tetrafenilborato de Sódio. | FRIES, J. GETROST, H. Organic Reagents for Trace Analysis, MERCK; 1977 - pg. 304. |

Fonte: autores (2023)

2.5 Análises químicas das amostras de *H. coronarium*

As amostras de plantas foram coletadas em seis pontos no interior do manancial seguindo os mesmos locais onde foram realizadas as coletas de água. As plantas inteiras foram alocadas em sacos individuais, previamente identificados. Em laboratório as frações foram separadas em rizoma e parte aérea e, posteriormente,

picadas para secagem em estufa a 45 °C, até que o peso se manteve constante.

Para a determinação do nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas foi utilizado o método de análise de tecido vegetal “digestão por via úmida” em sistema aberto, onde as amostras são solubilizadas com ácidos oxidantes concentrados misturado com peróxido de hidrogênio, seguindo a metodologia definida por Tedesco *et al.* (1995), sendo adaptada ao laboratório a mistura de digestão sem a utilização de selênio. No Quadro 2 são apresentados os parâmetros analisados e as metodologias utilizadas.

Quadro 2 – Metodologia indicada para análise de Nitrogênio amoniacal Total (N-NH₃), Nitrato (NO₃), Nitrito (NO₂), Fósforo Total (P) e Potássio (K)

| Parâmetro | Metodologia | Referências |
|---|---|---|
| Nitrogênio amoniacal NH ₃ | Método Indofenol. * | SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 F. 4-115. |
| Nitrato NO ₃ | Método N-(1-naftil)- etilenodiamina. ** | SMEWW – 22º Ed. 2012. 4500 F. 4-115. |
| Nitrito NO ₂ | Método N-(1-naftil) etilenodiamina. ** | SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 B. 4-120. |
| Fósforo Total P | Método do ácido ascórbico. *** | Nitrato NO ₃ - |
| Potássio | Método Turbidimétrico Tetrafenilborato de Sódio. **** | FRIES, J. GETROST, H. Organic Reagents for Trace Analysis, MERCK; 1977 – pg. 304. |
| Potássio | Método de fotômetro de chama ***** | TEDESCO, M. J. <i>et al.</i> Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. |

Fonte: autores (2023)

*Método Indofenol é baseado na formação de um composto azul intenso, resultado da mistura de um íon de amônio com um composto fenólico na presença de um oxidante e um catalisador. ** Método para identificação de Nitrito e Nitrato baseado na formação de um composto com coloração purpúrea avermelhado em pH ácido em resposta a reação de ácido sulfanílico com o diloreto de N-(1-Naftil)-etilenodiamino. *** Método do ácido ascórbico é com base na digestão da amostra com aquecimento em meio ácido, liberando o fosfato para o meio e formando um complexo azul. **** O método é baseado na reação de íons potássio com Tetrafenilborato de Sódio em meio alcalino, onde é formado um insolúvel com Tetrafenilborato de Potássio, gerando uma suspensão homogênea e estável de microcristais. A turbidez resultante é proporcional à concentração de potássio na amostra. ***** Este método é baseado na medida de radiação emitida por átomos ou íons em que são excitadas por chama.

2.6 Estado trófico da água

A determinação do Índice de Estado Trófico da água (IET) foi realizada seguindo a metodologia descrita por Lamparelli (2004), com uso da Equação 1.

Os valores utilizados de fósforo total, correspondem a média obtidas entre seis pontos amostrais, coletados ao longo do setor da rede de drenagem localizado na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo.

$$IET(PT) = 10x[6 - ((0,42 - 0,36x(\ln PT))/\ln 2)] - 20 \quad (1)$$

Onde: *PT* = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg.L-1

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

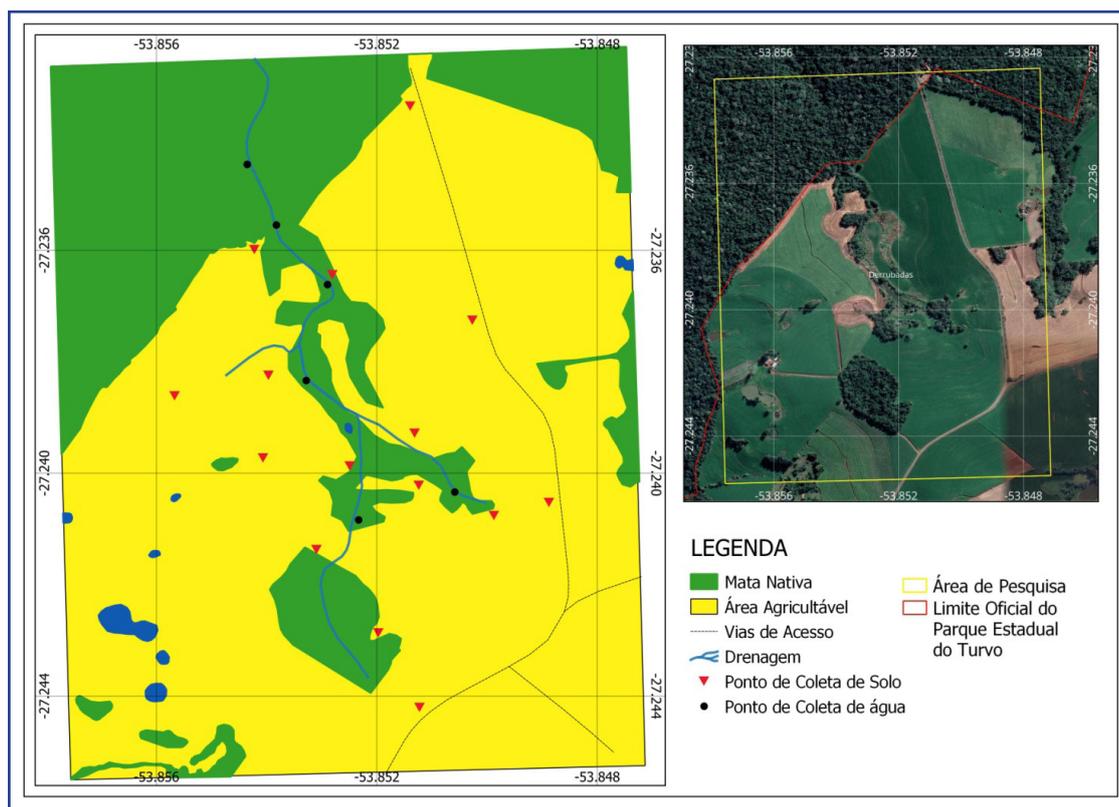
No local, observa-se que o uso e ocupação da terra estão sendo realizados, sem a prévia consideração de que essa é uma “zona de amortecimento”. Destaca-se que nas visitas in loco, e nos mapas elaborados, que o uso e ocupação da terra estão destinados a produção agrícola, e esta é realizada até a área limítrofe do PET (Figura 2).

O emprego indiscriminado do solo até a zona limítrofe do Parque Estadual do Turvo contraria a premissa de proteção estabelecida pela Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, que define a Zona de Amortecimento como “o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. Em consonância, a Resolução Nº 428 de 2010 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estipula que as atividades desenvolvidas na zona de amortecimento, com potencial impacto ambiental significativo, devem ser avaliadas pelo órgão ambiental licenciador.

O Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da Lei Nº 15.434 de janeiro de 2020, estabelece que “o órgão responsável pela administração da unidade estabelecerá normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da ZA [...]”. Portanto, do ponto de vista legislativo, existem várias ferramentas destinadas à preservação das áreas das Unidades de

Conservação (UCs) e suas proximidades. Contudo, na prática, para o caso do Parque Estadual do Turvo, há indícios de que essas normas não estão sendo observadas, resultando em impactos adversos no ecossistema local.

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, em Derrubadas, RS



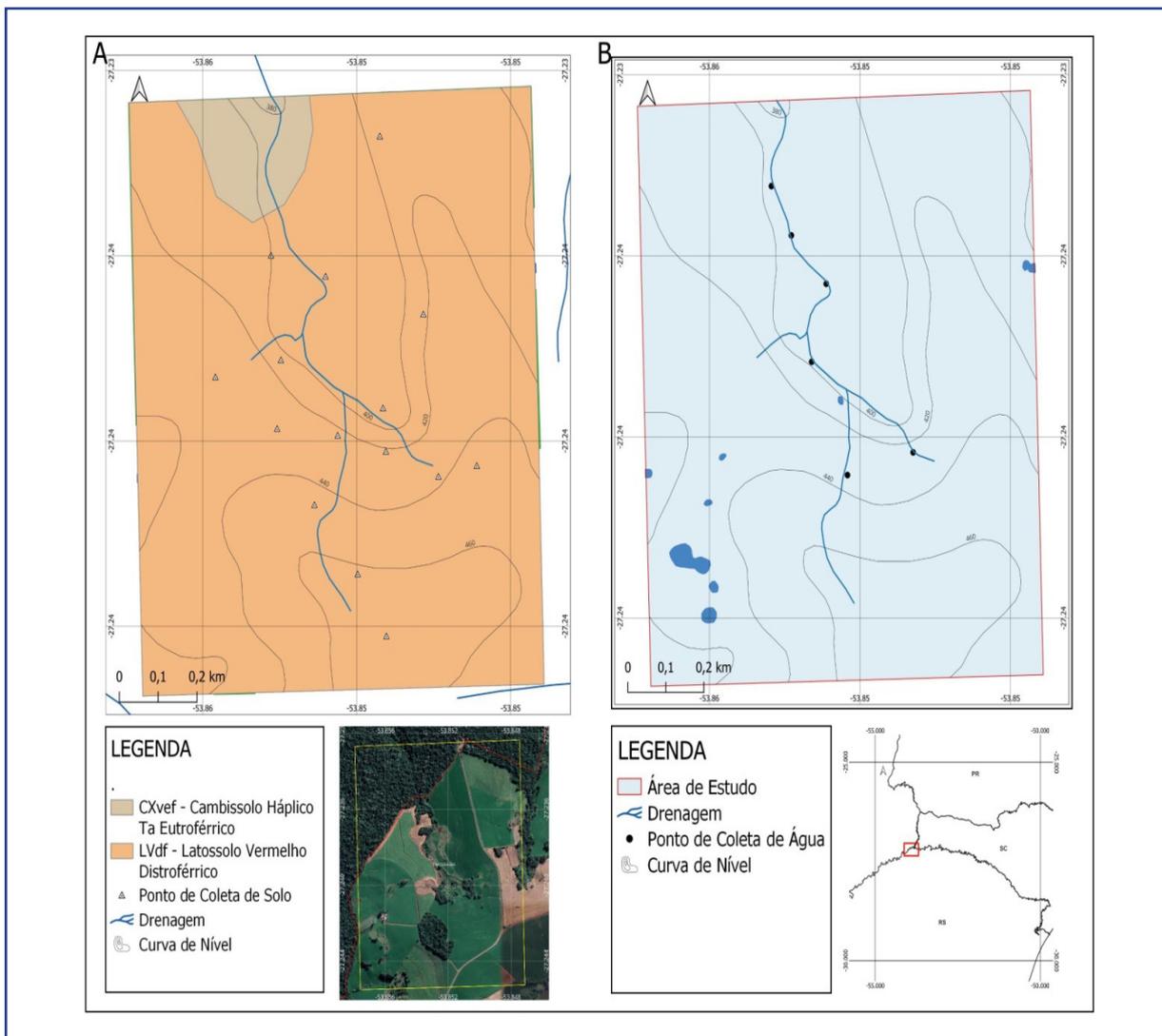
Fonte: Autores (2023), Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, (EPSG / SIRGAS 2000 (EPSG:4674) / 7.4 ANA (2016), Google Earth (2023)

Na Figura 3a, observa-se o predomínio de Cambissolos Háplicos Taeutróficos (CXvef) e de Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf). De acordo com a Embrapa (2013), os Latossolos são solos profundos, com boa estrutura e homogeneização, caracterizados por resistência à erosão e pouca diferenciação entre horizontes. Esses solos apresentam alta permeabilidade e, devido à sua localização em áreas pouco acidentadas com relevo suave, são amplamente utilizados para atividades agrícolas. Este fato provavelmente impulsionou o atual uso agrícola do solo até a área limítrofe ao parque.

No mapa hidrológico da área (Figura 3 B), pode-se observar que o sentido

do fluxo de água ocorre da zona de amortecimento para dentro da área do PET. E segundo os limites do parque, é possível observar o descumprimento parcial das legislações que definem apartes da vegetação como mata ciliar, pois em vários trechos do manancial, essa inexistente ou é deficitária e, ainda, quando existe, é composta por vegetação exótica. Também se destaca que em vários pontos do manancial, o uso agrícola é limítrofe ao mesmo.

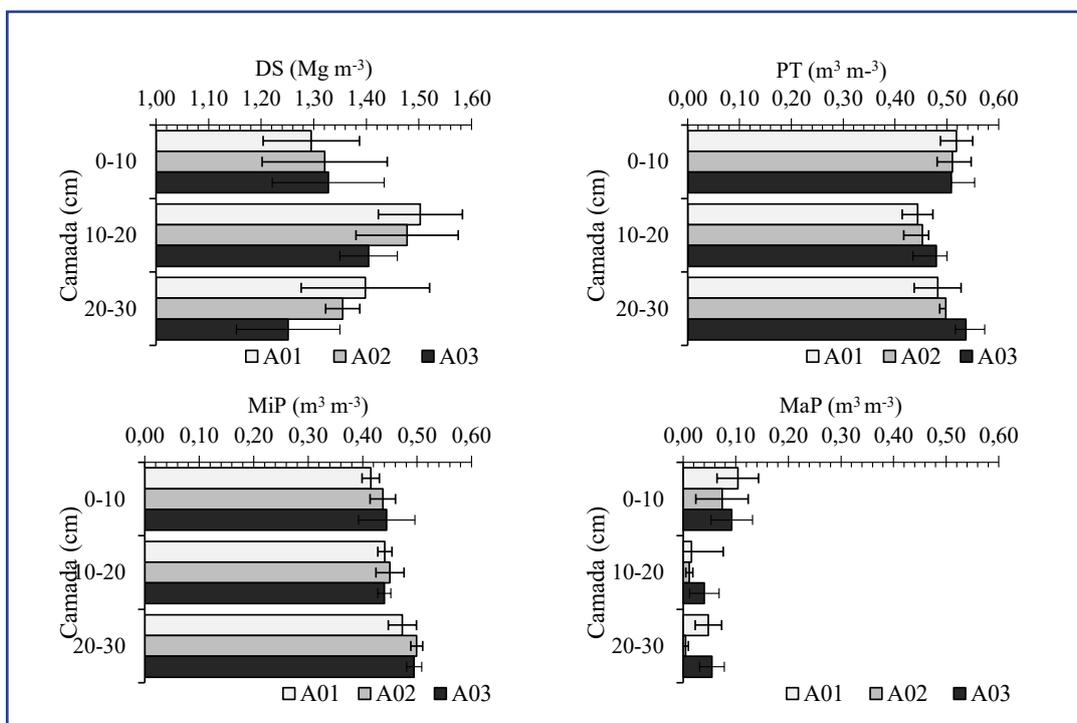
Figura 3 – Mapas (a) pedológico e (b) Mapa hidrológico em parte da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, em Derrubadas, RS



Fonte: Autores (2023), Bdia/IBGE (2021), TOPODATA (2021), Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, (EPSG / SIRGAS 2000 (EPSG:4674) / 7.4 ANA (2016) Mapa pedológico e hidrológico do Parque Estadual do Turvo com destaque para os pontos de coleta de água em (A), e de solo em (B)

Para compreender o impacto do uso da terra pela atividade agrícola, foram realizadas coletas de solo no entorno do manancial. Nas coletas observou-se que a micro bacia e predominantemente agrícola e dividida em três áreas de cultivo, assim essas áreas foram denominadas de A01, A02 e A03, compreendendo a micro bacia limítrofe ao parque. Na Figura 3 são apresentados os dados de densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MiP) e macroporosidade (MaP), por área de cultivo.

Figura4–Valores médios de densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MiP) e macroporosidade (MaP). As barras representam o desvio padrão (n=5)



Fonte: autores (2023)

A densidade do solo variou de 1,25 Mg.m⁻³ a 1,50 Mg.m⁻³. Apesar da área A03 apresentar uma leve tendência de menor densidade do solo nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, não houve diferença na densidade do solo entre as áreas de acordo com o desvio padrão da média. Contudo, os valores médios da densidade do solo indicaram um grau de compactação na camada de 10-20 cm em todas as áreas, ou seja, densidade do solo muito elevadas (i.e., 1,40 a 1,50 Mg.m⁻³) para esta classe textural de solo (i.e., argiloso) (Reynolds *et al.*, 2002; Reichert *et al.*, 2009).

Além disso, os valores de macroporosidade do solo foram menores que 0,10 m.m⁻³ em todas as camadas e áreas analisadas. Essa baixa macroporosidade e a elevada densidade do solo indicam que algumas funções do solo estão sendo limitadas, como, por exemplo, os fluxos de ar e água (Grable e Siemer, 1968; Luz *et al.*, 2022).

Neste sentido, ocorre a redução da infiltração de água no solo e aumento nos processos de degradação, como, por exemplo, o selamento superficial e a erosão podem ser acentuados. Além disso, o movimento de água no solo também pode ser considerado baixo de acordo com condutividade hidráulica de um solo saturado (Tabela 3). Dessa forma, pode estar contribuindo para o arrastes de sedimentos e com eles elementos químicos, de uso agrícola, para dentro do manancial.

Tabela 1 – Valores médios de Condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat)

| | Ksat (cm.min ⁻¹) | | |
|-------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| | A01 | A02 | 0-10 |
| 0-10 | 0.0077 ± 0.0025 | 0.0321 ± 0.0258 | 0.0023 ± 0.0020 |
| 10-20 | 0.0002 ± 0.0001 | 0.0006 ± 0.0006 | 0.0013 ± 0.0008 |
| 20-30 | 0.0018 ± 0.0018 | 0.0013 ± 0.0008 | 0.0020 ± 0.0020 |

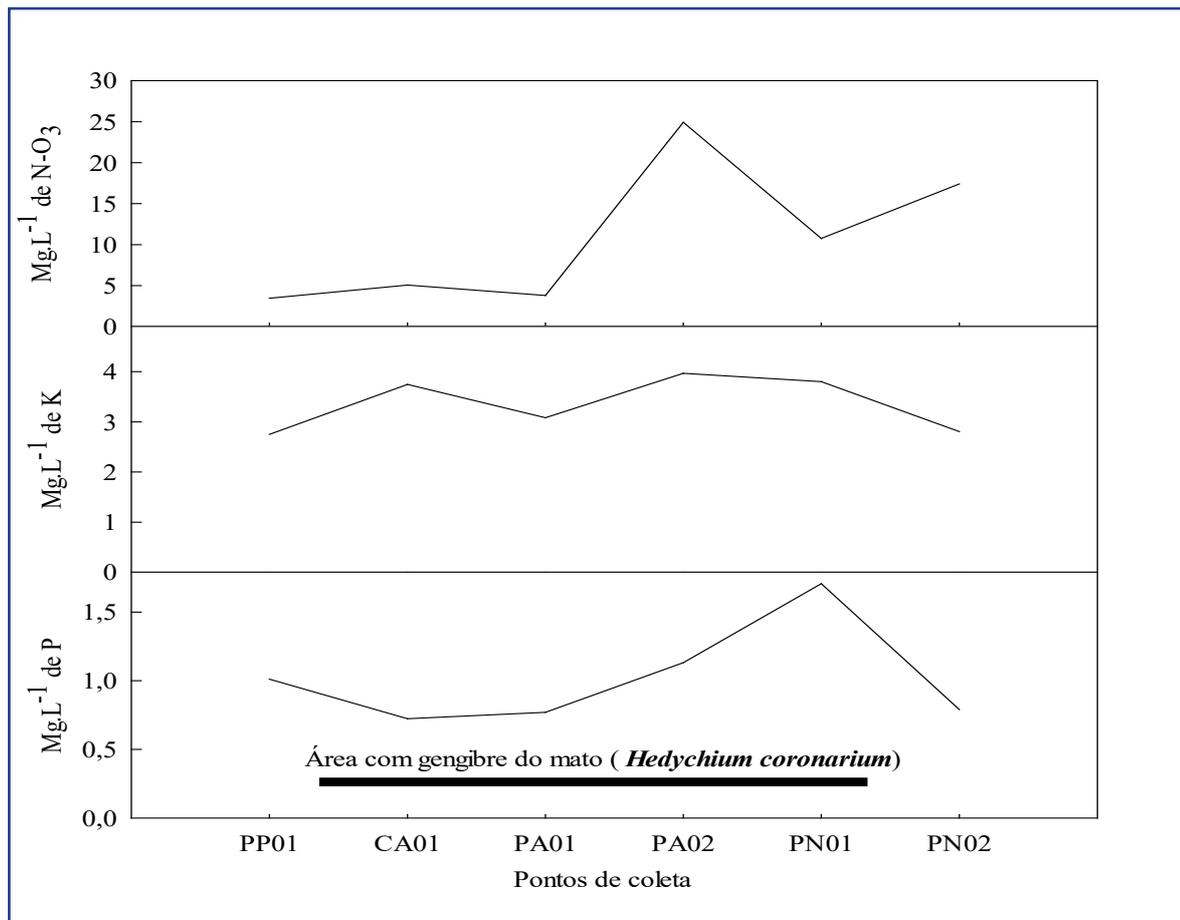
Fonte: autores (2023)

Na figura 4 são apresentados dados de Nitrato, Potássio e Fósforo em amostras de água coletadas ao longo do curso hídrico. Observou-se in loco a presença de Lírio-do-Brejo (*H. coronarium*) que embora seja uma espécie exótica invasora, apresenta, segundo Almeida (2020) potencial fitoextrator, pela extração de poluentes da água. Fato esse comprovado pelos dados apresentados na figura 04, ou seja, no trecho em que há presença de Lírio-do-Brejo os valores de Nitrato, Potássio e Fósforo encontrados na água, são reduzidos, o que contribui para a entrada de água de melhor qualidade para dentro do parque.

Os dados obtidos de Nitrito e Potássio (Figura 04) demonstram-se constantes entre os pontos, sendo insignificante as diferenças existentes, seus resultados corroboram com valores encontrados nos estudos de Wolschick *et al.* (2020) e Silva, Andrade e Webler (2019). Em relação aos valores de Nitrito estes se encontram abaixo

do valor determinado pela resolução CONAMA 357, que indica como valor máximo 1,0 Mg L⁻¹ de NO₂ em corpos d'água com classificação II. A legislação não possui valores limites permitidos para Potássio.

Figura 5 – Concentração de Nitrato, Potássio e Fósforo em amostras de água coletadas em seis pontos em uma área de zona de amortecimento Parque Estadual do Turvo, em Derrubadas, RS. Valores em mg.L⁻¹



Fonte: autores (2023)

Observa-se que o Fósforo e o Nitrato possuíram o mesmo comportamento de decréscimo da entrada para a saída, sendo que o Fósforo apresentou uma queda maior. Porém, foi constatado que o Fósforo está acima do nível máximo permitido pela resolução CONAMA 357 que é de 0,1 mg L⁻¹ de P, em corpos d'água com classificação II, e também se encontra acima do valor permitido para águas com classificação III com valor máximo de 0,15 Mg L⁻¹ de P. Os valores de nitrato observados ficaram abaixo do máximo permitido pela resolução precitada, que é de 10 Mg L⁻¹ de NO₃ para a

classificação II, resultado semelhante ao do trabalho de Volpi *et al.* (2022). Destaca-se que os valores obtidos representam as condições na data da coleta, sendo necessário para uma análise mais aprofundada a realização de novas campanhas de campo.

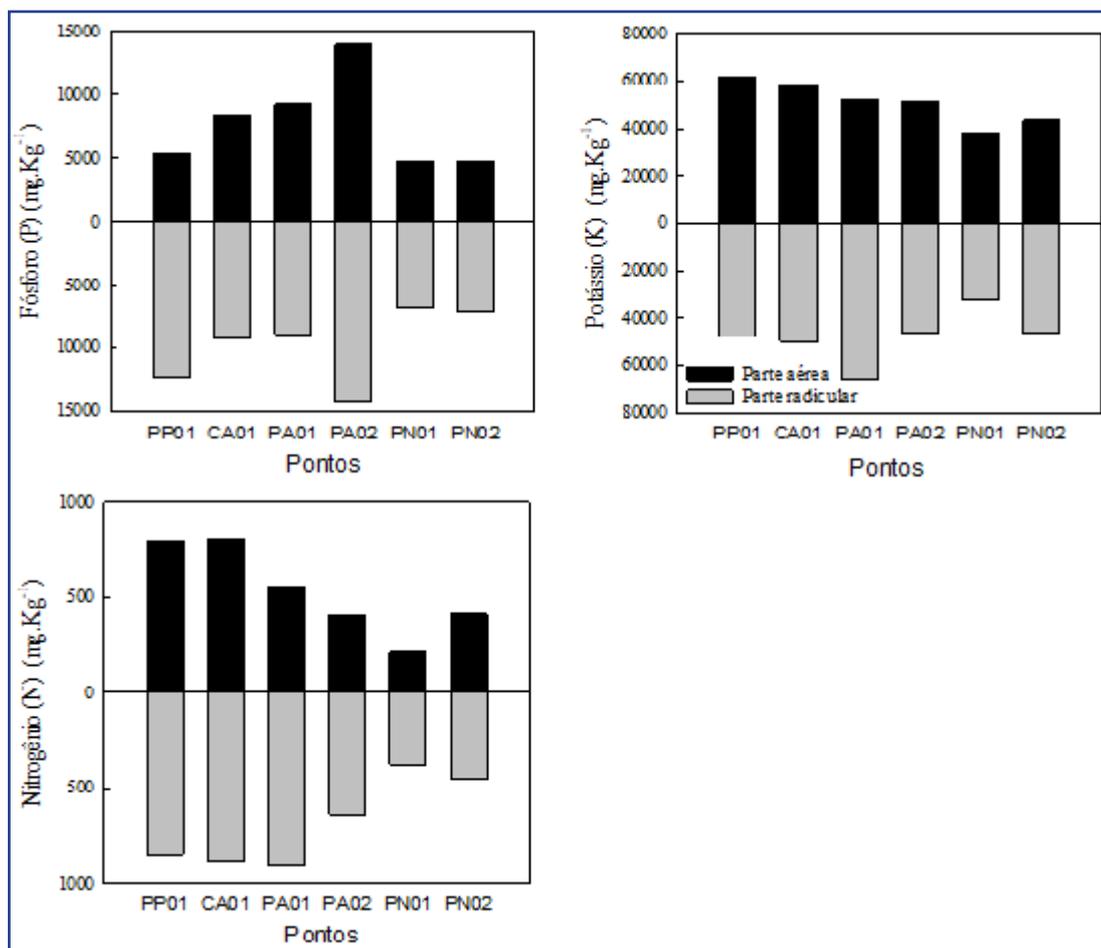
Através da determinação do estado trófico dos recursos hídricos é possível obter informações sobre a poluição da água, este funciona como um parâmetro de qualidade e auxilia no desenvolvimento de projetos sustentáveis (Facco *et al.*, 2019). Nesse sentido, buscou-se avaliar o estado trófico do manancial, que, com base nos dados coletados, foi classificado como “oligotrófico”, segundo os critérios estabelecidos por Lamparelli (2004), de forma que os valores se estabelecem entre $47 < e \leq 52$. Ambientes classificados como “oligotróficos” são caracterizados por baixa produtividade primária e sem prejuízo aos usos múltiplos, isto porque o grau de trofia é baixo, conseqüentemente, possui menor concentração de nutrientes, não apresentando riscos aos usos múltiplos da água (Alves, 2021).

No entanto, pode-se afirmar em relação aos dados de IET ao longo do trajeto, que houve maior concentração de valores mais elevados, nos pontos iniciais do percurso e que ao longo do percurso a variação foi pouco acentuada, entre os pontos de coleta, demonstrando estabilidade nos dados observados.

Os valores obtidos de fósforo foram encontrados acima do permitido pela resolução CONAMA 357, onde estabelece o valor máximo de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ de P em corpos hídricos de classe II, e mesmo considerando a classificação III, onde o valor máximo é fixado em $0,15 \text{ Mg L}^{-1}$, de P, os valores não se enquadrariam dentro do permitido. Segundo alguns estudos, os valores altos de P podem estar associados à estação chuvosa, pois há uma propensão de escoamento superficial originado tanto de áreas agrícolas como urbanas, favorecendo o processo de eutrofização (Paula, 2022; Sousa *et al.*, 2018), fato ocorrido nas semanas anteriores as coletas, o que pode ter contribuído para elevação dos níveis de P. Da mesma forma, segundo Paula (2022) a eutrofização pode ocorrer principalmente em solos com uso para atividade agrícolas, fato este que ocorre ao entorno do manancial, que está localizado na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo.

O fato da presença do Lírio-do-Brejo (*H. coronarium*) no manancial e a tendência de queda nos valores observados de Nitrato, Potássio e Fósforo ao longo desse, no sentido da nascente para dentro dos limites do parque, leva a considerar, que essa planta possa estar fazendo bioacumulação dos elementos da água em sua estrutura. Na figura 06 são apresentados os valores observados na concentração de Fósforo, Potássio e Nitrogênio total em amostras de plantas ao longo do manancial na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo.

Figura 6 – Concentração de Fósforo, Potássio e Nitrogênio total em amostras de plantas coletadas em seis pontos em uma área de zona de amortecimento Parque Estadual do Turvo, em Derrubadas, RS. Valores em mg.L^{-1}



Fonte: Autores (2023)

Os dados corroboram com a melhora da qualidade da água, apresentados na figura 04, onde na medida em que se observa a presença das plantas ao longo do

manancial, após a análise dos constituintes das plantas, estas apresentaram acúmulo dos elementos N P e K, ou seja, apresentam maiores valores de concentração para todos os elementos analisados quanto mais à jusante da nascente eram coletas as plantas. Observa-se ainda na figura 05 que a concentração na parte aérea das plantas foi de 212,39 a 798,78 mg.Kg⁻¹ de Nitrogênio total (N), 37.936,61 a 61.596,68 mg.Kg⁻¹ de Potássio (K) e 4.727,64 a 13.962,35 mg.Kg⁻¹ de Fósforo (P). Ao passo que, na raiz o valor de N foi de 379,78 mg.Kg⁻¹ a 909,9152 mg.Kg⁻¹, o valor de K foi de 32.741,93 mg.Kg⁻¹ a 379,78 mg.Kg⁻¹ e o Valor de P foi de 6.848,81 mg.Kg⁻¹ a 14.231,89 mg.Kg⁻¹.

Neste sentido, a espécie macrófita possui potencial fitoextrator devido a sua capacidade de tolerância a ambientes contaminados, permitindo seu rápido crescimento, assim como alta absorção dos elementos disponíveis, gerando uma descontaminação do local em que estão presentes (Rodrigues *et al.*, 2017). Dessa forma é possível afirmar que os nutrientes acumulados na planta refletem a contaminação do ambiente.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a inegável importância das unidades de conservação e em especial do PET, e legislação vigente que protege essas áreas, e em especial legisla sobre as zonas de amortecimentos, necessárias para barrar a influência antrópica nessas áreas de preservação, no caso do PET a área definida como zona de amortecimento, o estudo levanta indícios de que no trecho estudado, não está sendo respeitada, ou não está sendo efetiva em seu propósito de garantir a minimização dos impactos externos na área de preservação ambiental.

Na zona de amortecimento do PET, observa-se o uso de atividade agrícola, havendo atividade até a área limítrofe ao parque, bem como não há prática da legislação em relação a preservação de matas ciliares. É factível a presença de compactação do solo e, conseqüente, o arraste de partículas para dentro do manancial, e por conseqüência, a presença de contaminação química no curso hídrico.

No entanto, a partir do cálculo do índice do estado trófico foi constatado que a área pode ser classificada em oligotrófica, ou seja, há baixa carga de nutrientes, não

havendo interferência para seu uso. No entanto, essa “boa qualidade da água” pode estar atrelada a presença da planta macrófita aquática classificadas como exóticas e invasora, *H. coronarium*, que a partir das observações realizadas demonstraram a capacidade de acúmulo dos elementos Nitrato, Potássio e Fósforo no tecido vegetal, o que pode representar seu potencial fito extrator, contribuindo para manter a área em baixo grau de eutrofia, uma vez que na análise de água, foi observado que o Nitrato, Potássio e Fósforo apresentaram decréscimo no sentido da zona de amortecimento para a entrada do parque.

Os dados aqui apresentados reforçam o dilema de que a “presença de uma espécie exótica está supostamente causando danos ao ambiente”, mas que, por outro lado, pode haver uma resposta positiva na presença dessa espécie no estado trófico da água no local onde essa se estabeleceu, pela retirada das espécies nativa que anteriormente constituíam a mata ciliar do local.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. V. **Avaliação do potencial fitoextrator de *Hedychium coronarium* “J. Koenig” em pequena bacia degradada.** 53 f. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

ALMEIDA, R. V. **Invasividade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em diferentes umidades de solo.** 72 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ALVES, I. O. **Utilização do índice do estado trófico como uma ferramenta para gestão das águas de lagoas marginais visando os usos múltiplos.** 134 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Salvador, Universidade Federal da Bahia, 2021.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21. ed. Washington: APHA Press, 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Brasília, 2000.

BRASIL. **Resolução Nº 428, de 17 de dezembro de 2010.** Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos ou Atividades de Significativo Impacto Ambiental que Afetam Unidades de Conservação ou sua Zona de Amortecimento. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2010.

BRASIL. **SNUC** – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

CABI. 2022. **Hedychium coronarium** (whitebutterfly ginger lily). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/26678>. Acessado em: 13 de Junho de 2023.

DA SILVA, Decaúta Poliana Peixoto; DE ANDRADE, Nara Luisa Reis; WEBLER, Alberto Dresh. Qualidade da água de nascentes urbanas: estudo de caso em microbacia Amazônica, município de Ji-Paraná/RO. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 90-102, 2019.

DA SILVA, F. R. 2020. Iniciativas Escolares Polonesas - Polskieszkoły no Brasil e a atuação do consulado após a reunificação polonesa: discursos e negociações culturais e identitárias. **Revista História: Debates E Tendências**, 20(3), 62-85. <https://doi.org/10.5335/hdtv.20n.3.11651>.

DUDGEON, David *et al.* Biodiversidade de água doce: importância, ameaças, estado e desafios de conservação. **Revisões biológicas**, v. 81, n. 2, pág. 163-182, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa 2013.

FACCO, Janete *et al.* **Paisagem e desenvolvimento regional**: um estudo a partir da Região Hidrográfica dos rios Chapecó e Irani (RH2).

FRIES, Jakob; GETROST, H.; MERCK, Darmstadt E. **Organic reagents trace analysis**. E. Merck, 1977, pg. 304. Método do Tetrafenilborato de Sódio.

GRABLE, A.R., SIEMER, E.G., 1968. Effect of Bulk Density, Aggregate Size, and Soil Water Suction on Oxygen Diffusion, Redox Potentials, and Elongation of Corn Roots. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 32, 180–186. <https://doi.org/10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x>.

IBGE. **Folhas SH 22 Porto Alegre**: Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, V. 33. p.776 , 1986.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados de Informações Ambientais 2022** - Versão 2.18.2. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados de Informações Ambientais**. 2022. Disponível em: BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais (ibge.gov.br). Acessado em: 10 de maio. 2023.

INMET. 2023. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

LAMPARELLI, Marta Condé. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LEÃO, Tarciso *et al.* **Espécies Exóticas Invasoras**. 2011.

LOPES, Jéssica Gomes & Vialôgo, Tales Manoel Lima. 2013. Unidades de Conservação no Brasil. **Revista JurisFIB**.

LUZ, F.B. da; CASTIONI, G.A.F.; TORMENA, C.A.; FREITAS, R. dos S.; CARVALHO, J.L.N.; CHERUBIN, M.R. Soil tillage and machinery traffic influence soil water availability and air fluxes in sugarcane fields. **Soil Tillage Research**, v. 223, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105459>.

PAULA, L. G. P. *et al.* **Qualidade microbiológica e índice de estado trófico dos rios Renato e Caiabi, afluentes do rio Teles Pires-MT**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2022. Disponível em: https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/2501/1/TCC_2021_LARISSA%20GABRIELA%20PORTILIOTTI%20DE%20PAULA.PDF.

REICHERT, J.M., SUZUKI, L.E.A.S., REINERT, D.J., HORN, R., HÅKANSSON, I., 2009. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil Tillage Res.** 102, 242–254. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.002>

REYNOLDS, W.D., BOWMAN, B.T., DRURY, C.F., TAN, C.S., LU, X., 2002. Indicators of good soil physical quality: Density and storage parameters. **Geoderma**, 110, 131–146. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00228-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00228-8)

Rio Grande do Sul. 2020. **Lei Nº 15.434 de 09 de janeiro de 2020**. Estabelece o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

RODRIGUES, J. V. **Análise do potencial fitoextrator da macrófita aquática ponte deriaparvifloraalexander em soluções de arsênio III e cromo III**. 2017. 38 fl. TCC (Graduação) – Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7012/2/potencialfitoextratormacrofita.pdf>.

SEMA. 2023. Secretaria do Meio Ambiente e da Infraestrutura. **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas** - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

SEMA. **Plano de Manejo**: Parque Estadual do Turvo. 2005

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Portaria Nº 79 de 31 de Outubro de 2013**. Disponível em: [20141651-1460138751/portaria-sema-n-79-2013-reconhece-a-lista-19-especies-exoticas-invasoras-rs-e-demais-classificacoes-normas-de-controle-e-outras-providencias-doe.pdf](https://www.sma.rs.gov.br/portal/1460138751/portaria-sema-n-79-2013-reconhece-a-lista-19-especies-exoticas-invasoras-rs-e-demais-classificacoes-normas-de-controle-e-outras-providencias-doe.pdf). Acessado em: 13 de Jun. 2023.

SOUSA DE MESQUITA, B. L. *et al.* Índice de Estado Trófico de Lagos de Águas Claras Associados ao Baixo Rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 7, p. 76-89, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0008>.

TEDESCO, Marino José *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.

VOLPI, Gabriel Baraldi *et al.* Qualidade da água e dimensionamento amostral da microbacia Lajeado do Pardo em Frederico Westphalen. 2022.

WOLSCHICK, Neuro Hilton *et al.* Recuperação Química de Solo Degradado e Consequência no Custo de Produção de Milho. **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**, v. 63, 2020.

YUE, Yuechong; YU, Rangcai; FAN, Yanping. Transcriptome profiling provides new insights into the formation of floral scent in *Hedychium coronarium*. **BMC genomics**, v. 16, p. 1-23, 2015.

ZENNI, Rafael Dudeque; ZILLER, Sílvia Renate. Visão geral das plantas exóticas invasoras no Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, p. 431-446, 2011.

Contribuições de autoria

1 – Gabriel Volpi

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental
<https://orcid.org/0000-0003-1757-6711> • gabrielbvolpi@gmail.com
Contribuição: Investigação, metodologia, escrita - primeira redação

2 – Thalia Voeltz

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Graduada em Ciências Biológicas
<https://orcid.org/0009-0001-4987-9007> • thayvoeltz01@gmail.com
Contribuição: Investigação, metodologia, escrita - primeira redação

3 – Marcelo Carvalho da Rocha

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Doutor em Biodiversidade Animal
<https://orcid.org/0000-0002-0997-2100> • marcelomicrurus@gmail.com
Contribuição: Metodologia, supervisão, administração do projeto, escrita - primeira redação

4 – Felipe Bonini da Luz

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas
<https://orcid.org/0000-0002-4427-2396> • felipe.b.luz@ufsm.br
Contribuição: Investigação, metodologia, escrita - primeira redação

5 – Nilson Ferreira dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Geologia
<https://orcid.org/0009-0009-3430-0435> • nilfs2005@hotmail.com
Contribuição: Metodologia, validação, curadoria de dados

6 – Genesio Mario da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Engenharia Agrícola
<https://orcid.org/0000-0003-1247-2286> • genesiomario@yahoo.com.br
Contribuição: Conceituação, metodologia, escrita - revisão e edição

7 – Lucas Hemsing Bratz

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Agronomia
<https://orcid.org/0009-0008-2197-2817> • lucashbratz@gmail.com
Contribuição: Metodologia, validação e curadoria de dados

8 – Ricardo Turchetto

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental
<https://orcid.org/0000-0001-8634-5058> • ricardoturchetto10@gmail.com
Contribuição: Investigação, metodologia, escrita - primeira redação

9 – Barbara Estevaso Clasen

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Doutora em Bioquímica Toxicológica
<https://orcid.org/0000-0003-1017-4402> • ba.clasen@hotmail.com
Contribuição: Metodologia, validação e curadoria de dados

10 – Fabiana Regina da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Educação
<https://orcid.org/0000-0002-3030-238X> • fabianareginadasilva@yahoo.com.br
Contribuição: Metodologia, escrita - revisão e edição

11 – William Gaida

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Geografia
<https://orcid.org/0000-0001-9946-0493> • ufsm.william@gmail.com
Contribuição: Metodologia, escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

VOLPI, G.; VOELTZ, T.; ROCHA, M. C. da; LUZ, F. B. da; SANTOS, N. F. dos; ROSA, G. M. da; BRATZ, L. H.; TURCHETTO, R. CLASEN, B. E.; SILVA, F. R. da; GAIDA, W. Efeitos da presença de *Hedychium coronarium* e do uso da terra na qualidade da água na zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e85976, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499485976. Acesso em: dia mês abreviado. ano.