XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
23 a 28 de novembro de 2025 - Vitória - ES

ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

HISTÓRICO DAS FLORAÇÕES DE ALGAS NA LAGUNA DE TRAMANDAÍ, RIO GRANDE DO SUL, E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM

Mariê Mello Cabezudo[1]; Matheus Henrique Tavares[1,2]; Ng Haig They[3] ; Cacinele Mariana da Rocha[4] & David da Motta Marques[1]

Abstract: Algal blooms are one of the main consequences of water degradation, and it is essential to understand their dynamics over time. This work aimed to obtain the bloom area through remote sensing from 1985 to 2024 in the Tramandaí lagoon, on the North Coast of Rio Grande do Sul state. Furthermore, we sought to understand which factors may be associated with these events. Bloom areas were accessed through images from the Landsat 5 and 8 satellites using an algorithm based on the International Commission on Illumination (CIE) color space associated with the Alternative Floating Algae Index (AFAI). Precipitation, temperature, and land cover data were also obtained for the watershed. As a main result, the largest bloom areas were detected in the last five years. A significant increasing trend was observed only for the summer months. These blooms are correlated with landscape changes, especially the increase in forestry and urban areas, as well as the reduction of non-vegetated areas. It is essential to monitor and analyze the evolution of these events, given that urbanization and forestry are projected to increase in the region and several impacts are expected in the coming years, which could worsen the quality of these waters and aggravate the situation.

Resumo: Florações de algas são uma das principais consequências da degradação dos corpos hídricos, sendo essencial compreender sua dinâmica ao longo do tempo. O presente trabalho objetivou obter um histórico desde 1985 a 2024 das florações na laguna de Tramandaí, localizada no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, através de sensoriamento remoto. Além disso, buscou-se compreender quais fatores podem estar associados a esses eventos. As áreas de floração foram acessadas através de imagens dos satélites Landsat 5 e 8 utilizando um algoritmo baseado no espaço de cor da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) associado ao Índice Alternativo de Algas Flutuantes (AFAI). Também foram obtidos dados de precipitação, temperatura e de uso e cobertura da terra para a bacia hidrográfica. Como principal resultado, observou-se que as maiores áreas de floração foram detectadas nos últimos cinco anos. Uma tendência significativa de aumento na área das florações foi observada apenas para os meses de verão. Essas florações estão correlacionadas às mudanças de paisagem, em especial ao aumento na silvicultura e nas áreas urbanas, bem como à redução das áreas não vegetadas. É imprescindível acompanhar e analisar a evolução desses eventos, tendo em vista que são projetados o aumento da urbanização e da silvicultura na região e estão previstos diversos impactos nos próximos anos, que podem piorar a qualidade dessas águas e agravar a situação.

Palavras-Chave – Cianobactérias, qualidade da água, Landsat.

[1] Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970 Porto Alegre, Brasil
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET), UMR5563, CNRS, IRD, Université Toulouse 3, Toulouse, France
[3] Departamento Interdisciplinar, Centro de Estudos Limnológicos, Costeiros e Marinhos, Campus Litoral Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, RS 95625-000, Brasil.
[4] Laboratório de Águas Superficiais e Subterrâneas, Centro de Estudos Limnológicos, Costeiros e Marinhos, Campus Litoral Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, RS 95625-000, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas aquáticos continentais estão entre os mais ameaçados pelos impactos antrópicos, sendo um dos principais a eutrofização. Uma das suas principais consequências é a floração de algas, eventos em que uma ou poucas espécies desenvolvem-se em demasia e tornam-se dominantes. As florações impactam diretamente esses ecossistemas, reduzindo a biodiversidade, afetando a pesca, a balneabilidade e a potabilidade da água, além de apresentar perigo à saúde pública visto que muitas espécies possuem a capacidade de produzir toxinas (Aguilera et al., 2023). Nos últimos anos, percebe-se um aumento na frequência, intensidade e duração desses eventos, algo que tende a piorar com as mudanças climáticas, a intensificação das atividades humanas e o crescimento populacional (Feng et al., 2024).

Uma ferramenta muito útil para a análise e acompanhamento das florações é o sensoriamento remoto por satélites. Devido aos pigmentos fotossintetizantes, em especial a clorofila-a, as algas apresentam considerável resposta espectral quando em grandes concentrações, podendo ser distinguidas da água e de outros constituintes. Vários algoritmos já foram descritos para esse fim, desde modelos complexos para estimativas precisas de clorofila-a até índices espectrais (algoritmos baseados na relação entre duas ou mais bandas dos satélites) e a própria cor da água (Rolim et al., 2023). Em lagoas costeiras do sul do Brasil, por exemplo, verificou-se que o algoritmo desenvolvido por Hou e colaboradores (2022), que utilizaram um limiar de esverdeamento baseado no espaço de cor da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) para a detecção de florações em todo o globo, pode ser aplicado às imagens da série Landsat, combinado com o Índice Alternativo de Algas Flutuantes (AFAI), para a obtenção de uma série temporal das áreas de floração desde a década de 1980 (Cabezudo et al., submetido). Dessa forma, é possível compreender a evolução desses eventos ao longo do tempo para orientar políticas públicas e estratégias de prevenção e mitigação de danos.

No Litoral Norte do Rio Grande do Sul (RS) encontra-se o complexo lagunar Tramandaí-Armazém, aqui chamado de "laguna de Tramandaí", que é a principal interface da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT) com o Oceano Atlântico. Possui grande importância ecológica e social, fornecendo serviços ecossistêmicos diversos, em especial a pesca e o lazer (Castro & Rocha, 2016). Desde a década de 1980, são registradas espécies de algas com potencial de constituir florações, destacando-se as cianobactérias do gênero *Dolichospermum* (Werner, 1988). A proliferação desses organismos é comum na primavera e no verão, quando grandes densidades acumulam-se nas margens da laguna, formando manchas esverdeadas (Rocha et al., 2024). Nos últimos anos, esses eventos vêm aumentando na frequência, tamanho e duração, gerando preocupação na população local e em agentes públicos (Castro & Rocha, 2016; Rocha et al., 2024). Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo obter as áreas de floração na laguna de Tramandaí desde a década de 1980 até o presente, a fim de verificar se há tendência de aumento na magnitude desses eventos. Além disso, buscou-se identificar se variáveis meteorológicas e o uso da terra estão relacionadas com a variação temporal das florações. Hipotetiza-se que há um aumento expressivo na área superficial ocupada pelas florações da laguna nos últimos anos, acompanhando as transformações antrópicas que a região vem sofrendo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo é a laguna de Tramandaí, localizada na Planície Costeira do RS e que possui uma área aproximada de 20 km² (**Figura 1**). Sua profundidade máxima é de 3 m, considerada uma lagoa rasa e polimítica (SEMA, 2005).

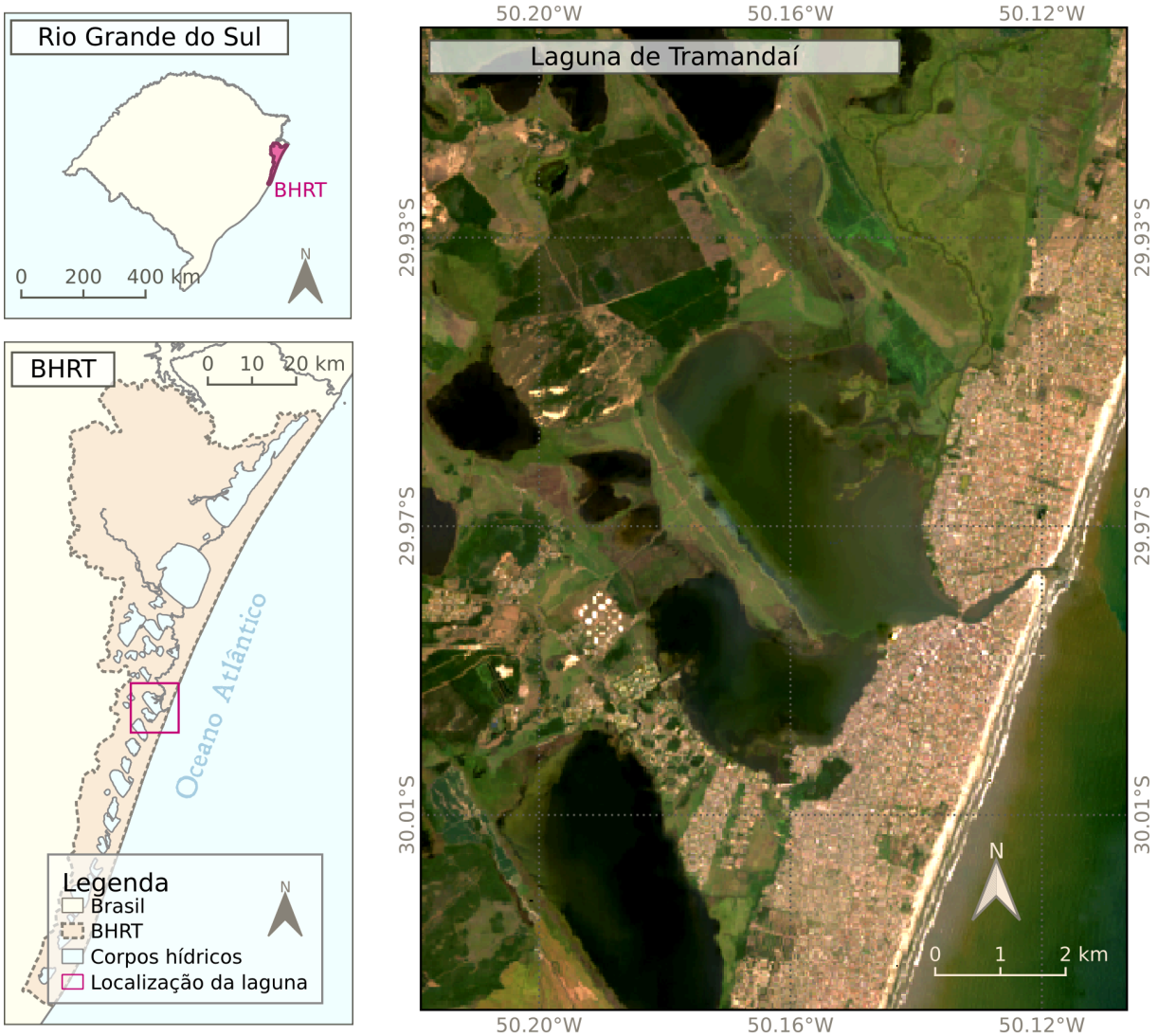


Figura 1. Localização da Laguna de Tramandaí na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT).

2.2. Obtenção dos dados

Pré-processamento

Para o presente estudo, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8 da coleção 2, Level 2, Tier 1, obtidas para os períodos de 1984 a 2010 (Landsat 5) e 2013 a 2024 (Landsat 8). As imagens foram filtradas para cobertura de nuvens (< 70 %) e foi aplicado um filtro de qualidade a partir das bandas de qualidade (QA) do Landsat. As áreas de água foram delimitadas a partir do banco de dados Global Surface Water (Pekel et al., 2016), em queforam selecionadas áreas com ocorrência de água > 95%. Dentro da geometria resultante, foi aplicada uma segunda máscara de água a partir do Índice Modificado de Diferença Normalizada da Água (MNDWI) (Zhai et al., 2015). Os dados de satélite foram obtidos através da plataforma Google Earth Engine (GEE).

Detecção das florações de algas

As áreas de floração foram delimitadas através da combinação do algoritmo CIE com o índice AFAI, cujas equações estão sumarizadas na **Tabela 1**. O espaço de cor CIE é uma forma de representar matematicamente as cores percebidas pelo olho humano. Ele parte da premissa de que todas as cores podem ser obtidas a partir da mistura de vermelho, verde e azul em diferentes intensidades e que, através de sucessivas equações, é possível projetá-las em um espaço bidimensional x e y. O algorítmo CIE traça um limiar neste espaço, considerando as relações entre y e x, no qual a cor é percebida como um verde intenso o suficiente para ser considerado floração (Hou et al, 2022).

Para cada pixel, foram obtidos os valores de AFAI e do y calculado. O pixel foi considerado floração se ambos y e AFAI fossem maiores do que os limiares apresentados na **Tabela 1**. Em seguida, as áreas de floração (em m² e, posteriormente, proporcionais à área de água) em toda a laguna foram obtidas através da função ee.Image.pixelArea() do GEE. Os dados foram agrupados mensalmente, selecionando-se a data com maior área de floração como referência nos meses com mais de uma imagem disponível.

Tabela 1. Equação dos algoritmos para a detecção de florações. AFAI = Índice de Algas Flutuantes; CIE = Algoritmo baseado no espaço de cor da Comissão Internacional de Iluminação.

Algoritmo	Equação		Limiares
AFAI	$R_{NIR} - R_{Red} - (R_{SWIR} - R_{Red}) \times 0.5$	(1)	(Fang et al., 2018)
	Limiar de detecção:		
	AFAI > 0,02 (Landsat 5)		
	AFAI > 0,00 (Landsat 8)		
CIE	$X = 2.7689R_{Red} + 1.7517R_{Green} + 1.1302R_{Blue}$	(4)	(Hou et al., 2022)
	$Y = 1.0000R_{Red} + 4.5907R_{Green} + 0.0601R_{Blue}$	(5)	
	$Z = 0.0000R_{Red} + 0.0565R_{Green} + 5.5943R_{Blue}$	(6)	
	$x = X/(X + Y + Z)$	(7)	
	$y = Y(X + Y + Z)$	(8)	
	Limiar de detecção:		
	$y > 223.201344x^3 - 189.247165x^2 + 51.708314x - 4$	(9)	

Variáveis meteorológicas e de uso e cobertura do solo

Variáveis meteorológicas e de uso e cobertura do solo foram adquiridas para toda a BHRT, delimitada a partir da Base Cartográfica do Estado do RS, escala 1:25.000, da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do RS (SEMA, 2018). Valores de temperatura do ar, precipitação total e velocidade do vento foram obtidos a partir das estimativas mensais do projeto de reanálise ERA-5 (Hersbach et al., 2020). Os dados foram interpolados utilizando metodologia de Ponderação de Distância Inversa (*Inverse Distance Weighting* - IDW) (Longo-Minnolo et al., 2022) e, na sequência, foi calculada a média mensal para a bacia hidrográfica. Como um indicador da atividade antrópica, foi utilizada a base de dados do MapBiomas, que apresenta o mapeamento anual da cobertura e uso da terra, com dados desde 1985 para o Brasil (Baeza et al., 2022). As categorias foram agrupadas em: vegetação natural, agropecuária, silvicultura, áreas urbanas e demais áreas não vegetadas.

2.3. Análises estatísticas

Análises de tendência foram realizadas a partir de teste de Mann-Kendall para todas as variáveis analisadas. Devido à forte sazonalidade atribuída aos eventos de floração, os testes foram performados na série de dados completa e separada por estações do ano, excetuando-se o

MapBiomas que possui periodicidade anual. Considerou-se: **verão** (janeiro-março), **outono** (abril-junho), **inverno** (julho-setembro) e **primavera** (outubro-dezembro). A relação entre a área de floração e as demais variáveis foi verificada através de correlação de Spearman. Todas as análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R Core Team, 2024).

3. RESULTADOS

Ao analisar a série, verificou-se que a maior concentração de eventos com área de floração maior do que 5% ocorreu após 2019 (70% dos eventos). Apenas quatro eventos superaram 10% do total da área da laguna, todos nos últimos cinco anos (**Figura 2**). Esses eventos correspondem a observações registradas por projetos de pesquisa em andamento no Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos da Universidade Federal do RS (CECLIMAR/UFRGS). Apesar do aumento percebido, o teste de Mann Kendall demonstrou tendência significativa de aumento nas florações apenas para os meses de verão (tau = 0,23, $p < 0,05$), nos quais a área de floração raramente passou dos 5%.

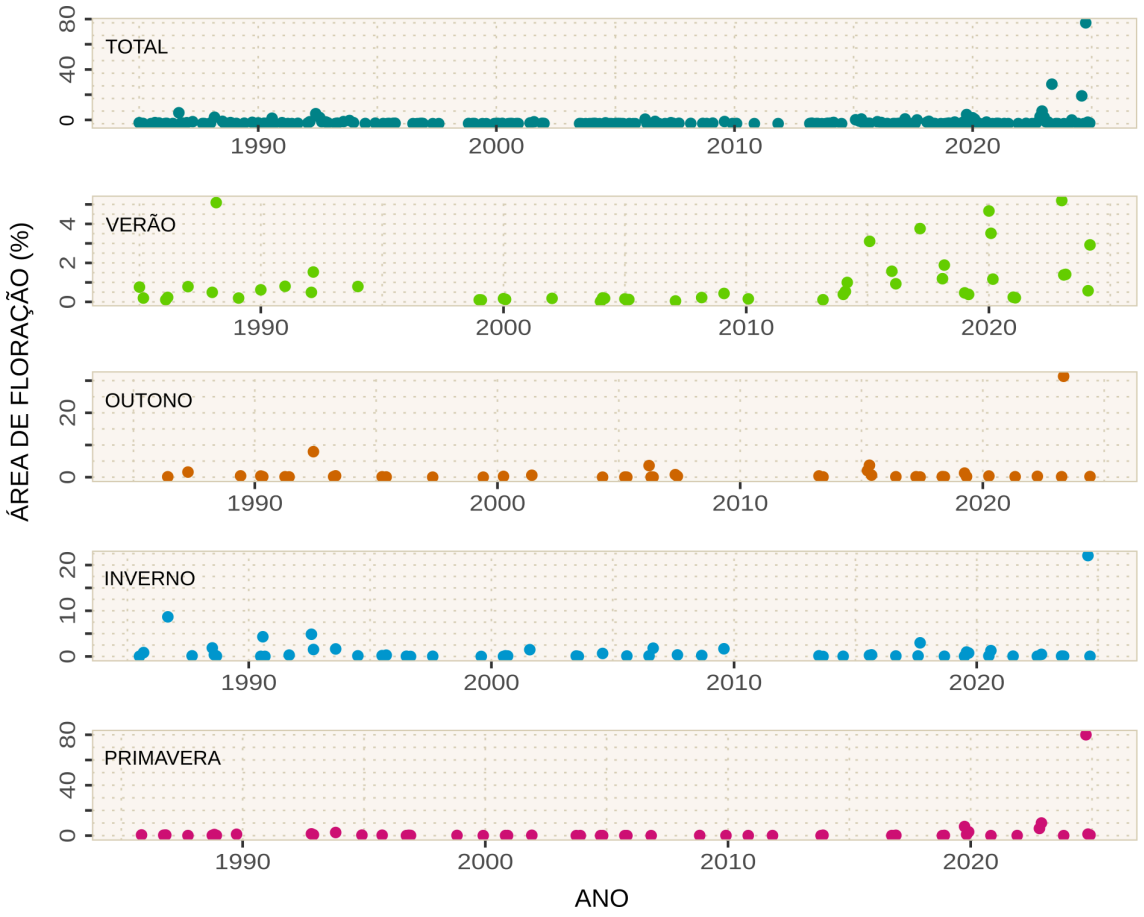


Figura 2. Área de floração por ano, considerando a série total e os meses separados por estação do ano.

Quanto às variáveis meteorológicas, foi detectada tendência apenas para a temperatura, que apresentou aumento significativo para o inverno e verão, apesar de pouco expressivo (**Figura 3**). Por outro lado, os resultados para as variáveis de paisagem evidenciaram uma crescente substituição das áreas de agricultura e pastagem pelo plantio de árvores exóticas e o aumento da urbanização (**Figura 3**).

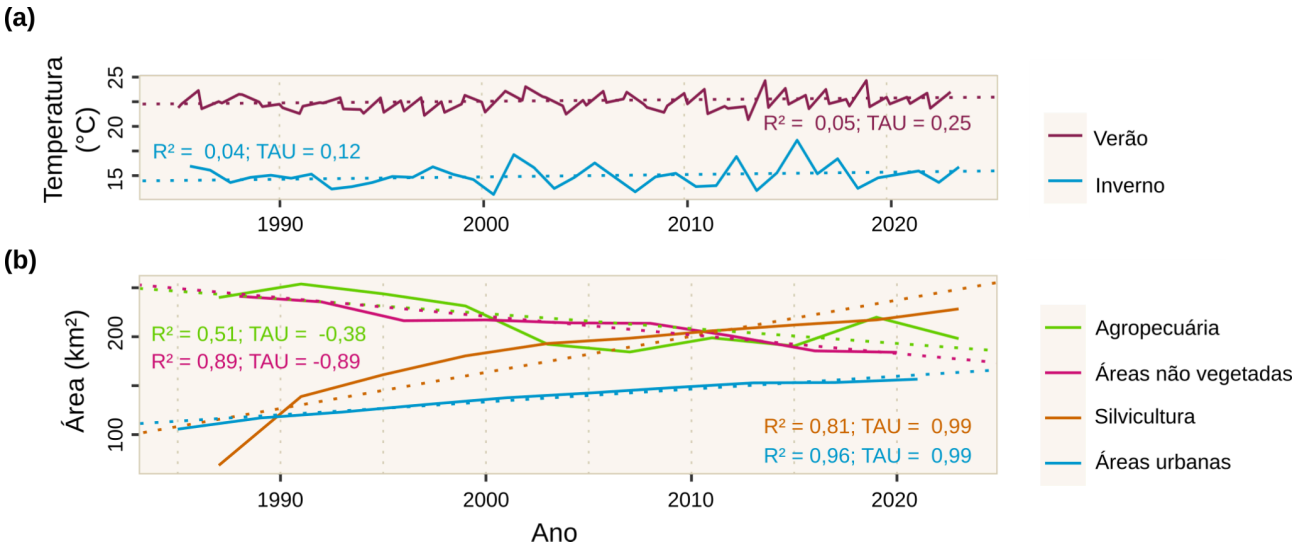


Figura 3. Teste de Mann Kendall para as variáveis meteorológicas (a) e de uso e cobertura de terra (b). Estão representadas apenas as variáveis em que $p < 0,05$.

As análises de correlação demonstraram que, para os meses de verão, a área de floração apresentou correlação significativa e positiva com a silvicultura ($\rho = 0,38$) e com as áreas urbanas ($\rho = 0,36$), e negativa com as áreas não vegetadas ($\rho = -0,41$). Os demais fatores não foram correlacionados a esses eventos.

4. DISCUSSÃO

Apesar de possuírem causas multifatoriais, os resultados indicam uma relação das florações com os impactos antrópicos e a consequente degradação dos ecossistemas. A região da BHRT é uma das que mais cresce no estado, algo já observado há décadas e que se intensificou nos últimos anos, agravado pelas migrações decorrentes da pandemia de COVID-19 e, mais recentemente, das enchentes que assolaram o RS em 2024 (IBGE, 2024). Nos meses de verão, há um aumento expressivo no número de moradores temporários, que buscam o litoral para o lazer entre dezembro e março. Paralelamente, a urbanização avança sobre áreas naturais, especialmente as dunas e demais Áreas de Preservação Permanente. É frequente a construção de grandes condomínios horizontais, que causam impactos diretos aos corpos hídricos, como desvios de cursos d'água, aterros em áreas de banhado e desmatamento da mata ciliar (Castro & Rocha, 2016; Gameiro et al., 2011; Souza et al., 2022). Soma-se a isso a falta de saneamento na região que não acompanha o crescimento

populacional: nos municípios de Tramandaí e Imbé, apenas 27,63% e 0,55% da população, respectivamente, têm acesso aos serviços de esgotamento sanitário (SNIS, 2023). O aumento nas áreas de silvicultura também impactam diretamente na qualidade das águas, seja pelo aporte de sedimentos e fertilizantes devido ao manejo da terra, ou pela poluição difusa causada pelo lixiviamento (Caldeira et al., 2023; Shah et al., 2022). Esses fatores geram um desequilíbrio entre a demanda por recursos hídricos e sua a contaminação, que impacta diretamente na biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e pode refletir-se nas florações de algas. Isso é percebido especialmente no verão, estação em que o estresse sobre esses ecossistemas é amplificado devido à grande rotatividade de moradores não residentes.

Devido à proximidade com o Oceano Atlântico, a laguna de Tramandaí apresenta um gradiente temporal e espacial de salinidade e sofre forte ação dos ventos, o que limita o crescimento das espécies dominantes e concentra a densidade algal nas margens. Dessa forma, há um filtro ambiental que mitiga os possíveis impactos sobre esse ecossistema, reduzindo a extensão da mancha de floração ou a eliminando por completo (Bohnenberger et al., 2018; Cabezudo et al., 2020). Entretanto, os resultados aqui encontrados acendem um alerta para o aumento da área das florações nos últimos anos, mesmo nos meses em que não foi encontrada tendência significativa. Grandes áreas de floração podem indicar que as cianobactérias estão ultrapassando as barreiras ambientais e tornando-se resistentes às condições físicas e químicas adversas, favorecidas pelo aporte antrópico de nutrientes. Nesse cenário, mesmo sem correlação direta comprovada, o aumento da temperatura pode ter favorecido essas espécies, uma vez que temperaturas mais quentes otimizam seu metabolismo e podem aumentar sua taxa de recrutamento no sedimento (Urrutia-Cordero et al., 2020). Deve-se, portanto, acompanhar a evolução dos eventos futuros para verificar se a situação das florações tende a agravar-se ou se as grandes áreas detectadas para os anos recentes foram resultado de situações isoladas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi possível obter o histórico de florações da laguna de Tramandaí por sensoriamento remoto, desde a década de 1980 até o presente. Os resultados demonstraram que a laguna está em uma trajetória de aumento preocupante, portanto é necessária atenção quanto ao uso da terra e ao crescimento rápido e/ou desordenado da região para que não ocorra a piora dessas águas. Espera-se que os resultados aqui encontrados forneçam subsídios para estudos futuros e políticas públicas, visando a preservação desses corpos hídricos e a manutenção de seus serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, A., Almanza, V., Haakonsson, S., Palacio, H., Benitez Rodas, G. A., Barros, M. U. G., Capelo-Neto, J., Urrutia, R., Aubriot, L., & Bonilla, S. (2023). Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. *Harmful Algae*, *125*, 102429. https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429

Baeza, S., Vélez-Martin, E., De Abelleyra, D., Banchero, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., Veron, S., Vallejos, M., Weber, E., Oyarzabal, M., Barbieri, A., Petek, M., Guerra Lara, M., Sarrailhé, S. S., Baldi, G., Bagnato, C., Bruzzone, L., Ramos, S., & Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomas Pampa initiative. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *28*, 100834. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100834

Bohnenberger, J. E., Schneck, F., Crossetti, L. O., Lima, M. S., & Motta-Marques, D. D. (2018). Taxonomic and functional nestedness patterns of phytoplankton communities among coastal shallow lakes in southern Brazil. *Journal of Plankton Research*, *40*(5), 555–567. https://doi.org/10.1093/plankt/fby032

Cabezudo, M. M., Ribeiro, K. F., Schneck, F., Werner, V. R., Lima, M. S., Bohnenberger, J. E., & Crossetti, L. O. (2020). Ecological factors shaping cyanobacterial assemblages in a coastal lake system. *Hydrobiologia*, *847*(10), 2225–2239. https://doi.org/10.1007/s10750-020-04250-w

Caldeira, A., Krushe, A. V., Mareschal, L., da Silva, P., Nouvellon, Y., Campoe, O., Luiz Stape, J., Montebelo, A., Formaglio, G., le Maire, G., Guillemot, J., Ranger, J., & Laclau, J.-P. (2023). Low nutrient losses by deep leaching after clearcutting and replanting *Eucalyptus* plantations in Brazil. *Forest Ecology and Management*, *534*, 120866. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120866

Castro, D. de, & Rocha, C. M. da. (2016). *Qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí*. Via Sapiens.

Fang, C., Song, K. S., Shang, Y. X., Ma, J. H., Wen, Z. D., & Du, J. (2018). Remote Sensing of Harmful Algal Blooms Variability for Lake Hulun Using Adjusted FAI (AFAI) Algorithm. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL INFORMATICS*, *34*(2), Artigo 2. http://www.jeionline.org/index.php?journal=mys&page=article&op=view&path%5B%5D=201700385

Feng, L., Wang, Y., Hou, X., Qin, B., Kuster, T., Qu, F., Chen, N., Paerl, H. W., & Zheng, C. (2024). Harmful algal blooms in inland waters. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1–14. https://doi.org/10.1038/s43017-024-00578-2

Gameiro, P. H., Gonçalves, V. T., Bazzan, T., & Lahm, R. A. (2011). Análise Multi-Temporal do Uso do Solo Através de Técnicas de Geoprocessamento para Avaliar Impactos Ambientais Causados pela Construção de Condomínios Residenciais no Município de Xangri-Lá. *Para Onde!?*, *5*(1), Artigo 1. https://doi.org/10.22456/1982-0003.25984

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., … Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *146*(730), 1999–2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803

Hou, X., Feng, L., Dai, Y., Hu, C., Gibson, L., Tang, J., Lee, Z., Wang, Y., Cai, X., Liu, J., Zheng, Y., & Zheng, C. (2022). Global mapping reveals increase in lacustrine algal blooms over the past decade. *Nature Geoscience*, *15*(2), Artigo 2. https://doi.org/10.1038/s41561-021-00887-x

Longo-Minnolo, G., Vanella, D., Consoli, S., Pappalardo, S., & Ramírez-Cuesta, J. M. (2022). Assessing the use of ERA5-Land reanalysis and spatial interpolation methods for retrieving precipitation estimates at basin scale. *Atmospheric Research*, *271*, 106131. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106131

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Temático – Serviços de Água e Esgoto – Visão Geral – Ano de Referência 2022. Brasília: MDR, 2023.

Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, *540*(7633), 418–422. https://doi.org/10.1038/nature20584

R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [R]. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Rocha, C. M. da, Milani, G. B., & Cabezudo, M. M. (2024, agosto 20). *Contribuição do Laboratório de Águas Superficiais e Subterrâneas(LASS) sobre a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT)*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. https://www.ufrgs.br/ceclimar/wp-content/uploads/2024/08/NOTA-TECNICA-LASS-CECLIMAR.out24.pdf

Rolim, S. B. A., Veettil, B. K., Vieiro, A. P., Kessler, A. B., & Gonzatti, C. (2023). Remote sensing for mapping algal blooms in freshwater lakes: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(8), 19602–19616.

https://doi.org/10.1007/s11356-023-25230-2

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (2018). *Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:25.000-BCRS25* [Dataset]. https://www.sema.rs.gov.br/si-dados-geoespaciais

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (2005). *Relatório Temático A2: Diagnóstico das disponibilidades hídricas* (1º Etapa do Plano da Bacia do Rio Tramandaí). Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura.

Shah, N. W., Baillie, B. R., Bishop, K., Ferraz, S., Högbom, L., & Nettles, J. (2022). The effects of forest management on water quality. *Forest Ecology and Management*, *522*, 120397. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120397

Souza, A. dos S. B., Giacomelli, D., Faller, R. J., & König, S. (2022). CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS FECHADOS EM XANGRI-LÁ/RS: OS IMPACTOS AMBIENTAIS E A (RE)CONSTRUÇÃO DE PRÁTICAS ESPACIAIS À BEIRA-MAR. *Revista Ouricuri*, *12*(2), Artigo 2. https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol12.i2.a15506

Urrutia-Cordero, P., Zhang, H., Chaguaceda, F., Geng, H., & Hansson, L.-A. (2020). Climate warming and heat waves alter harmful cyanobacterial blooms along the benthic–pelagic interface. *Ecology*, *101*(7), e03025. https://doi.org/10.1002/ecy.3025

Werner, V. R. (1988). Cianoficeae planctônicas da Lagoa de Tramandaí e da Lagoa do Armazém, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, *37*, 33–70.

Zhai, K., Wu, X., Qin, Y., & Du, P. (2015). Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations. *Geo-spatial Information Science*, *18*(1), 32–42. https://doi.org/10.1080/10095020.2015.1017911