

## ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO SAZONAL DE TURBIDEZ NA LAGOA MIRIM/RS UTILIZANDO O ÍNDICE ESPECTRAL NDTI A PARTIR DE IMAGENS MSI/SENTINEL-2.

CAROLINE DE OLIVEIRA NUNES<sup>1</sup>; CÁSSIA BROCCA CABALLERO<sup>2</sup>; ELISANDRA HERNANDES DA FONSECA<sup>3</sup>; ROSIMÉRI DA SILVA FRAGA<sup>4</sup>; KAREN GULARTE PERES MENDES<sup>5</sup>; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – nunescarolineoliveira@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – cassiabrocca@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – elissssandra@gmail.com*

<sup>4</sup>*Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) – rsfraga26@gmail.com*

<sup>5</sup>*Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) – karperes@gmail.com*

<sup>6</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – hugo.guedes@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são fundamentais para o desenvolvimento social e econômico de uma cidade. A crescente urbanização, com consequente aumento da demanda por água, contribui com a deterioração dos corpos hídricos tornando inevitável o monitoramento da qualidade das águas, visando permitir um melhor gerenciamento dos recursos hídricos (ANA, 2020).

Os métodos tradicionais de coleta de dados para avaliações da qualidade da água são limitados, uma vez que o custo elevado para realizá-los e a pontualidade das informações dificulta a análise da variabilidade espaço-temporal. Neste sentido, técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) podem suprir esta dificuldade. De acordo com Barbosa et al. (2019), o SR é um recurso que refinou o monitoramento de rios e lagos, auxiliando no conhecimento e análise das atividades dos sistemas aquáticos.

Dentre as diferentes variáveis de qualidade de água, a turbidez é uma variável física passível de ser monitorada por SR, sendo um indicador da presença de partículas em suspensão na coluna d'água. Os sedimentos suspensos (SS) impedem a transmissão de radiação solar limitando a fotossíntese e afetando a qualidade da água, tornando-a inadequada para o consumo (JENSEN, 2009). Neste sentido, uma ferramenta de fácil aplicação são os índices espectrais, que potencializam uma determinada característica no corpo hídrico. Em se tratando de turbidez, o mais usado é o Índice de Turbidez por Diferença Normalizada/Normalized Difference Turbidity Index (NDTI), o qual realiza uma análise qualitativa da turbidez no corpo hídrico, utilizando as bandas do visível verde e vermelha, classificando-a em baixa, moderada e alta. O NDTI é um índice normalizado que possui valores entre -1 e +1, representando menor e maior concentração de turbidez, respectivamente.

A Lagoa Mirim é um dos principais corpos hídricos lacustres do estado do Rio grande do Sul, na qual predomina o regime de águas compartilhadas entre Brasil e Uruguai. Por apresentar grandes dimensões e alta concentração de SS (FRAGA et al., 2020), este trabalho teve como objetivo analisar a concentração sazonal de turbidez utilizando o índice espectral NDTI a partir de imagens do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel-2.

## 2. METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no extremo sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai. A bacia hidrográfica da Lagoa Mirim é dividida em oito sub-bacias, sendo uma na divisa entre Brasil e Uruguai, três no território brasileiro ( $2.750\text{km}^2$ ) e quatro no uruguai ( $1.000\text{km}^2$ ), totalizando  $3.750\text{km}^2$  de área superficial. A Lagoa Mirim é cercada pelos municípios de Arroio Grande e Jaguarão a oeste, e Rio Grande e Santa Vitória do Palmar a leste. Os principais usos da água na lagoa são destinados à irrigação e abastecimento humano (ALM, 2020).

Para a análise sazonal da lagoa foram selecionadas quatro imagens do satélite Sentinel-2/MSI, uma para cada estação do ano de 2019: verão (22/02), outono (08/04), inverno (06/08) e primavera (30/09). As imagens foram selecionadas de acordo com a cobertura de nuvens menor que 10% a partir da plataforma Google Earth Engine (GEE). O GEE é uma plataforma de processamento geoespacial baseada em nuvem, facilitando aos usuários a manipulação de dados e o acesso a dados geoespaciais, como imagens de sensoriamento remoto de satélites como o Sentinel-2 (GORELICK et al., 2017). A análise espectral, com a aplicação do índice NDTI (Equação 1), foi feita utilizando a plataforma GEE.

$$\text{NDTI} = \frac{R - G}{R + G} \quad (1)$$

onde R é a banda vermelha (B4) e G a banda verde (B3) do Sentinel-2/MSI.

Segundo Garg et al. (2017), quanto maior o valor de NDTI, maior a turbidez relacionada, sendo que geralmente os valores variam de -0,2 a  $\approx 0$  em águas limpas, 0 a 0,2 em águas moderadamente turvas e, para águas altamente turvas, os resultados são superiores a 0,25.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o resultado da aplicação do índice NDTI nas quatro imagens da Lagoa Mirim. No geral, a análise qualitativa realizada por meio do NDTI para o ano de 2019, permitiu inferir que a Lagoa Mirim possui águas limpas (NDTI entre -0,2 a  $\approx 0$ ) a moderadamente turvas (NDTI entre 0 a 0,2), variando em função da sazonalidade.

O índice utilizado detectou a turbidez nas quatro estações do ano. A Figura 1c demonstra que o inverno, estação geralmente de maior precipitação na lagoa, possui os maiores picos de turbidez em toda a extensão da margem oeste da lagoa, com maior incidência ao sul, próximo à cidade uruguai Arroval Treinta y Tres, onde há o cultivo de arroz às margens da lagoa, e na parte central, próximo ao afluente advindo da cidade de Rio Branco (Uruguai), acentuado pelas partes mais estreitas da lagoa. Ao norte da lagoa, na área central e de maior dimensão, observa-se que a concentração de turbidez nas imagens da Figura 1a, 1b, 1c e 1d é baixa em relação aos outros locais, possivelmente em função do efeito diluidor da massa de água sobre as partículas sólidas, características do aumento da concentração de turbidez quando essas estão em maiores quantidades.

No outono (Figura 1b), seguido do verão (Figura 1a), o NDTI apresentou valores consideravelmente baixos, próximos de zero, o que pode ocorrer em consequência de um menor regime pluviométrico dos meses analisados. A

especialização da turbidez nas duas estações é semelhante em toda área da lagoa, incluindo a região central. Fraga et al. (2020) analisaram a variabilidade sazonal de SS na parte norte da Lagoa Mirim, e constataram que a produção de sedimentos é influenciada por regimes de precipitação elevados.

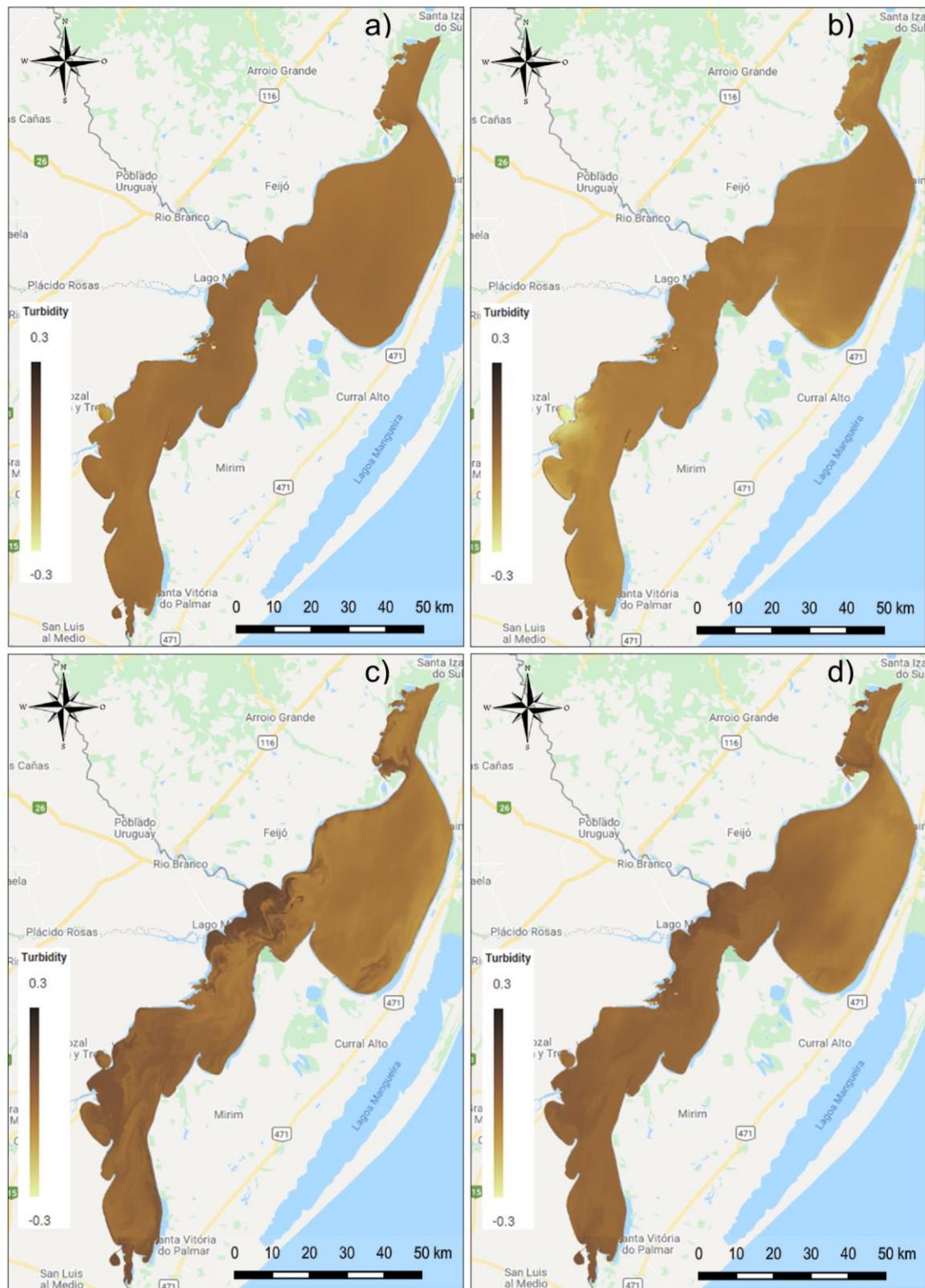


Figura 1: Variabilidade espacial de turbidez na Lagoa Mirim: a) Verão; b) Outono; c) Inverno; d) Primavera.

Fraga et al. (2020) concluíram que o aumento de SS é influenciado por sedimentos advindos de afluentes e áreas de cultivo, podendo alterar a concentração de turbidez e a qualidade de água para consumo, confirmando a análise qualitativa do presente estudo.

#### 4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos é possível concluir que: (i) no ano de 2019, a água da Lagoa Mirim pode ser classificada como limpa a moderadamente turva, variando em função da sazonalidade; (ii) os maiores picos de concentração de turbidez aconteceram no inverno, próximos a afluentes e a áreas de cultivo de arroz; (iii) melhoras consideráveis de turbidez foram observadas no outono; (iv) é possível perceber uma relação entre o regime de precipitação e a concentração de turbidez na lagoa; (v) a aplicação do GEE e de imagens de satélite melhoram o poder de decisão em ações que devem ser tomadas no tocante aos recursos hídricos, facilitando o trabalho dos gestores ambientais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ALM. BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA MIRIM**, Agência da Lagoa Mirim, Pelotas. Acessado em 14 de setembro de 2020. Online. Disponível em: [https://wp.ufpel.edu.br/alm/?page\\_id=2103](https://wp.ufpel.edu.br/alm/?page_id=2103)

**ANA. REDE NACIONAL - REDES DE MONITORAMENTO**, Portal da Qualidade das Águas, Brasília. Acessado em 16 de setembro de 2020. Online. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>

**BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.M.; Martins, V.S.** *Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.

**FRAGA, R.S.; GUEDES, H.A.S; MARTINS, V.S.; CABALLERO, C.B.; MENDES, K.G.P.; MONKS, J.L.F.; FASSONI-ANDRADE, A.C.** Empirical modelling of suspended solids in a subtropical lagoon (Brazil) using linear spectral mixing algorithm. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, Amsterdam, v.20, n.1, 2020.

**GARG, V.; KUMAR, A.S.; AGGARWAL, S.P.; KUMAR, V.; DHOTE, P.R.; THAKUR, P.K.; NIKAM, B.R.; SAMBARE, R.S.; SIDDIQUI, A.; MUDULI, P.R.; RASTOGI, G.** Spectral similarity approach for mapping turbidity of an inland waterbody. *Journal of Hydrology*, New York, v.550, n.1, p.527-537, 2017.

**GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R.** Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v.202, n.1, p.18-27, 2017.

**JENSEN, J.R.** *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.