



AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA MIRIM QUANTO À PRESENÇA DE CLOROFILA-A.

EDGAR RAMALHO SANTOS¹;
FELIPE DE LUCIA LOBO²

¹*Universidade Federal de Pelotas – edgar.ramalho.santos@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – felipe.lobo@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos não são os únicos que fazem uso dos corpos hídricos, que são sistemas abertos nos quais organismos autotróficos, especialmente microalgas e macrófitas, convertem carbono inorgânico em matéria orgânica usando a energia da radiação solar. Segundo ISTVÁNOVICS (2009), além de carbono, outros nutrientes (oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, sílica, metais-traço) podem ser necessários para a proliferação destes organismos, dentre os quais existem algas nocivas, fruto de uma massiva proliferação de fitoplâncton (cianobactérias, diatomáceas, dinoflagelados) em corpos d'água (SANSEVERINO et al., 2016).

No Brasil, o primeiro registro de morte relacionada à cianobactérias ocorreu em 1996, onde 131 pacientes sob tratamento de hemodiálise no Instituto de Doenças Renais desenvolveram intoxicação hepática causada por microcistinas. O caso recebeu notoriedade internacional e especialistas do mundo todo puderam contribuir para a conclusão de que a água utilizada por essa clínica, proveniente do açude Tabocas, continha consideráveis concentrações de cianobactérias, responsáveis pela liberação da cianotoxina que ocasionou a morte de 76 pacientes em 20 meses (RAMOS et al., 2016).

Em função deste risco potencial, é necessário desenvolver maneiras de identificar e lidar com estes organismos no meio aquático. Assim, o monitoramento da clorofila-a como bioindicadora possibilita uma avaliação da qualidade da água da Lagoa Mirim, corroborada por suas relações com as variáveis ambientais desse corpo hídrico. Para monitorá-la, o índice espectral NDCI (Normalized Difference Chlorophyll Index) foi apresentado por MISHRA e MISHRA (2012) para ser usado em dados de sensoriamento remoto, estimando as concentrações de chl-a em águas turvas, oticamente complexas.

Portanto, fundamentado em análises espaço-temporais com suporte de computação em nuvem, imagens de satélite e dados de campo, esta pesquisa tem por finalidade estabelecer um algoritmo capaz de fornecer uma melhor compreensão da qualidade das águas da Lagoa Mirim.

2. METODOLOGIA

Para a obtenção de dados de qualidade da água da Lagoa Mirim, informações essenciais às análises aqui demonstradas, foram solicitadas junto à Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM), planilhas contendo um histórico de medições em diversos pontos da lagoa e de corpos hídricos próximos. O processo de amostragem *in situ* foi conduzido pela ALM, compondo amostras mensais entre junho de 2013 e fevereiro de 2020. As medições utilizadas ocorreram

nos períodos da manhã e tarde, com repetições mensais entre os anos de 2018 e 2020, contando com doze parâmetros de qualidade da água.

Os dados fornecidos pela ALM continham mais períodos, porém anteriores às imagens de satélites disponíveis do Sentinel-2. Portanto, o material foi restringido a fim de representar a verdade de campo.

Os dados fornecidos foram analisados em diferentes indicadores, como IQA (Índice de Qualidade da Água), IET (Índice de Estado Trófico) e quanto aos limites da resolução nº 357/05 do CONAMA.

Os dados para processamento no *Google Earth Engine* (GEE) são provenientes do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel-2, disponibilizados gratuitamente pela Agência Espacial Europeia (ESA), um produto Level-2A, que fornece informações de reflectância de superfície.

Foram utilizadas ferramentas de computação em nuvem para mapear e analisar, através de sensoriamento remoto, a concentração de clorofila-a como bioindicadora da condição trófica da Lagoa Mirim. Assim, foi gerado um algoritmo indicativo da concentração de clorofila-a, através do NDCI, dentro da Lagoa Mirim (Figura 1).

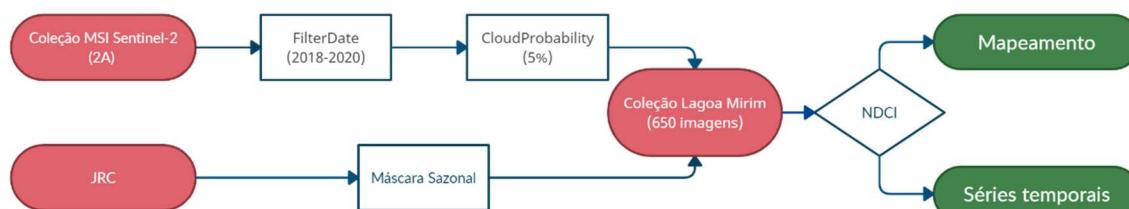


Figura 1 - Representação das instruções e resultados do algoritmo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tentativa de definir uma correlação entre os dados de medição tradicionais e os produtos de sensoriamento remoto, calcular a série de médias do NDCI através do algoritmo ajudou na indicação de momentos extremos de concentração de clorofila-a.

Com esta primeira análise estatística tornaram-se perceptíveis movimentos de alta nas concentrações de fitoplâncton entre os meses de fevereiro/março a maio/junho na maioria dos postos ao longo dos anos avaliados. Para entender melhor a distribuição das massas de chl-a, tomando como exemplo março e maio de 2019, foram geradas algumas imagens.

O mês de março de 2019 contou com muitas nuvens nas imagens disponíveis, gerando lacunas (Figura 2). Ainda assim, foi possível localizar pontos de maior concentração de chl-a próximos à áreas agrícolas, onde geralmente são encontradas altas cargas de nutrientes devido à drenagem em terras agrícolas, propiciando boas condições para ocorrência de eutrofização (MARKAD et al., 2019). As variações de NDCI orientam sobre possíveis origens da proliferação de fitoplâncton, provavelmente ligada ao aporte de nutrientes decorrente dos usos e ocupações no entorno da lagoa.

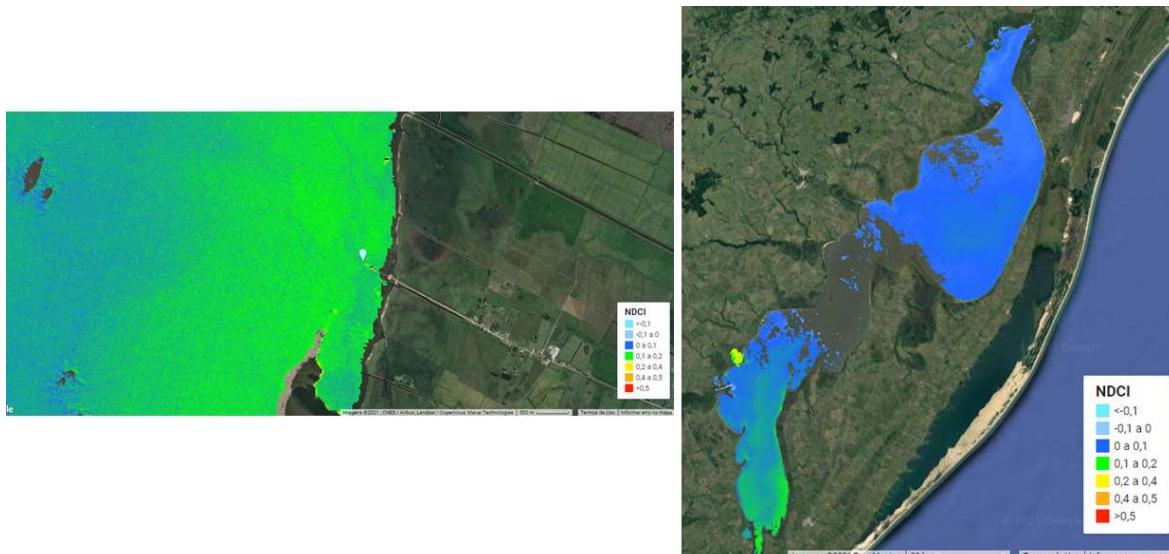


Figura 2 - NDCI na Lagoa Mirim em 24 de março de 2019. Plataforma GEE.

O cálculo, classificação e representação gráfica do NDCI dão boas noções de espacialização da chl-a e, consequentemente, organismos fitoplanctônicos. A distribuição espacial da chl-a está muito longe de algo uniforme, tornando difícil a avaliação da qualidade da água da lagoa como um todo, quando pautada somente em amostras pontuais. Vale salientar, muitas dessas áreas com indicativos significativos de *bloom* algal são usadas para banho. Com a volatilidade dos eventos de *bloom*, os sistemas atuais não passam nem perto de oferecer informações que mantenham os banhistas informados sobre potenciais riscos. Informação que a implementação destas ferramentas aqui desenvolvidas visa fornecer.

Durante processo de análise por sensoriamento remoto, existem também algumas dificuldades claramente demonstradas nas imagens, a exemplo da ausência de pixels em decorrência da aplicação da máscara de probabilidade de nuvem, algo que é extremamente variável; efeitos de borda, em decorrência da máscara da sobreposição do pixel à áreas mistas, de água e vegetação; a falta de coincidência dos dias de amostragem *in situ* com a passagem do satélite, restringindo a validação da relação do NDCI com a presença de clorofila. Desta forma, só foi possível realizar tal análise pautada nas fundamentações presentes em literatura prévia, vide MISHRA e MISHRA (2012) e LOBO et al. (2021).

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa identificou e apresentou índices consideráveis de contaminação na Lagoa Mirim a partir da análise dos dados *in situ*, posteriormente expandindo a representação para o sensoriamento remoto, com foco nas concentrações de chl-a na água.

Embora impossibilitado o objetivo de calibrar e validar o algoritmo para detecção da chl-a através do cálculo do NDCI na Lagoa Mirim, em decorrência da falta de correspondência de datas com os dados de campo, este poderá ter sua eficácia validada em estudos posteriores, aprimorando as ferramentas hoje existentes.

Por fim, as ferramentas e os resultados aqui apresentados demonstram grande relevância para criação de sistemas de monitoramento e alerta, possibilitando um maior tempo de resposta para os órgãos responsáveis e



interessados em conter a toxicidade difundida em eventos de *bloom* algal, a fim de promover a qualidade dos recursos hídricos e a harmonia do meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA BACIA LAGOA MIRIM (ALM). Universidade Federal de Pelotas, RS. 2008. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/alm/?page_id=2103. Acesso em: 14 set. 2020.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março 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. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 09 jun. 2021.

ISTVÁNOVICS, V. Eutrophication of Lakes and Reservoirs. **Encyclopedia of Inland Waters**, p. 157–165, 2009.

LOBO, F. et al. AlgaeMAP: algae bloom monitoring application for inland 2 waters in latin america. **Remote Sensing**. 2021, 13, 2874. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs13152874>. Acesso em: 08 agosto 2021.

MARKAD, A. et al. Trophic state modeling for shallow freshwater reservoir: a new approach. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 586, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-019-7740-5>. Acesso em: 08 mai. 2021.

MISHRA, S.; MISHRA, D. Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. **Remote Sensing of Environment**, v. 117, p. 394-406, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425711003737>. Acesso em: 17 jun. 2021.

RAMOS, C. et al. Cianobactérias e microcistina em águas de rio destinadas ao abastecimento de centro industrial de Caruaru, PE, Brasil. **Visa em debate**, p. 27-35, 2016. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/602/286>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SANSEVERINO, I. et al. Algal bloom and its economic impact. **JRC Technical Reports**, 2016. Disponível em: http://www.matrixenvironment.com/2016_algae_bloom_and_economic_impact.pdf. Acesso em: 08 mai. 2021.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rhcommrim.jsp>. Acesso em: 12 set. 2020.