

## IV-239 - IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE POTENCIAL EUTROFIZAÇÃO NO LAGO DE SOBRADINHO-BA UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

**Michael Pereira da Silva**<sup>(1)</sup>

Alunos de graduação do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (UFBA) do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS).

**Weriskiney Araújo Almeida**<sup>(1)</sup>

Alunos de graduação do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (UFBA) do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS).

**Alex de Oliveira Branco**<sup>(1)</sup>

Alunos de graduação do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (UFBA) do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS).

**Samuel Issamu Tanaka**<sup>(1)</sup>

Alunos de graduação do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (UFBA) do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS).

**Elane Fiúza Borges**<sup>(2)</sup>

Professora Assistente do ICADS - UFBA, onde ministra aulas das disciplinas de Cartografia Sistemática e Temática, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Professor José Seabra, S/N – Centro - Barreiras- BA - CEP: 47805-100 - Brasil - Tel: (77) 3614-3500 - e-mail: michaelufba@yahoo.com.br.

### RESUMO

Como um dos maiores lagos artificiais do mundo, o lago de Sobradinho causou significativas mudanças no ambiente em que foi concebido. Uma delas foi a eutrofização. Um dos indicadores mais difundidos para avaliação de eutrofização em corpos d'água é a identificação da presença de clorofila nos mesmos. Devido ao seu grande porte (cerca de 4.214 km<sup>2</sup>), há excessivas dificuldades de monitoramento desse fenômeno em toda a extensão do lago. Neste contexto, o sensoriamento remoto fornece ferramentas para monitoramento de eutrofização a partir de dados de reflectância da clorofila-a presente nas células das algas e do uso de índices de vegetação no lago. Neste trabalho, a concentração de clorofila-a no meio aquático foi relacionada com o índice NDVI\_SWIR para identificar as áreas potenciais de eutrofização utilizando imagens do sensor TM / Landsat 5 e softwares de processamento digital de imagens de satélite.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização, Monitoramento, Sobradinho, Sensoriamento Remoto.

### INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios traz alterações econômicas, sociais e ecológicas às bacias e rios onde são implantadas. Essas alterações devem ser monitoradas para que os impactos negativos causados sejam amenizados.

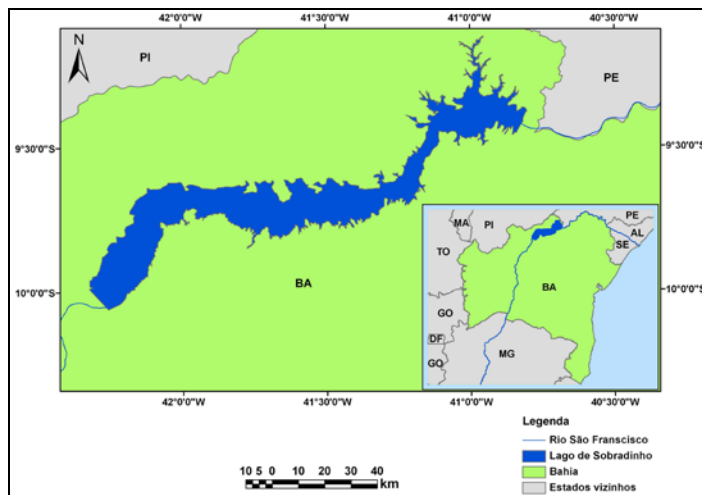
Sobradinho é o maior lago artificial da América Latina e o terceiro maior do mundo, sua implantação causou grandes alterações no meio ambiente. O lago está localizado no trecho do rio São Francisco, entre os municípios de Barra/BA e Sobradinho/BA (Figura 1). Possui uma extensão de aproximadamente 320 km, espelho d'água de 4.214 km<sup>2</sup>, capacidade de armazenamento de 34,1 bilhões de metros cúbicos e uma vazão regularizada de 2.060 m<sup>3</sup>/s no período de estiagem (Costa *et al.*, 2008).

Como a implantação desse reservatório causou grandes mudanças na região, o monitoramento dos fatores físicos, químicos e biológicos associados ao lago é necessário para uma efetiva gestão desse recurso ambiental. Uma das alterações é a ocorrência da eutrofização e, por consequência, o aumento da concentração de clorofila no meio aquático devido à proliferação de algas.

Pelo grande porte do lago, o monitoramento de áreas eutrofizadas torna-se uma tarefa de difícil execução para o órgão gestor de águas. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto surge como uma importante fonte de

ferramentas para identificação de regiões de eutrofização em grandes corpos d'água, como o lago de Sobradinho.

De acordo com Baptista & Neto (1992), “as imagens devem ser de dias em estações secas ou com baixos gradientes de precipitação pluviométrica para evitar a revolução das águas, o que pode alterar as informações”. Por isso, utilizou-se cenas dos meses de setembro e outubro, que correspondem ao período seco na região onde se localiza Sobradinho, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1994).



**Figura 1: Localização do lago de Sobradinho**

Segundo Novo *et al.* (2007), a avaliação da distribuição espacial da concentração de clorofila pode gerar um índice de eutrofização em áreas de lagos artificiais. Costa *et al.* (1998) concluíram que a concentração de clorofila-a (Chl-a) na água pode ser estimada a partir de sistemas sensores ópticos, devido às propriedades de atenuação da radiação eletromagnética (REM) no visível pelos pigmentos fotossintéticos. Os pigmentos fitoplancônicos absorvem parte da REM no visível. Essas informações espectrais podem ser detectadas por sensores orbitais dependendo das características destes e das características da água.

Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto. Diversos autores empregam esses índices para obter informações sobre parâmetros relacionados à biomassa verde dos locais estudados. Segundo Junges *et al.* (2007), um índice de vegetação resulta da combinação dos valores de reflectância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, possuindo uma relação com a quantidade e o estado da vegetação em uma dada área da superfície terrestre.

Um dos índices de vegetação amplamente utilizado é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que utiliza as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Essa última é caracterizada pela estrutura celular da planta e é a região de maior reflectância da vegetação, enquanto na primeira ocorre absorção, devido à pigmentação das folhas.

O NDVI\_SWIR (*Normalized Difference Vegetation Index – Short Wave Infrared*), proposto por Imamoto *et al.* (2001), consiste em um índice mais complexo, o qual utiliza a banda do infravermelho de ondas curtas (SWIR), em vez da banda correspondente ao vermelho. Isto se deve porque na região do SWIR, a vegetação apresenta bandas de absorção em função da presença de água. Desta forma, a medida do teor de clorofila não sofreria interferência da água, pois esta absorve a radiação eletromagnética na faixa do SWIR.

Diante do exposto, esse trabalho teve por objetivo mostrar que pode-se utilizar ferramentas do Sensoriamento Remoto para realizar, de modo eficiente, o monitoramento de eutrofização em áreas muito extensas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas, para esse estudo, as bandas de 2, 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat-5, obtidas na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) na internet.

Para abranger toda a área de estudo, necessitou-se de 4 cenas:

- 1) Órbita 217/ponto 66, de 24/09/2009;
- 2) Órbita 217/ponto 67, de 24/09/2009;
- 3) Órbita 218/ponto 66, de 01/10/2009;
- 4) Órbita 218/ponto 67, de 15/09/2009.

Elas foram processadas utilizando os softwares *ERDAS 2010* e *ENVI 4.7*.

Na fase de pré-processamento, fez-se as composições coloridas, de cor verdadeira, utilizando as bandas do azul, verde e vermelho no canal RGB respectivamente. Para a realização do registro de todas as cenas utilizou-se as imagens Geocover como referência, por meio do método automático *autosync*, no software *Erda's Imagine* 2010. Este método de registro baseia-se na radiometria da imagem. Posteriormente, elaborou-se o mosaico das imagens do sensor TM/Landsat-5.

Para delimitação da área de estudo, criou-se um arquivo vetorial, no formato *shapefile*, contornando o lago de Sobradinho no software *Arcgis* 9.3 e recortou-se a área de estudo, a partir do mosaico, no software *ENVI* 4.7.

A concentração de clorofila-a foi calculada em toda a extensão do lago, segundo o modelo proposto por Costa *et al.* (1998), conforme se observa na Equação 1.

$$\text{Chl-a} = 0.060914 + 0.109172 \text{ TM2} + 0.214841 \text{ TM3} \quad \text{equação (1)}$$

Onde, **TM2** e **TM3** correspondem, respectivamente, aos valores de reflectância nas bandas 2 e 3 do sensor TM/Landsat 5.

Para os autores supracitados, houve erros entre os resultados medidos em campo e os valores de clorofila-a encontrados por sensoriamento remoto. Eles associaram esse fato a baixa sensibilidade do sensor TM em detectar concentrações muito baixas de clorofila-a. Desse modo, pode-se inferir que os valores reais de clorofila-a em áreas nessas condições são omitidos, tendo, portanto, o sensor TM a tendência de subestimar o resultado.

Visando obter resultados mais próximos da realidade, utilizou-se os valores de clorofila-a acima de 80% do valor máximo encontrado no lago como limite inferior para divisão de classes.

Foi gerado um histograma no *ENVI* 4.7 para melhor visualização dos dados e obtenção do valor máximo, que foi de 20,0 mg/m<sup>3</sup>. Assim, o limite inferior para a divisão de classes foi 16,0 mg/m<sup>3</sup>.

Similarmente, calculou-se o índice de vegetação NDVI-SWIR, que é obtido a partir da Equação 2.

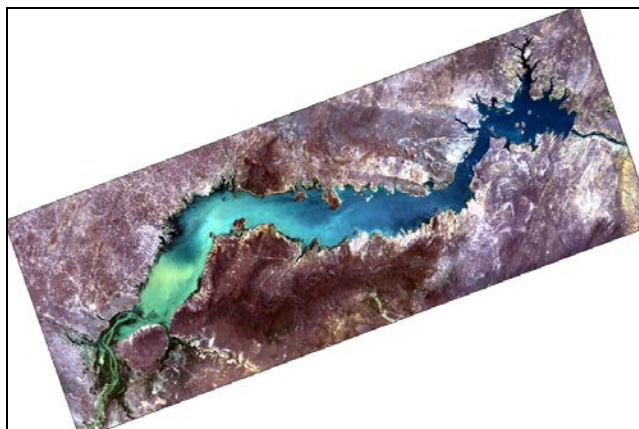
$$\text{NDVI\_SWIR} = ( \text{TM4} - \text{TM5} ) / ( \text{TM4} + \text{TM5} ) \quad \text{equação (2)}$$

Onde, **TM4** e **TM5** correspondem, respectivamente, aos valores de reflectância nas bandas 4 e 5 do sensor TM/Landsat 5.

Os limites inferiores e superiores do índice foram, respectivamente, 0,4 e 0,5. Após isso, foram confeccionados mapas com os resultados utilizando o software *Arcgis* 9.3.

## RESULTADOS

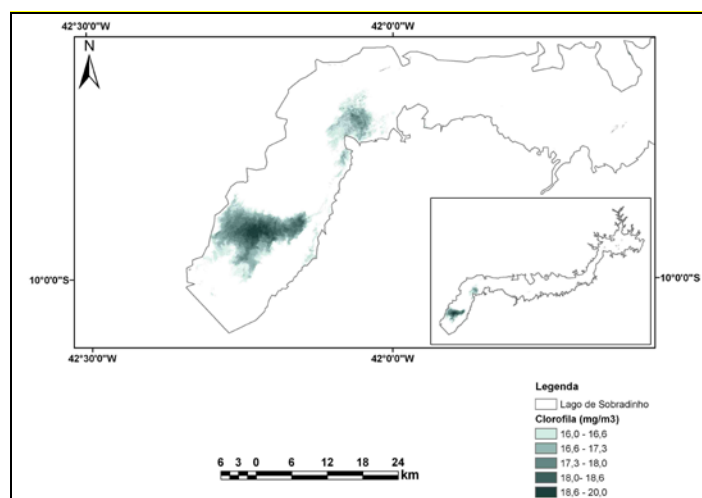
O mosaico na composição colorida 3R2G1B das imagens de satélite da área de estudo pode ser visto a seguir (Figura 2).



**Figura 2: Mosaico 3R2G1B do lago de Sobradinho-BA.**

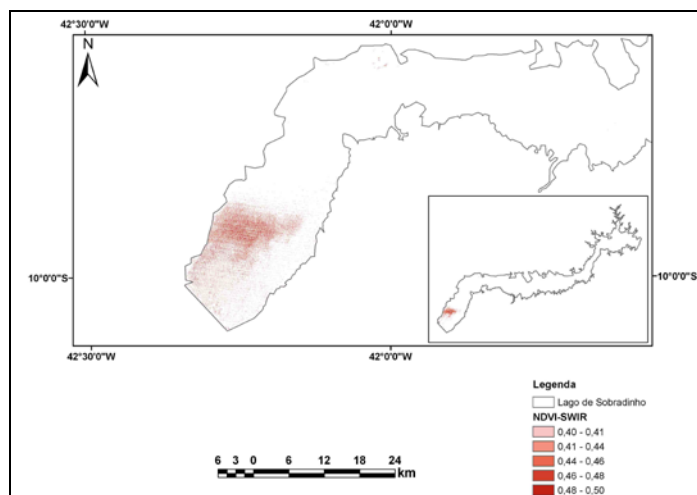
A implementação da metodologia apresentada possibilitou a geração de um mapa de distribuição espacial de clorofila-a a partir de valores de níveis digitais das bandas TM para o lago de Sobradinho (Figura 3).

Pode-se verificar uma grande concentração de clorofila-a na parte sudoeste do lago, que está em destaque na figura. Há também na região nordeste valores dentro das classes identificadas, pois existem pontos que coincidem com pequenas ilhas presentes no lago. Esse resultado se deve à vegetação das ilhas e não à presença de algas no lago.



**Figura 3: Distribuição de clorofila-a em superfície a partir de dados TM/Landsat.**

A distribuição do NDVI\_SWIR na área de estudo está representada no mapa da Figura 4.



**Figura 4: Distribuição do NDVI\_SWIR em superfície a partir de dados TM/Landsat.**

O mapa gerado com a aplicação do NDVI\_SWIR apresentou uma reflectância maior em algumas áreas devido à presença de clorofila na água. Ao analisar os dois resultados, clorofila-a e NDVI-SWIR, percebe-se que há pontos de sobreposição entre os mesmos, o que reafirma que a parte sudoeste do lago é uma potencial área de eutrofização.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Tendo em vista as grandes dimensões do lago de Sobradinho, as imagens TM/Landsat-5, de média resolução espacial, se mostraram eficientes para as análises de monitoramento de potenciais áreas de eutrofização. Por serem disponibilizadas gratuitamente pelo INPE, elas se tornam, pela aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, uma importante ferramenta para o monitoramento de grandes corpos d'água.

A partir da comparação dos resultados encontrados, identificou-se que uma parte da região sudoeste do lago pode estar eutrofizada. Esta informação é de grande auxílio aos órgãos gestores de recursos hídricos no direcionamento de equipe técnica e recursos para medir, quantificar e intervir em locais específicos, dadas as dificuldades impostas pelas grandes dimensões do lago.

As possíveis áreas eutrofizadas devem estar associadas à considerável atividade agrícola existente ao redor do lago, onde os compostos de correção dos solos, principalmente a base de nitrogênio e fósforo, devem estar sendo carregados para o lago, tanto através da água superficial advinda da chuva, quanto pela água subterrânea que adquiriu estes elementos durante o processo de infiltração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, G. M. M., Neto M. D. A. O processo de eutrofização artificial no Lago de Paranoá, Brasília, DF. Geonomos, p. 31-39. 1992.
2. COSTA, B. D. F., PESSÔA, M. N. C., LIMA, A. E., PRADO, M D, C., SANTOS, T. C. P., ANTONELLO, M. M. B., CALADO, N. A. V., SEVERI, E. Influência do Ciclo Hidrológico do Reservatório de Sobradinho sobre a Carga de Fósforo Total. 2008.
3. COSTA, M. P. F., GALVÃO S. M. G., NOVO, E. M. L. M. Quantificação Espacial de Clorofila-a na Água do Mar Utilizando Dados do Sensor TM/Landsat-5: região costeira de Ubatuba-SP. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 1998. Anais IX INPE. p. 805-816. 1998.
4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio São Francisco e sub-bacias do oeste baiano e Sobradinho. 1994.

5. IAMAMOTO, C., SUGA, Y., OGURO, S. T., Extraction of Vegetation Indices of Rice Fields by Landsat-7 ETM+ / Landsat-5 TM Data. Proc. of the 30<sup>th</sup> Conf. of Remote Sensing Society of Japan. p. 117-118. 2001.
6. JUNGES A. H., ALVES, G., FONTANA D.C, Estudo Indicativo do Comportamento do NDVI e EVI em Lavouras de Cereais de Inverno na Região do Estado do Rio Grande do Sul. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2007 Anais XIII INPE. p. 241-248. 2007.
7. NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo. Blucher, p 232. 2008.