

ESTIMATIVA DA TRANSPARENCIA DA ÁGUA EM UMA ÁREA PILOTO DO RESERVATÓRIO ITAIPU POR MEIO DE DADOS DO SENSOR OLI/LANDSAT-8

Gustavo Rodrigues Toniolo ¹, Joceli Augusto Gross ², William Gaida ², Douglas Stefanello Facco ¹,
Felipe Correa dos Santos ², Waterloo Pereira Filho ²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 – Campus do Vale
91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
{gustavotoniolo1; douglas.s.facco}@gmail.com;

²Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000 – Campus Sede
97105-900 – Santa Maria – RS, Brasil
{joceliaugusto; ufsm.william; felipecorrea.geo}@gmail.com

RESUMO

A avaliação da água a partir de dados coletados in situ e sua relação com dados de imagens de satélite possui grande importância e podem auxiliar na estimativa de variáveis relacionadas a qualidade das águas em compartimentos aquáticos de lagos e reservatórios inacessíveis. O objetivo desta pesquisa foi analisar a relação entre a reflectância espectral e a transparência da água, para a geração de um modelo empírico de estimativa deste parâmetro óptico. A coleta de dados de transparência da água foram conduzidas em uma área piloto do reservatório de Itaipu. Posteriormente, foram realizadas análises de correlação entre a reflectância e os dados de transparência e gerado o modelo de regressão linear simples. O coeficiente de determinação ajustado de 0,91, sendo o coeficiente e o intercepto significativos (p-valor 0,05). O modelo gerado indica que a transparência da água pode ser quantificadas remotamente.

Palavras-chave — sensoriamento remoto, disco de Secchi, modelo empírico, reflectância, imagem de satélite.

ABSTRACT

The evaluation of water from data collected in situ and its relation with satellite images data have great importance and can help in the estimation of related variables to water quality in aquatic compartment of lakes and inaccessible reservoirs. The objective of this research was to analyze the relationship between spectral reflectance and water transparency, to generate an empirical model to estimate this optical parameter. The water transparency data collection was conducted in a pilot area of the Itaipu reservoir. Subsequently, correlation analyzes were performed between reflectance and transparency data and the simple linear regression model was generated. The adjusted coefficient of determination was 0.91, with the coefficient and the intercept being significant (p-value 0.05). The generated model indicates that the transparency of water can be quantified remotely.

Key words — Remote sensing, Secchi disk, empirical model, reflectance, satellite image.

1. INTRODUÇÃO

A transparência da água varia em função das concentrações de partículas em suspensão na coluna de água, incluindo compostos dissolvidos, fitoplâncton e materiais particulados orgânicos e inorgânicos, que absorvem e dispersam a luz incidente [1,2]. Devido as suas relações com as referidas variáveis, ela pode ser usada em ambientes aquáticos como um indicador da qualidade da água [3,4,5].

A transparência da água é comumente mensurada por meio da profundidade do disco de Secchi (Z_{DS}) [1,2,3]. O disco de Secchi é um disco branco intercalado com linhas pretas de diâmetro de 30 cm que é baixado na vertical para o interior do plano horizontal da água até que desapareça da vista do usuário que o manuseia, geralmente é utilizada para medir visualmente a clareza das águas naturais [6].

A quantidade de partículas em suspensão na água pode relacionar-se com a quantidade de radiação refletida pela mesma, o que pode ser verificado em imagens de satélite. Neste sentido, com a gama cada vez maior de sensores orbitais imageando grandes extensões de terra, o monitoramento da qualidade da água *in situ* aliado a imagens de satélites podem auxiliar na estimativa de variáveis como a transparência da água em compartimentos aquáticos inacessíveis em lagos e reservatórios. Desta forma, uma base histórica de imagens pode permitir ao analista a realização de estudos espaço-temporais de corpos hídricos e com base em estimativas da transparência da água, derivar a qualidade da mesma.

O presente trabalho tem por objetivo analisar a relação entre a reflectância espectral de bandas do sensor OLI (Operational Land Imager) e a transparência da água, para a geração de um modelo empírico de estimativa deste parâmetro óptico em uma área piloto no reservatório Itaipu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na porção Sul do reservatório Itaipu englobando o corpo central e os braços localizados em território paranaense – Brasil (Figura 1). Os compartimentos aquáticos localizados na porção Leste mantêm limites a Norte com o município de Itaipulândia, a Leste com São Miguel do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu e a Sul com Foz do Iguaçu. A área compreendida pela lâmina de água, não incluindo os braços em território paraguaio, é de aproximadamente 320 km².

O reservatório Itaipu está localizado na fronteira Brasil-Paraguai entre 24° 05' S e 25° 33' S e entre 54° 00' W e 54° 37' W. É formado pela confluência dos rios Grande e Parnaíba (centro-sul do Brasil), fluindo no Rio da Prata, norte da Argentina. A bacia do rio Paraná é responsável por mais de 70% da produção de energia hidrelétrica no Brasil, possui a maior densidade populacional da América do Sul.

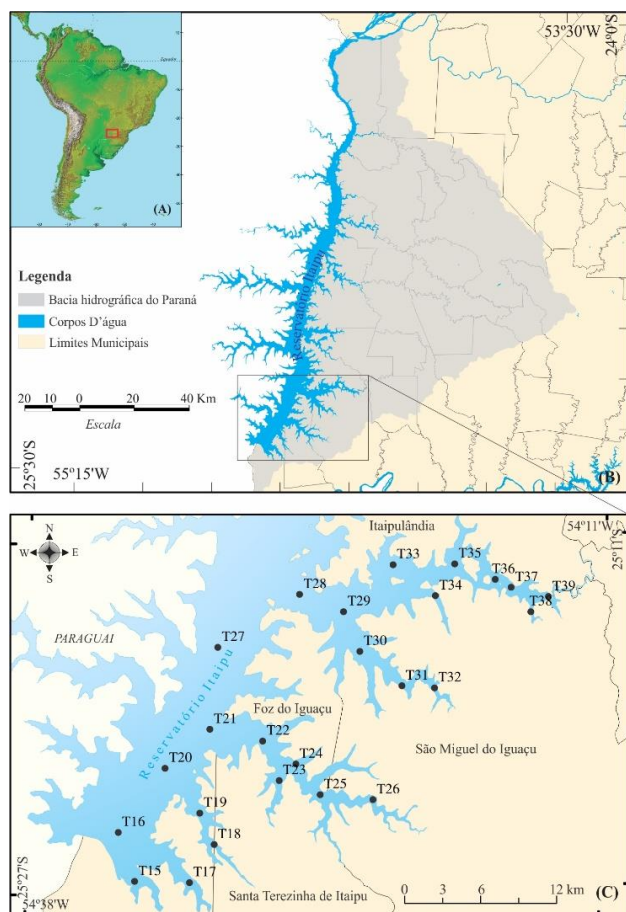


Figura 1. Localização da área de estudo em relação a (A) América do Sul, (B) ao reservatório de Itaipu e (C) a localização das estações amostrais.

2.2. Coleta de dados

Este trabalho faz parte de um projeto em parceria com a Itaipu Binacional, cujo objetivo é desenvolver metodologia para estimar o Índice de Estado Trófico (IET) da água em um compartimento aquático do reservatório de Itaipu a partir de dados de sensoriamento remoto. As datas de campanhas de campo para a coleta de dados limnológicos *in situ* foram planejadas de forma a ser comcomitante com a passagem do satélite Landsat-8.

Este trabalho contemplou dados de transparência da água referentes a campanha de campo realizada, pela equipe de Itaipu, no dia 13 de julho de 2017. No total foram definidas 20 estações amostrais. A transparência foi medida com a profundidade do disco de Secchi, um disco branco que é introduzido na água gradualmente até desaparecer da vista do observador, a transparência medida, dependendo das condições da água, pode variar de alguns centímetros a dezenas de metros.

Utilizou-se dados do sensor OLI, a bordo do satélite Landsat-8, referente a órbita-ponto 224/077. A imagem adquirida refere-se ao campo realizado no dia 13 de julho de 2017.

Os dados foram adquiridos por meio do serviço de distribuição sob demanda de dados de reflectância de superfície do Landsat-8 OLI/TIRS por meio do *Earth Explorer*. Os produtos Reflectância de Superfície são gerados no *Earth Resources Observation and Science* (EROS), em uma resolução de 30 metros. A interface sob demanda da *EROS Science Processing Architecture* (ESPA) corrige os efeitos atmosféricos nas imagens para criar produtos com dados de nível 2. As imagens são processadas pelo código de transferência radioativa *Landsat Surface Reflectance Code* – LaSRC [7,8].

2.3. Modelo empírico

Para se avaliar a relação entre os dados de reflectância espectral das bandas do sensor OLI e obtidos pelo disco de Secchi, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre a transparência da água e a reflectância para cada uma das bandas do sensor. Foram escolhidas para o cálculo de regressão as bandas que apresentaram as melhor correlação com a transparência da água.

O modelo de regressão foi obtido a partir de modelagem linear. Foram calculados os coeficientes de determinação R² e realizada análise de variância (teste ANOVA). Para o cálculo do modelo de regressão linear, foram utilizado uma amostra aleatória equivalente 70% dos dados da amostra inicial, em seguida foi realizada a validação dos modelos empregando-se 30% dos dados restantes. Esse procedimento foi importante para se evitar falhas e resultados tendenciosos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das medidas de transparência da água nas estações amostrais é apresentada na Tabela 1. A partir dos dados coletados no campo do dia 13 de julho de 2017

observou-se que a transparência média da água foi de 1,46 m, sendo que os valores mais baixos verificados na parte sul da área de estudo e os mais altos na entrada do braço que corresponde ao rio Ocuí e na estação amostral T26, onde comumente se há maiores quantidades de material em suspensão.

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos dados de transparência coletados em 13 de julho de 2017.

Campo	N	Mín	Máx	Média	CV (%)
13/07	20	0,6	2,4	1,46	42,77

A Tabela 2 apresenta o resultado da correlação de Pearson (ρ) entre os valores de transparência da água e os dados de reflectância obtidos das bandas do sensor OLI. As bandas do verde (B3) e vermelho (B4) foram as que tiveram os melhores resultados de correlação, resultados semelhantes também foram encontrados por [9].

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (ρ) das bandas do sensor OLI e a transparência da água.

Bandas	Faixa de comprimento de onda (nm)	ρ de Pearson
Sensor OLI		
B1	420 – 450	-0,791
B2	450 – 510	-0,824
B3	530 – 590	-0,933
B4	640 – 670	-0,956
B5	850 – 880	-0,634

Na Figura 2, estão expostos os dados de reflectância das bandas B3 e B4 do sensor OLI e transparência da água. Nestes dados, verifica-se a covariação, o que permitiu os melhores ajustes lineares entre as variáveis.

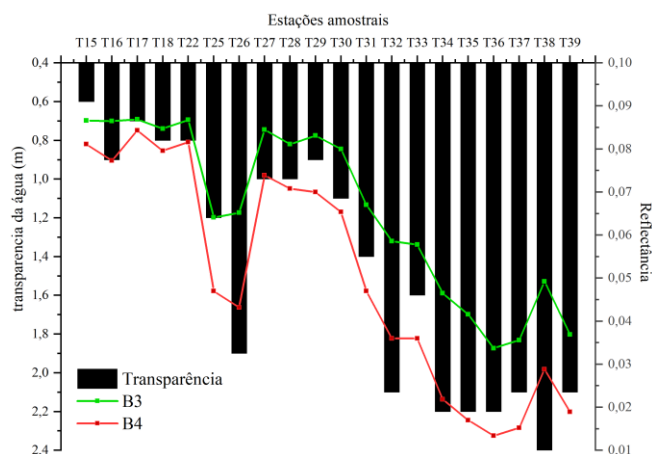


Figura 2. Variação da reflectância espectral das bandas B3 (Verde) e B4 (Vermelho) do sensor OLI/Landsat-8 e da profundidade do disco de Secchi.

O modelo obtido a partir da relação entre as medidas de transparência e a reflectância da banda 4 (Equação 1) possui

um coeficiente de determinação ajustado de 0,91, sendo o coeficiente e o intercepto significativos (p -valor 0,05).

$$y = -23,7174 * (\rho_{654}) + 2,7028 \quad (1)$$

O teste de validação do modelo mostrou um coeficiente de determinação ajustado de 0,93, sendo este modelo significativo (p -valor 0,05) para a estimativa da transparência da coluna de água.

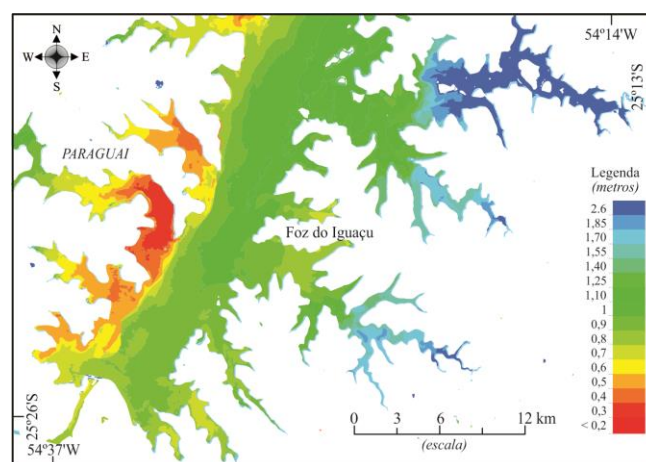


Figura 3. Espacialização da transparência da água pelos modelos de regressão desenvolvidos a partir de dados de referência de campo em 13 de julho de 2017 no setor Sul do reservatório de Itaipu.

A partir da validação dos modelos foi realizada a espacialização da transparência da água na área de estudo. Não se tratam de estimativas exatas, mas que, no entanto, representam as variações espaciais da transparência da água no setor Sul do reservatório de Itaipu para 13 de julho de 2017, a partir de dados de referência coletados pontualmente sobre o mesmo na referida data.

5. CONCLUSÕES

O modelo gerado para a variável transparência da água apresentaram-se confiáveis, indicando que esta variável pode ser quantificada remotamente por meio de sensores remotos orbitais. A área de estudo apresentou transparência heterogênea principalmente nos braços do reservatório. O modelo empírico usado para a estimativa da transparência por meio de dados do sensor OLI são gerados somente com dados coletados no campo, neste sentido são funcionais dentro do contexto para o qual eles foram criados.

6. REFERÊNCIAS

[1] Kirk, J.T.O., Light & photosynthesis in aquatic ecosystems, 3 ed. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 662, 2011.

[2] Tundisi, J. G.; Tundisi, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 631p, 2008.

[3] Carlson, R.E., A trophic state index for lakes, *Limnology and Oceanography*, n. 22, pp. 361-80, 1977.

[4] Preisendorfer, R.W., Secchi disk science: visual optics of natural Waters, *Limnology and Oceanography*, n. 31, pp. 909–926, 1986.

[5] Liu, J.; Sun, D.; Zhang, D. e Li, Y., Pre-classification improves relationships between water clarity, light attenuation, and suspended particulates in turbid inland Waters, *Hydrobiologia*, n. 711, pp. 71–86, 2013.

[6] Tyler, J.E., The secchi disc, *Limnology and Oceanography*, n. 13, pp. 1–6, 1968.

[7] Vermote, E.; Justice, C.; Claverie, M. e Franch, B., Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product, *Remote Sensing of Environment*, n. 185, pp. 46–56, 2016.

[8] USGS - United State Geological Survey, Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product, Guide, 2018.

[9] Guimarães, V.S.; Curtarelli, M.P.; Franco, D. e Silva, V.E.C., Desenvolvimento de modelo empírico para determinação da transparência de Secchi na Lagoa da Conceição-SC, a partir de imagens multiespectrais do sensor Operational Land Imager (OLI) Landsat-8, *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, n. 20, pp. 1-8, 2017.