

ESPACIALIZAÇÃO DE PARÂMETROS BIOFÍSICOS EM PARTE DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO.

Helio Leandro Lopes¹, Suzana Montenegro², Maria do Carmo Sobra², Luciano José de Oliveira Accioly³, Ana Lucia Bezerra Candeias⁴

RESUMO: O presente trabalho visa aplicar imagens de satélite na espacialização de parâmetros biofísicos como o índice de vegetação da diferença normalizada – NDVI, temperatura da superfície e albedo no reservatório de Sobradinho-BA. Foi analisada a variabilidade espacial dos parâmetros aplicados, possibilitando visualizar as diferenças existentes na refletância da superfície da água, bem como do NDVI, temperatura e albedo. Para isso foi processada uma imagem Landsat TM 5, de 15 de novembro de 2008, utilizando o SPRING 5.0. As equações dos parâmetros foram modeladas em linguagem LEGAL. Conclui-se que os modelos biofísicos aplicados têm uma variabilidade espacial no lago, que pode ocasionar em diferença na determinação de outros como a evaporação do lago.

Palavras chaves: NDVI, Temperatura da superfície, Albedo

ABSTRACT: This work aims to apply satellite images for spatialization of biophysical parameters as the normalized difference vegetation index - NDVI, albedo and surface temperature in the reservoir located in Sobradinho-BA. It was examined the spatial variability of the parameters applied, allowing viewing the differences in reflectance of surface water, and the NDVI, temperature and albedo. For this, it was processed Landsat TM 5, November 15, 2008, using the Spring 5.0. The equations of the parameters were modeled in legal language. It was conclude that the biophysical models used have a spatial variability in the lake, which may result in differences in the determination of others as the evaporation of the lake.

Key words: NDVI, Surface temperature, Albedo

1) Professoror assistente da UNIVASF, CEAGRO, Av. José de Sá Maniçoba s/n, 56305-240 Petrolina-PE. E-mail helio.lopes@univasf.edu.br

2) Professora associada da UFPE, CTG, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, 51000-000 Recife-PE. E-mail suzanam@ufpe.br

3) Pesquisador da Embrapa, UEP, Rua Antônio Falcão s/n, 51000-000 Recife-PE. E-mail ojoaccioly@hotmail.com

4) Professora associada da UFPE, DeCart, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, 51000-000 Recife-PE. E-mail analucia@ufpe.br

1. INTRODUÇÃO

A espacialização da evaporação da superfície de lagos tem sido realizada através de dados pontuais utilizando-se de equações e métodos clássicos (Pereira et. al., 2008; Roque & Sansigolo, 2001). Esses métodos utilizam os dados de estações meteorológicas ou tanque classe A para posterior extrapolação para superfície total da água. Para espacializar essas informações em toda área, considerando as variações da superfície da água, utiliza-se de dados de sensoriamento remoto em que cada pixel representa as características daquela área. O sensoriamento remoto vem sendo utilizado para estimar tanto a evapotranspiração quanto a fração evaporativa para o balanço total radiação (Wang, et. al., 2006, colocar outras citações). Para estimar estas variáveis Wang, et. al., (2006), utilizaram a inércia termal, a temperatura da superfície (LST) e o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) obtidos de imagens de satélite. Segundo Basso (2000), as mudanças ocorridas na bacia de contribuição de um dado lago causam tanto alterações no ciclo hidrológico, como alterações na evaporação da superfície deste lago. Conforme Kloiber et. al. (2002) e Wu et. al. (2007), na ausência de dados de campo, dados de sensoriamento remoto oriundo de satélite podem ser usados para monitorar o nível de clareza da água. Esses dados podem ser usados para identificar diferenças espaciais, acessar o *status* regional do lago, examinar tendências regionais, e investigar a relação entre a paisagem e a qualidade da água. Segundo Becker & Daw (2005), a morfologia e a limpidez da água causam alterações na avaliação da evaporação quando esta é estimada pelas variáveis temperatura e NDVI, extraídas de sensores orbitais. Segundo os mesmos autores dados de satélite na região do termal podem ser utilizados para cálculo do balanço de calor e da evaporação em lagos; sendo a temperatura da superfície da água utilizada para uma variedade de estudos (Sentlinger et al., 2008). Estudos realizados por Crosman & Corel (2009), concluem que dados de satélite de vários anos, nesta região do espectro, podem ser utilizados para monitorar variações espaciais diurnas, entre estações e anual na temperatura da superfície da água em lagos. Com base nas medições realizadas por satélite é possível se estabelecer relações com parâmetros associados à qualidade da água avaliando sua influência na evaporação, principalmente em reservatórios das regiões áridas e semiáridas onde são raras as medições *in situ* (Townsend, 2002). Nesse intuito, esse trabalho propõe o estudo de parâmetros biofísicos no lago de sobradinho, com base em imagens de satélite, verificando sua variabilidade espacial na superfície da água. Os parâmetros modelados foram: NDVI, albedo e temperatura da superfície. Em superfícies de lagos de grande porte esses parâmetros variam de acordo com a complexidade das suas bacias de contribuição e de acordo com a profundidade do lago.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

O local de estudo é o lago da represa de sobradinho que, formado em 1979. Este lago possui superfície de 4.214 km² e evaporação líquida de 132 m³s⁻¹. Sendo um dos maiores do mundo, serve como reservatório de regularização plurianual de vazão do Rio São Francisco. O reservatório de Sobradinho se localiza no Estado da Bahia, a cerca de 40 km à montante das cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) (Pereira et. al., 2008). Para o presente estudo, a área abrange as coordenadas geográficas 42° 31' 57" e 41° 04' 33" de longitude oeste, e 9° 50' 43" e 9° 18' 16" de latitude sul (Figura 1).

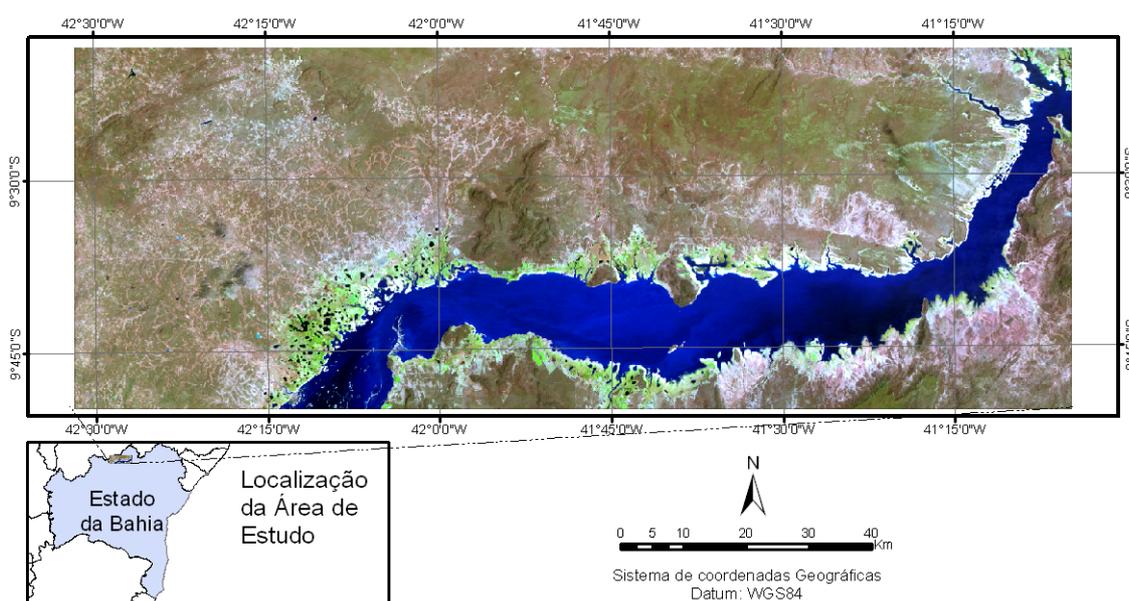


Figura 1. Localização da área de estudo: parte do lago de Sobradinho. Imagem Landsat TM, composição colorida 5R, 4G e 3B.

2.2 Processamento de dados orbitais

As informações de parâmetros biofísicos do lago de sobradinho foi gerada a partir de imagens Landsat TM de 15 de novembro de 2008, com cena referente a órbita/ponto 218/66. A primeira etapa consistiu em calcular a radiância espectral (L_i) para as bandas necessárias na geração dos parâmetros mapeados. Foi gerada as imagens da radiância para as bandas de 1 a 7, de acordo com a equação:

$$L_i = L_{\min_i} + \left(\frac{L_{\max_i} - L_{\min_i}}{255} \right) \times ND \quad (1)$$

onde: L_{max_i} e L_{min_i} são coeficientes de calibração para o sensor TM, e ND é o valor digital do pixel.

Os coeficientes de calibração estão disponíveis no arquivo “header” para as imagens do sensor landsat TM. A banda 6 representa a faixa do termal (10 a 12,5 μm), utilizada na determinação de características termais do lago.

Após a determinação da radiância, foi realizada a correção atmosférica pelo método da atmosfera tropical disponível no FLAASH ENVI 4.0. Com a imagem corrigida, determinou-se a reflectância para as bandas de 1 a 5 e 7, pela fórmula seguinte:

$$r = \frac{\pi \times L_i \times d^2}{E_{sun_i} \times \cos^2 \theta} \quad (2)$$

onde: L_i é a radiância espectral para a banda i ; d é a distância Sol-Terra; E_{sun_i} é a radiância solar espectral no topo da atmosfera; θ é o ângulo zenital solar.

Com as imagens de reflectância para as bandas do visível e infravermelho próximo, e de radiância para a banda 6, realizou-se a determinação dos parâmetros NDVI, emissividade, albedo e temperatura da superfície do lago, conforme descrito no item a seguir.

2.3 Determinação dos parâmetros

O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi determinado pelas bandas no vermelho e infravermelho próximo de acordo com a equação (1) (QI *et al.*, 1994),

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (3)$$

onde ρ_{NIR} é a reflectância no infravermelho próximo e, ρ_{RED} é a reflectância no vermelho.

Quanto a temperatura da superfície, em radiância, foi utilizada a banda do termal aplicando a Equação (4) (BASTIAANSEN e BAKKER, 2000). A emissividade foi modelada pela Equação (3), em que o NDVI é o parâmetro de entrada (BASTIAANSEN e BAKKER, 2000), dessa forma será buscado o melhor ajuste do modelo para o bioma caatinga através de dados de campo obtidos por sensor de temperatura do solo e imagens orbitais.

$$T_{rad} = \frac{1260}{\ln\left(\frac{61,6}{L_{TM6}} + 1\right)} \quad (4)$$

onde:

T_{rad} = Temperatura da superfície (K);

L_{TM6} = Radiância termal;

Em relação ao albedo, será determinado pela Equação (5) (BASTIAANSEN e BAKKER, 2000), utilizando imagens de satélite, para ser combinado com os dados de campo coletados através de dois piranômetros.

$$r_o = \frac{r_p - r_a}{\tau_{sw}} \quad (5)$$

onde:

r_o : albedo da superfície;

r_p : reflectância planetária (soma da multiplicação da reflectância de cada banda pelo seu peso);

r_a : reflectância da atmosfera (0,03);

τ_{sw} : transmitância atmosférica, determinada pela iteração com o pixel mais escuro (água).

No caso de imagens TM a reflectância planetária é determinada pela equação seguinte:

$$r_p = 0,29 * b1 + 0,27 * b2 + 0,23 * b3 + 0,16 * b4 + 0,03 * b5 + 0,01 * b7 \quad (6)$$

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O albedo da superfície da água do lago de sobradinho variou de 0,05 a 0,11. Observou-se que o menor valor localiza-se em lagoas na margem do lago que devido não está em sua capacidade máxima não se encontram totalmente submersas. O valor correspondente a 0,11 foi observado no próprio lago e pode ser atribuído a águas turvas e rasas (Figura 2).

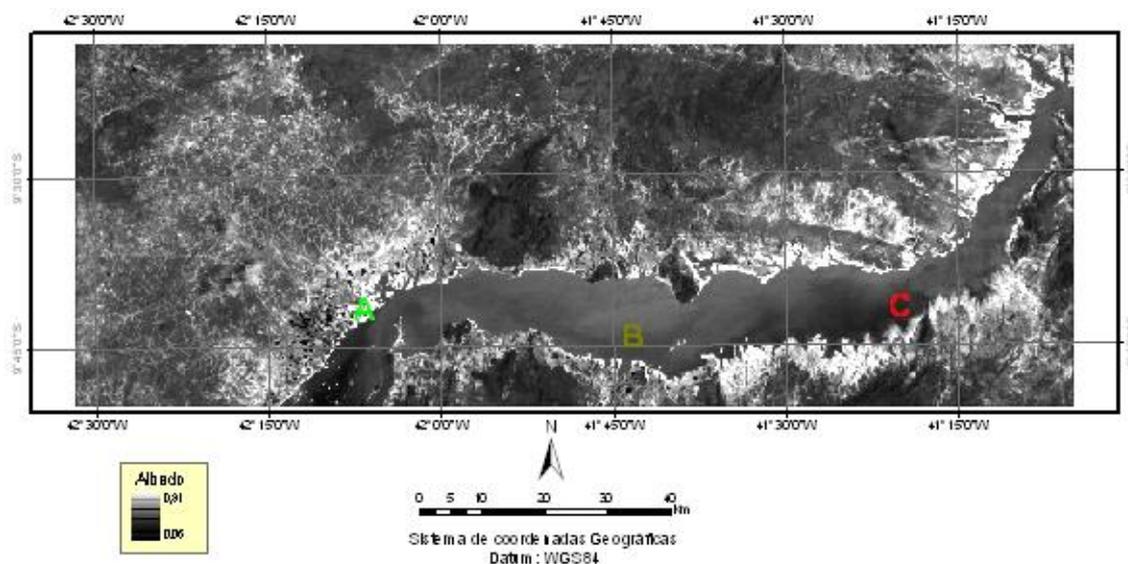


Figura 2. Imagem do albedo para o Lago de Sobradinho.

Os pontos localizados na imagem da Figura 2, representam pontos distintos em relação a resposta espectral da água, bem como em relação aos parâmetros biofísicos analisados. O ponto A, representa uma lagoa na margem do lago de sobradinho e sua resposta espectral encontra-se na Figura 3. Percebe-se uma curva com maior horizontalidade e baixa reflectância indicando, apesar

do pequeno pico na banda 4, água mais pura (Li et al., 2003). O ponto B representa a curva espectral no centro do lago, onde observa-se um pico maior na banda 2 (verde) que na banda 3 (vermelha), indicando as maiores reflectâncias. Essas características são peculiares de águas impuras devido às presenças, principalmente, de clorofila (pico na banda 2) e de sedimentos (pico na banda 3) (Oron & Giltelson, 1996). O ponto C localizado na parte leste do lago, e mais próximo da margem, tem na sua curva espectral (Figura 3), um pico na banda 2 (verde) indicando presença de clorofila e baixa quantidade de sedimentos suspensos.

Em relação aos parâmetros albedo, temperatura da superfície da água e NDVI, foram obtidos os valores de 0,052, 0,108 e 0,086, para o albedo, referente aos pontos A, B e C, respectivamente, de 22,03, 13,37 e 12,90 °C, para a temperatura da superfície da água, referente aos pontos A, B e C, respectivamente e de 0,086, -0,322 e -0,111, para o NDVI, referente aos pontos A, B e C, respectivamente.

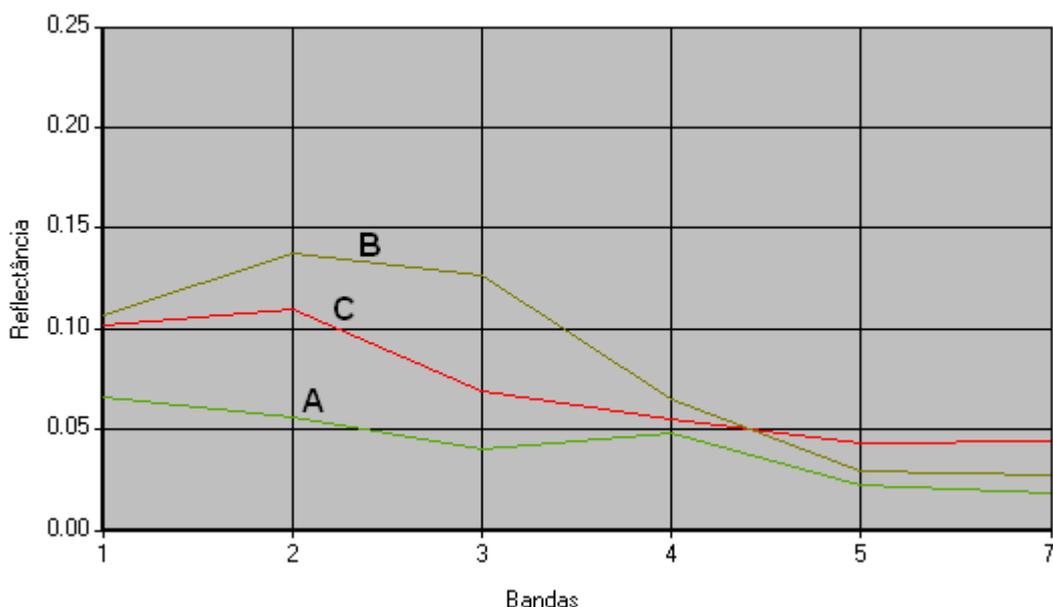


Figura 3. Perfil espectral dos três pontos localizado no lago de sobradinho mostrados na Figura 2. A) Água limpa. B) ponto com maior impureza na água. C) curva espectral localizado na parte leste do lago mostrando um pico de reflectância na banda 2 (verde).

Na Figura 4, é exibida a espacialização da temperatura da superfície de abrangência do lago com uma variação de 10,84 a 22,03 °C, onde a menor temperatura pode ter ocorrido para águas mais puras e de maior profundidade. A maior temperatura ocorreu para um pixel de uma lagoa próxima que pertence ao lago (ponto A).

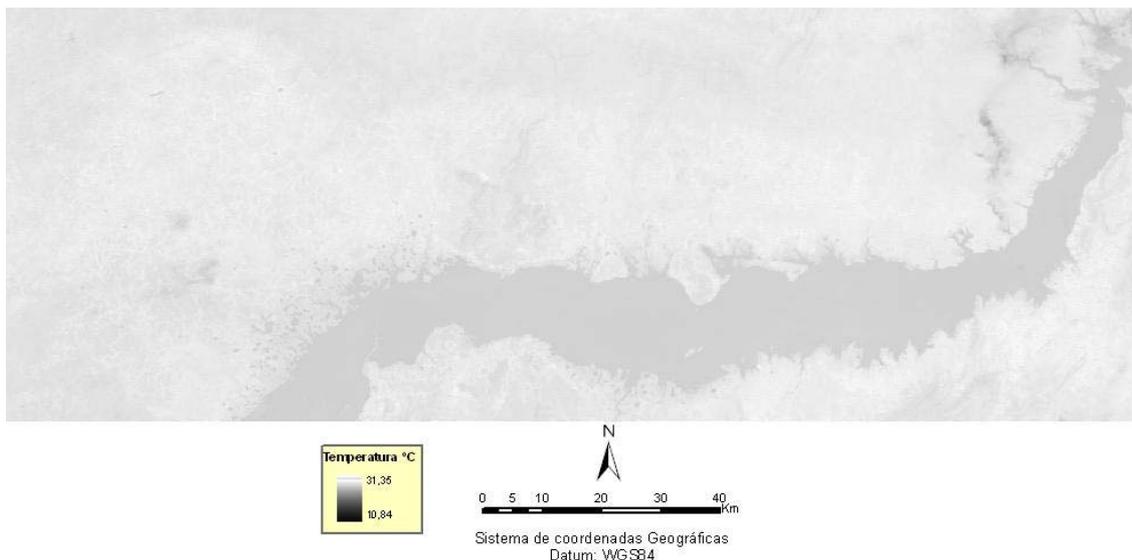


Figura 4. mapa da temperatura da superfície, gerado a partir da banda do termal.

O NDVI variou de 0,52 a -0,49 conforme Figura 5, sendo que para o lago de sobradinho variou de 0,086 a -0,390, e conforme a Figura 2 o ponto com maior NDVI foi o A, que pode ser devido a uma pequena profundidade ou presença de clorofila. O menor NDVI foi obtido para o ponto B, que pode ter sido pela ocorrência de materiais suspensos como pode ser visto pela figura 3, onde percebe-se uma maior refletância no vermelho que no infravermelho próximo.

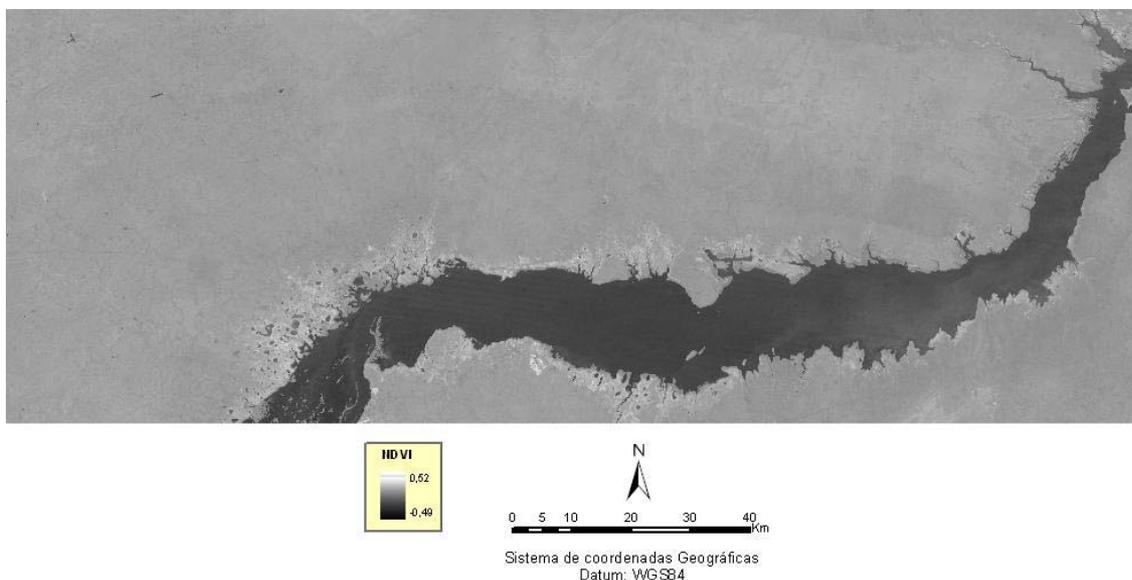


Figura 5. esboço da variabilidade espacial do NDVI da superfície do lago.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado pelas imagens dos parâmetros biofísicos e pelo gráfico do perfil espectral de três pontos da superfície da água, há uma variabilidade dos parâmetros analisados em termos de valores, bem como referente a resposta espectral em função da sua variabilidade espacial, relacionada também a qualidade da água. Dessa forma conclui-se que há uma grande importância

do sensoriamento remoto na espacialização da variabilidade de parâmetros biofísicos de reservatórios. Essa variação foi perceptível no NDVI, Albedo e Temperatura da superfície do lago, bem como na caracterização da curva espectral para três pontos exibindo a variabilidade das características da água do reservatório. Diante do exposto, vale ressaltar a necessidade de pesquisas para explicar como essa variação pode interferir na evaporação do lago, já que os parâmetros analisados são variáveis de entrada em modelos de evaporação.

5. REFERÊNCIAS

BASSO, E. Alteration of the water balance of lakes. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2000 5: 5–9

BASTIAANSEN, W. & BAKKER, M. Use of satellite data in agricultural water management. EMBRAPA semi-árido. 2000.

BECKER, M. W. & DAW, A. Influence of lake morphology and clarity on water surface temperature as measured by EOS ASTER. *Remote Sensing of Environment* 99 (2005) 288 – 294.

CORREIA, M. F.; DIAS, M. A. F. S. Variação do nível do reservatório de Sobradinho e seu impacto sobre o clima da região. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.1, p.157-168, 2003.

KLOIBER, S. M.; BREZONIK, P. L.; Bauer, M. E. Application of Landsat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. *Water Research*. 36: 4330-4340. 2002.

LI, R.-R.; KAUFMAN, Y. J.; GAO, B.-C.; Davis C. O. Remote Sensing of Suspended Sediments and Shallow Coastal Waters. *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, VOL. 41, nº. 3, 2003.

ORON G. & GITELSON A. Real-Time Quality Monitoring by Remote Sensing of Contaminated Water-Bodies: Waste Stabilization Pond Effluent. *Wat. Res. Vol. 30, nº. 12*, pp. 3106-3114, 1996.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. DA; & RAMOS, M. M. Evaporação líquida no lago de Sobradinho e impactos no escoamento devido à construção do reservatório1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.3, p.346–352, 2009.

QI J., CHEHBOUNI A., HUETE A. R., KERR Y. H., SOROOSHIAN S. A. Modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing Environment*. 48:119-126. 1994.

ROQUE, R. O.; SANSIGOLO, C. A. Estimativas de evaporação do lago Taquaruçu, SP pelo modelo conceitual de Morton. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n.1, p.21-28, 2001.

SENTLINGER, G. I.; HOOK, S. J.; LAVAL, B. Sub-pixel water temperature estimation from thermal-infrared imagery using vectorized lake features. *Remote Sensing of Environment* 112 (2008) 1678–1688.

TOWNSEND, S. A. Seasonal evaporative concentration of an extremely turbid water-body in the semiarid tropics of Australia. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2002 7: 103–107.

WANG, K.; LI, Z.; CRIBB, M. Estimation of evaporative fraction from a combination of day and night land surface temperatures and NDVI: A new method to determine the Priestley–Taylor parameter. *Remote Sensing of Environment* 102 (2006) 293–305

WU, G; LEEUWA, J. DE; SKIDMOREA, A. K; PRINSB, H. H. T; LIU Y. Concurrent monitoring of vessels and water turbidity enhances the strength of evidence in remotely sensed dredging impact assessment. *Water Research*. 41: 3271-3280. 2007.