



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS AGRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE MARACAJU, MS

Aline Alves **Lopes**¹; Thiago Vasconcelos **Duenha**²; Ricardo Guimarães **Andrade**³; Antônio Heriberto de Castro **Teixeira**⁴; Janice Freitas **Leivas**⁵

Nº 14501

RESUMO - *As técnicas de sensoriamento remoto têm sido fundamentais em estudos de mudanças de uso e ocupação das terras, por exemplo, e para fornecer informações relevantes para auxiliar o estabelecimento de um manejo racional dos recursos naturais. Este estudo objetivou aplicar o algoritmo Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER) juntamente com dados do sensor MODIS e de medições meteorológicas, com intuito de analisar espaçotemporalmente a evapotranspiração (ET) em áreas de produção agrícola no Município de Maracaju, MS. As estimativas de ET variaram dentro de cada classe de uso e cobertura das terras, com os menores valores de ET observados nos meses de fevereiro, outubro e novembro. Esses baixos valores de ET em áreas agrícolas podem ter sido influenciados pelos períodos de plantio e colheita da soja.*

Palavras-chaves: Agricultura, evapotranspiração, sensoriamento remoto, Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER).

¹ Autora, Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, Unicamp, Campinas-SP; aline.alveslopes@yahoo.com.br.

² Colaborador, Bolsista Embrapa: Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUCC, Campinas-SP.

³ Orientador, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP; ricardo.andrade@embrapa.br.

⁴ Colaborador, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

⁵ Colaboradora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.



ABSTRACT - *Remote sensing techniques have been essential in studies on land use and land cover changes, for example, and provide relevant information to aid the rational use of natural resources. This study aimed to apply the Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER) along with MODIS images and meteorological measurements in order to spatiotemporally analyze evapotranspiration (ET) in agricultural production areas at the municipality of Maracaju, MS, Brazil. ET estimates varied within each land-use and land-cover class, and the lowest ET values were observed in February, October and November. These low ET values in agricultural areas may have been influenced by the planting and harvesting periods of soybean crops.*

Key-words: Agriculture, evapotranspiration, remote sensing, Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER).

1 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) pode ser definida pela perda total de água do sistema solo-planta para a atmosfera a partir da combinação dos processos de evaporação e transpiração (PEREIRA et al., 2013). O conhecimento da taxa evapotranspirativa das plantas é de fundamental importância para o manejo dos recursos hídricos de forma a contribuir racionalmente para o aumento da produção agrícola em áreas irrigadas. Entre suas aplicações, destacam-se cálculos de balanço hídrico, perdas de água em reservatórios e modelagens hidroclimatológicas (LIMA et al., 2014).

A ET apresenta grande variação no espaço e no tempo, e até mesmo as formas mais avançadas de estimá-la, com o auxílio de torres em sistemas de covariância de vórtices turbulentos, não seria a melhor forma de avaliá-la numa escala regional. Nesse caso, as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência, pois permitem estimar a ET em grandes áreas sem que seja necessário quantificar outros processos hidrológicos (ANDRADE et al., 2010). Essas estimativas são feitas por meio de imagens de sensoriamento remoto, com a aplicação de algoritmos e modelos (ANDRADE et al., 2014), com destaque para Surface Energy Balance Algorithm for Land – SEBAL – (BASTIAANSEN et al., 1998a, 1998b), o Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration – METRIC – (ALLEN et al., 2007a, 2007b) e o Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving – SAFER – (TEIXEIRA et al., 2013a).

O SAFER é um algoritmo que tem como vantagem o uso não obrigatório da banda termal e a possibilidade de aplicação com dados meteorológicos provenientes de diferentes tipos de estações (agrometeorológicas, convencionais e automáticas), característica essa importante por

possibilitar a avaliação das tendências históricas dos componentes do balanço de energia e da produtividade da água em larga escala ao longo dos anos, haja vista que sensores automáticos são avanços relativamente recentes na tecnologia instrumental (TEIXEIRA et al., 2013b). O presente estudo objetivou aplicar o algoritmo SAFER juntamente com imagens de satélite para analisar espaçotemporalmente a evapotranspiração em áreas de produção agrícola no Município de Maracaju, MS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange o Município de Maracaju, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), que se destaca por sua produção agrícola, principalmente o cultivo de soja. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical úmido), com precipitações médias anuais de 1.200 mm e temperaturas máxima e mínima de 33 °C e 19,6 °C, respectivamente. A região apresenta relevo levemente ondulado, com altitude média de 400 m (LOPES et al., 2012).

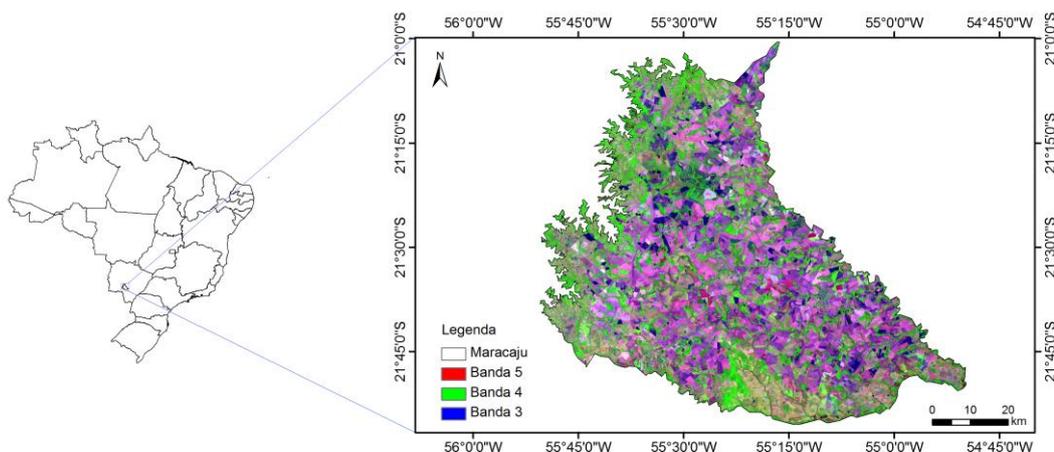


Figura 1. Localização do Município de Maracaju no Estado de Mato Grosso do Sul. Visualização da área de estudo na composição de bandas 5, 4, 3 (R, G, B) do Landsat 5 – TM no dia 21 de outubro de 2010. Fonte: Lopes et al. (2012).

Para a classificação do uso e cobertura das terras do Município de Maracaju, MS, foram usadas imagens Landsat 5 – TM dos dias 21/10/2010 e 20/07/2011 contendo as sete bandas espectrais e que foram obtidas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). As imagens foram registradas tendo por base o mosaico GeoCover 2000 da National Aeronautics and Space Administration – NASA – (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>). Essa etapa foi realizada com a utilização do software Envi 4.8. Para a classificação no ano de 2014, foi obtida do catálogo de imagens do United States



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Geological Survey – USGS – (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) uma imagem Landsat 8 do dia 02/02/2014. As imagens Landsat 8 são disponibilizadas já ortorretificadas. Posteriormente, foram iniciadas as etapas de classificação das imagens utilizando o software ERDAS IMAGINE 2011. As classes amostrais consideradas no mapeamento foram: agricultura, água, mata, pastagem e solo exposto. A partir dessas classes amostrais, foi feita a classificação supervisionada por meio do método da máxima verossimilhança. Para visualização dos alvos, foram realizadas composições de bandas, sendo que, na maioria dos casos, a composição RGB-453 foi a que melhor auxiliou na identificação e seleção das classes amostrais. De posse da classificação, foi possível obter a evapotranspiração para cada classe de uso e cobertura das terras do Município de Maracaju, MS. Para a estimativa da evapotranspiração, foi utilizada uma série de imagens MODIS do ano de 2012 juntamente com dados de estações meteorológicas disponibilizados pelo INMET. No SAFER, o albedo de superfície (α_0) foi estimado a partir das bandas 1 e 2 do MODIS, com resolução espacial de 250 m:

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (2)$$

Em que α_1 e α_2 são reflectâncias nas faixas espectrais das bandas 1 e 2 do sensor MODIS e a , b e c são coeficientes de regressão que apresentam, respectivamente, os valores de 0,08, 0,41 e 0,14 (TEIXEIRA et al., 2013a). A temperatura da superfície (T_o) foi estimada como resíduo da equação do balanço de radiação diário (R_n), cuja equação é descrita por:

$$R_n = (1 - \alpha_0) R_{s\downarrow} - a_l \tau_w \quad (3)$$

Em que α_0 é o albedo da superfície; τ_w é a transmissividade atmosférica; $R_{s\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente; a_l é o coeficiente de regressão com distribuição espacial relacionado com a temperatura do ar (TEIXEIRA et al., 2013a). Em seguida, com as imagens de α_0 , T_o e NDVI foi possível estimar a ET por meio da equação:

$$ET = \exp \left[\beta + \eta \left(\frac{T_o}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] ET_o \quad (4)$$

Em que β e η são os coeficientes de regressão, com respectivos valores de 1,8 e - 0,008 (TEIXEIRA et al., 2013a), e ET_o é a evapotranspiração de referência, dada em milímetros por dia (mm d^{-1}), pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Posteriormente, os valores médios de ET foram extraídos para cada classe de uso e cobertura da terra na região delimitada pelo Município de Maracaju, MS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, estão apresentados os mapas da classificação de uso e cobertura das terras do Município de Maracaju, MS, nas datas de 21/10/2010, 20/07/2011 e 02/02/2014.

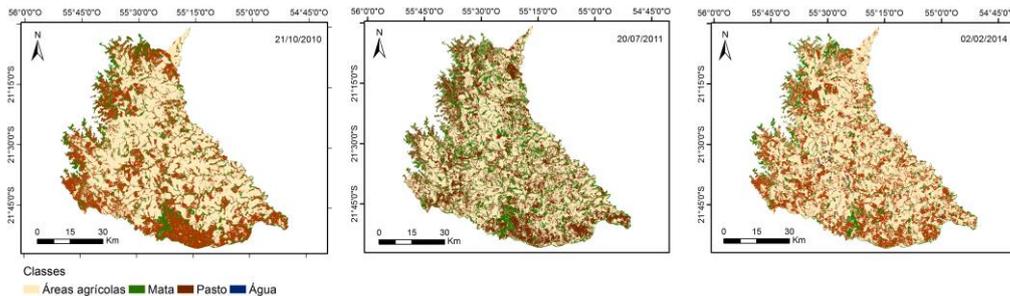


Figura 2. Mapas da classificação de uso e cobertura das terras do Município de Maracaju, MS.

Nas Figuras 3 e 4, são mostrados os mapas de ET para o Município de Maracaju, MS, nos dias julianos 01, 16, 33, 49, 65, 289, 305, 321, 337 e 353. Essas datas foram escolhidas principalmente em decorrência do ciclo de plantio da soja, pois o município é um grande produtor dessa cultura.

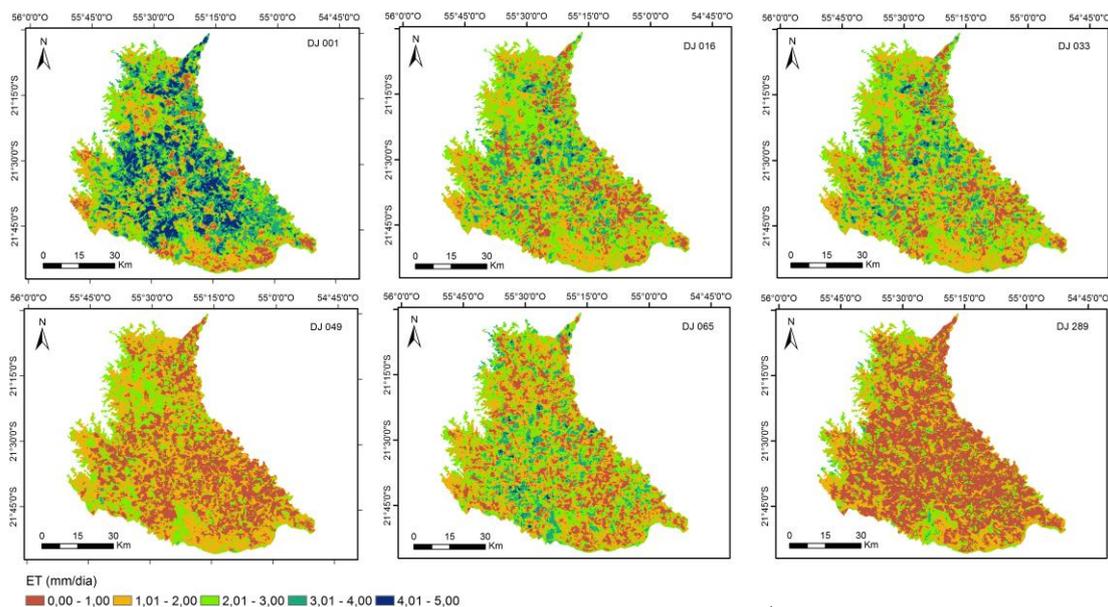


Figura 3. Mapas das estimativas de evapotranspiração (ET, mm dia^{-1}) para a área referente aos limites municipais de Maracaju, MS, para os dias julianos 01, 16, 33, 49, 65 e 289.

Em áreas agrícolas, a ET variou temporalmente e apresentou valores entre 0,6 e 3,2 mm dia^{-1} . Esses valores foram maiores entre novembro e janeiro e menores em fevereiro e outubro. Essa variação pode ser justificada pela dinâmica das áreas agrícolas. Os menores valores de ET foram observados em áreas com exposição de solo, principalmente em decorrência do plantio ou da colheita das culturas praticadas nessas áreas. Vale ressaltar que, para o período

analisado, predominam os cultivos de soja. Para cultivos de soja no Município de Paragominas, PA, Ferreira Junior et al. (2011) obtiveram, com aplicação do algoritmo SEBAL em imagens LANDAT 5, valores para a $ET_{r_{24horas}}$ de $3,62 \text{ mm dia}^{-1}$ para o dia 30/05/2006 (dia juliano 150) e valores de $ET_{r_{24horas}}$ de $2,87 \text{ mm dia}^{-1}$ para o dia 15/06/2006 (dia juliano 166). Nas áreas classificadas como mata, foi possível observar uniformidade nos valores de ET ao longo do período analisado, com variação entre $1,6$ e $2,7 \text{ mm dia}^{-1}$ (Figuras 5 a 7). A pouca variação e os altos valores de ET ao longo do período analisado podem ser justificados pelo fato de essas plantas disporem de sistemas radiculares mais profundos e, assim, sofrerem menos com o estresse hídrico, em decorrência da sua capacidade de retenção e obtenção de água do solo.

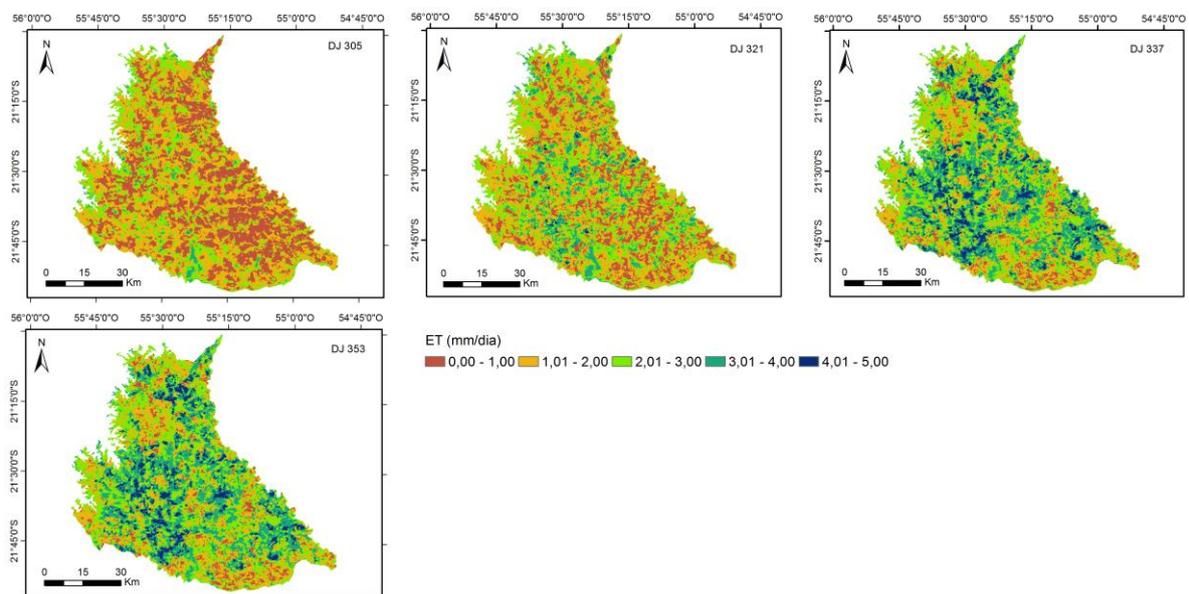


Figura 4. Mapas das estimativas de evapotranspiração (ET , mm dia^{-1}) para a área referente aos limites municipais de Maracaju, MS, para os dias julianos 305, 321, 337 e 353.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram os valores médios de ET de acordo com as classes de uso e cobertura das terras. É importante destacar que todos os dados de ET utilizados são referentes ao ano de 2012. Para a classificação, foram utilizadas imagens dos anos mais próximos a 2012, por não haver imagens Landsat para esse ano específico. Assim, a diferença entre as datas das estimativas de ET e as das imagens classificadas justificam as variações dos valores médios de ET na análise dos dados apresentados nas Figuras 5, 6 e 7. Isso pode decorrer da dinâmica das áreas de uso para pastagem e, principalmente, para a agricultura. As culturas agrícolas para uma determinada área variam ao longo do ano, e o uso dessas áreas pode ter sido alterado durante esse período. Para as áreas classificadas como pasto, foram observadas variações dos valores de ET entre $1,0$ e $2,3 \text{ mm dia}^{-1}$. Em um estudo realizado na bacia hidrográfica do Alto Tocantins, Estado de Goiás, Andrade et al. (2014) utilizaram o algoritmo SAFER juntamente com imagens MODIS para determinar a ET em áreas de pastagem com diferentes classes de degradação e

encontraram valores médios de $1,50 \pm 0,67 \text{ mm dia}^{-1}$ para pastagens com pouca degradação e sem degradação. Nesse caso, os autores justificam que o manejo das pastagens (por exemplo, o superpastejo) e a heterogeneidade espaçotemporal da precipitação anual podem ter influenciado os resultados obtidos.

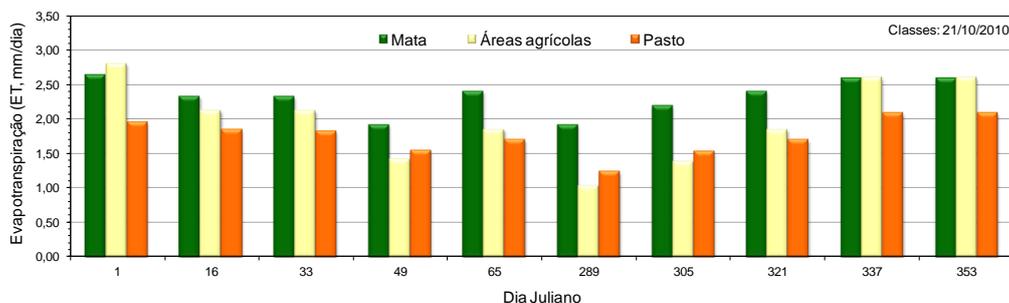


Figura 5. Visualização dos valores médios da ET obtidos a partir da classificação realizada com imagem Landsat 5 – TM do dia 21/10/2010 para a área referente aos limites municipais de Maracaju, MS.

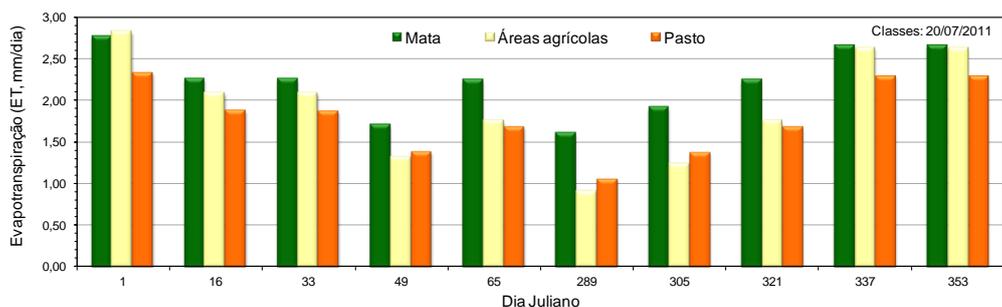


Figura 6. Visualização dos valores médios da ET obtidos a partir da classificação realizada com imagem Landsat 5 – TM do dia 20/07/2011 para a área referente aos limites municipais de Maracaju, MS.

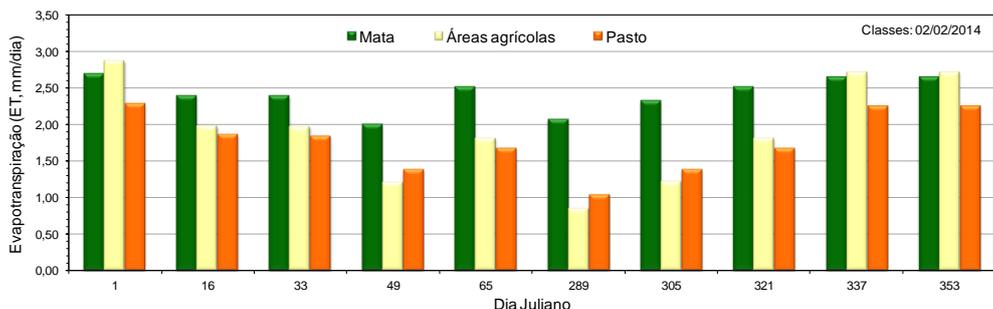


Figura 7. Visualização dos valores médios da ET obtidos a partir da classificação realizada com imagem Landsat 5 – TM do dia 02/02/2014 para a área referente aos limites municipais de Maracaju, MS.

De forma geral, pelos resultados apresentados nos mapas e nos gráficos, é possível notar variação dos valores de ET de acordo com as classes de uso e cobertura das terras no Município de Maracaju, MS.

4 CONCLUSÕES

As estimativas de ET variaram dentro de cada classe de uso e cobertura das terras, com os menores valores de ET observados nos meses de fevereiro, outubro e novembro. Esses baixos



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

valores de ET em áreas agrícolas podem ter sido influenciados pelos períodos de plantio e colheita da soja.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper 56).

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 380-394, 2007a.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 395-405, 2007b.

ANDRADE, R. G.; PAZ, A. R. da; VICTORIA, D. de C.; DELGADO, R. C.; LIMA, E. de P. Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010. Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBMET, 2010.

ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; SANO, E. E.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Evapotranspiração em pastagens com indicativos de degradação na bacia hidrográfica do Alto Tocantins. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 198-212, 1998a.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 213-229, 1998b.

FERREIRA JUNIOR, P. P.; SOUZA, A. M. L. de; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. de O. P. de. Estimativa da evapotranspiração da soja via sensoriamento remoto no leste do Pará: uma avaliação quantitativa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., Curitiba, 2011. **Anais...** Curitiba: SBSR, 2011.

LOPES, A. A.; MARTINS, N. P.; GOMES, D.; ANDRADE, R. G. Variabilidade espaçotemporal do albedo da superfície no Município de Maracaju, MS. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., Jaguariúna, 2012. **Anais...** Jaguariúna, SP: CIIC, 2012.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas, SP: Fundag, 2013. 323 p.

TEIXEIRA, A. H. de C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 5, p. 5783-5804, 2013a.

TEIXEIRA, A. H. de C.; HERNANDEZ, F. B. T.; LOPES, H. L.; SCHERER-WARREN, M.; BASSOI, L. H. **Modelagem espaçotemporal dos componentes dos balanços de energia e de água no Semiárido brasileiro**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite., 2013b. 32 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 99).