

Aplicação do algoritmo SAFER na determinação da evapotranspiração em condições de sazonalidade climática no noroeste paulista

Renato Alberto Momesso Franco¹
Fernando Braz Tangerino Hernandez¹
Antônio Heriberto de Castro Teixeira²

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP
Caixa Postal 34 – 15385-000 – Ilha Solteira – SP, Brasil
bioramfranco@yahoo.com.br
fbhttang@agr.feis.unesp.br

² EMBRAPA - Monitoramento por Satélite
Caixa Postal 515 – 12245-970 – Campinas - SP, Brasil
heriberto.teixeira@embrapa.br

Abstract. Satellite data represent good input information for estimating surface radiation balance in using remote sensing data together with agrometeorological data it is possible to determine the evapotranspiration (ET) in large scale, being based largely on the energy balance theories. The study aimed to estimate the temporal variation of regional flows of the surface radiation balance at different types of agroecosystems through the SAFER (Simple Algorithm for Retrieving Evapotranspiration) algorithm and seasonal climatic conditions in northeastern São Paulo. The highest rates of $\lambda E/R_n$ occurred on Julian day 171 and the lowest in Julian day 251. The highest H/R_n occurred on day 251 and day 171 the smallest. The largest variations in the daily evapotranspiration occurred in the dry season and lowest after the rainy season in the region.

Keywords: remote sensing, sensible heat flux, latent heat flux sensoriamento remoto, fluxo de calor sensível, fluxo de calor latente

1. Introdução

Para obter um manejo eficiente do uso da água na agricultura irrigada é importante a obtenção de informações agrometeorológicas que auxiliam no gerenciamento dos recursos hídricos. Sendo os dados de evapotranspiração (ET) frequentemente utilizados como critério fundamental nas operações de irrigação, no cálculo do balanço hídrico e no zoneamento agroclimatológico.

A região noroeste do Estado de São Paulo apresenta a maior taxa de evapotranspiração do Estado (HERNANDEZ et al., 2003) e por essa razão, a agricultura irrigada é dependente de informações agrometeorológicas, para um manejo de água eficiente que vise o fornecimento da quantia necessária de água para repor o déficit hídrico das culturas agrícolas.

Recentemente, o desenvolvimento de pesquisa para o uso eficiente da água na produção agrícola e aplicação do uso do sensoriamento remoto como ferramenta para a análise e gestão dos recursos hídricos tornou-se uma tendência de estudo e pode ser verificada em diversos trabalhos científicos (TEIXEIRA, 2012b; TEIXEIRA et al., 2012c, 2013c, 2013d; TEIXEIRA; LOPES; HERNANDEZ, 2013b; TEIXEIRA et al., 2013e; BASTIAANSEN et al., 2014; FRANCO; HERNANDEZ; TEIXEIRA, 2014; TEIXEIRA et al., 2014b, 2014c).

A quantificação dos fluxos de energia na superfície terrestre via sensoriamento remoto em conjunto com dados agrometeorológicos possibilita a determinação da taxa de evapotranspiração em larga escala. O algoritmo SAFER (*Simple Algorithm for Retrieving Evapotranspiration*) estima a ET através de parâmetros biofísicos obtidos pelo uso de

sensoriamento remoto associado aos dados diários de estações agrometeorológicas e tem a vantagem de não utilizar informações de classificação das culturas nem de condições extremas de seca, podendo-se ser feitas análises de tendências históricas (TEIXEIRA, 2012a). O algoritmo é baseado na equação de Penman-Monteith e utiliza a taxa de ET/ET_0 em conjunto com dados de sensoriamento remoto, a partir desta relação obtém-se a ET com dados de evapotranspiração de referência (ET_0) estimados através de estação meteorológicas (TEIXEIRA, 2012b, 2010).

O presente estudo teve como objetivo estimar a variação espacial e temporal dos fluxos do balanço de energia da superfície terrestre via sensoriamento remoto em diferentes tipos de agroecossistemas, com aplicação do algoritmo SAFER em larga escala para a determinação da evapotranspiração em condições de sazonalidade climática na porção noroeste do Estado de São Paulo.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo e dados agrometeorológicos

A área de estudo localiza-se próximo a divisa entre os Estados de Mato Grosso do Sul (MS) e São Paulo (SP) (Figura 1). Na porção noroeste do Estado de São Paulo, os municípios de Itapura e Ilha Solteira apresentam diferentes tipos de agroecossistemas, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar e culturas anuais. No Estado de MS, no município de Selvíria a principal cultura agrícola em destaque é o eucalipto para a produção de celulose e papel.

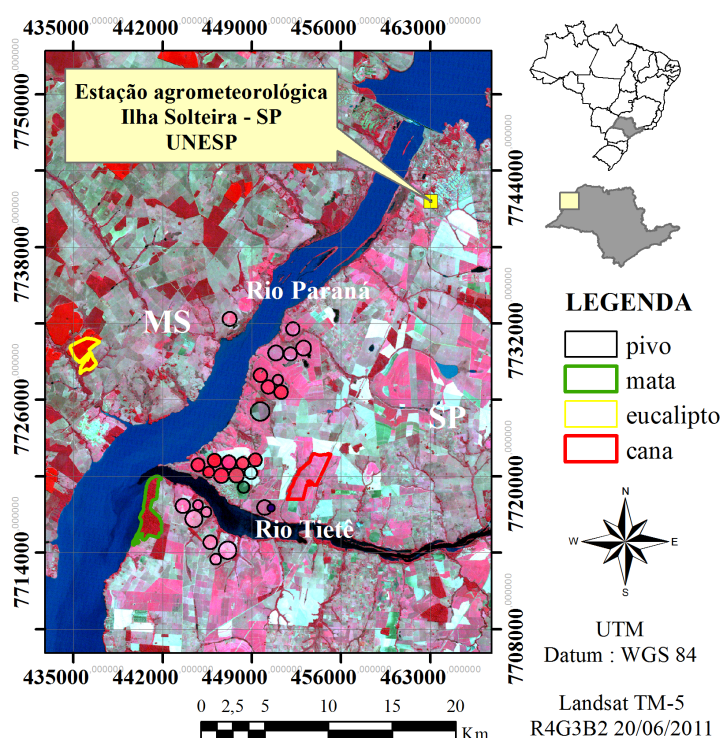


Figura 1: Mapa de localização da região de estudo e os diferentes tipos de uso e ocupação do solo - Imagem *Landsat TM-5*, composição de falsa cor, nos canais R (4) G (3) B (2).

No agroecossistema foram identificados diferentes tipos de alvos e foram delimitados conforme suas características de uso e ocupação do solo. Os tipos de uso e ocupação analisados e suas áreas foram: pivô (2537,5 ha); eucalipto (309,9 ha); cana-de-açúcar (535,2 ha) e fragmento de mata (535,4 ha).

No ano de 2011, os municípios de Itapura e Ilha Solteira ficaram com 121 dias sem chuva,

entre os dias nove de junho a oito de outubro. No dia nove de junho registrou-se precipitação de 50,3 mm em Ilha Solteira, após essa chuva o período foi de estiagem na região. O período entre 09/06/2011 a 09/10/2011 apresenta precipitação acumulada de 113,9 mm e ET_0 acumulada de 543,5 mm (UNESP, 2014).

Os dados meteorológicos obtidos de radiação solar global incidente (RS_{\downarrow}), temperatura do ar (T_a) e evapotranspiração de referência (ET_0) calculado pelo método de Penman-Monteith foram obtidos na estação agrometeorológica de Ilha Solteira (UNESP, 2014), localizada nas coordenadas 20°25'24,4" S e 51°21'13,1" W.

Damião et al. (2010) determinaram o balanço hídrico para o município de Ilha Solteira, no período de 2000 a 2010 e obteve precipitação média anual de 1.354 mm e a evapotranspiração média anual de 1.506 mm e a região se caracterizou por apresentar sete meses com deficiência hídrica (abril a outubro) com o total anual de 442 mm e excedente hídrico de 296 mm, considerando uma Capacidade de Água Disponíveis (CAD) de 40 mm.

Para a análise escolheram-se duas imagens do satélite *Landsat - Thematic Mapper 5* após o período de chuva, com data de 20/06/2011 e a outra em condição de seca, com data de 08/09/2011. As imagens utilizadas no estudo foram obtidas no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), correspondem ao Ponto 223 e Órbita 74, do ano e dias julianos (DJ), respectivamente: 2011/171; 2011/251.

2.2. Modelagem dos parâmetros biofísicos

As etapas para a modelagem dos componentes de energia e obtenção da evapotranspiração aplicou-se o procedimento metodológico adotado por Teixeira et al. (2013a) que possibilitaram a obtenção dos seguintes parâmetros: a reflectância monocromática de cada banda (ρ_{λ}); albedo planetário α_b ; albedo de superfície (α_0); saldo de radiação (R_n); fluxo de calor latente (λE); o fluxo de calor sensível (H); o fluxo de calor no solo (G); a temperatura de brilho ($T_{b10,11}$) das bandas 10 e 11; a radiação solar global incidente (RS_{\downarrow}), radiação de onda longa emitida pela superfície terrestre (RL_{\uparrow}); a radiação de onda longa emitida pela atmosfera (RL_{\downarrow}); a temperatura da superfície (T_0) e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*NDVI - Normalized Difference Vegetation Index*).

Para a elaboração do algoritmo SAFER os parâmetros de sensoriamento remoto foram incluídos na Equação 1 para a obtenção da evapotranspiração atual (ET) em larga escala, conforme equação abaixo (TEIXEIRA, 2010):

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_{0NDVI}} \right) \right] \quad (1)$$

onde, a e b são coeficientes de regressão; sendo $a = 1$, para a região noroeste paulista (TEIXEIRA et al., 2014a) e $b = -0,008$.

3. Resultados e Discussões

A taxa de ET_0 acumuladas foram superiores entre os meses de maio a setembro e nos meses de outubro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril os valores de precipitação acumulada mensal foram superiores em relação a taxa de ET_0 (Figura 1a). Os menores valores de RS_{\downarrow} medido na estação agrometeorológicas no ano de 2011 ocorreram nos meses de junho e julho e o maior valor médio de RS_{\downarrow} ocorreu no mês de novembro (Figura 1b).

Na Tabela 1, estão os valores médios para os componentes do balanço de energia em diferentes tipos de uso e ocupação do solo para cada DJ analisado.

A RS_{\downarrow} para o dia 20 de junho foi de 16,1 MJ m⁻² d⁻¹ e para o dia 08/09/2011 foi de 21,5 MJ m⁻² d⁻¹. Os valores de R_n obtidos estão diretamente relacionados com os valores de RS_{\downarrow} ,

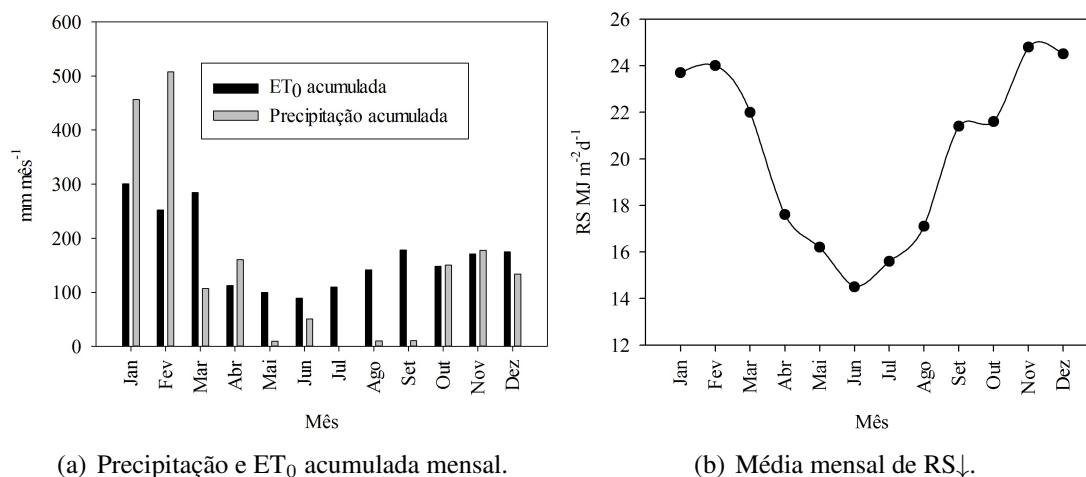


Figura 2: Dados agrometeorológicos do ano de 2011, município de Ilha Solteira-SP.

pois este último componente é o de maior influência no balanço de radiação. O menor valor de R_n ocorreu no DJ 171 devido o período de solstício de inverno no hemisfério sul.

Os valores da taxa de R_n/RS_{\downarrow} no mês de junho ficaram entre de 36% e 38% e no mês de setembro variaram entre 47% a 50%. Valores da taxa de R_n/RS_{\downarrow} próximo de 50% confirma as medições realísticas do balanço de energia com informações obtidas tanto com dados de campo e sensoriamento remoto (TEIXEIRA et al., 2008).

Após o período de chuva observa-se que a superfície terrestre analisada pela imagem do DJ 171 (20/06/2011) encontrava-se em condições de umidade, pois a maior parte da energia disponível foi utilizada na evapotranspiração, o que representou na relação $\lambda E/R_n$ valores de 63% da R_n na área irrigada por pivôs. Na mesma região, Franco et al. (2013) encontraram valores de 63% para a razão $\lambda E/R_n$ no mês de julho (DJ: 196) em área irrigada por pivôs.

Para os usos eucalipto e fragmento de mata a taxa de $\lambda E/R_n$ foi de 77% e 68%, respectivamente (Tabela 1). Enquanto que os valores da relação H/R_n foram inferiores para os pivôs, com valor de 37% de R_n que foi convertido em calor sensível e o maior valor desta relação foi para o uso cana-de-açúcar, com 54% da R_n convertido em H e aumento da T_0 (301,6K; 28,45°C).

No período seco, os valores registrados dos alvos analisados através da imagem do dia 08/09/2011 demonstram que todos os tipos de uso apresentam taxas de $\lambda E/R_n$ com valores inferiores a taxa de H/R_n . Para a cana-de-açúcar 88% de R_n foi convertido em H, apenas 12% de R_n foi convertido em λE e as menores taxa ocorreram na área de pivô, fragmento de mata e eucalipto (Tabela 1).

Na Tabela 2 os valores médio dos parâmetros de sensoriamento remoto para cada tipo de uso e ocupação do solo. Os maiores valores de NDVI ocorreram na imagem do DJ 171 devido a dependência do índice com a precipitação (TEIXEIRA; HERNANDEZ; LOPES, 2012d) e os menores valores ocorreu na imagem do DJ 251. Na porção nordeste do Estado de São Paulo Teixeira et al. (2014b) encontraram valores entre 0,20 a 0,88 de NDVI no período chuvoso para a cana-de-açúcar e redução no período seco, entre os meses de agosto e outubro. No DJ 171 os usos eucalipto e fragmento de mata apresentaram os maiores valores de NDVI; no mês de junho (15/11/2011), Franco et al. (2013) encontram valores de 0,48 para o uso fragmento de mata e 0,58 para área irrigada por pivô.

Os usos eucalipto e fragmento de mata apresentam os menores valores. Na imagem do DJ 171 os valores são inferiores em relação ao DJ 251, sendo os usos eucalipto e fragmento de mata com valores médios de 0,15 e os usos pivô e cana-de-açúcar com médias de 0,17, os baixo

Tabela 1: Valores médios dos componentes do balanço de energia na superfície terrestre em diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Componentes de energia	DJ	Pivôs	Cana-de-açúcar	Eucalipto	Fragmento de mata
RS↓	171	16,1	16,1	16,1	16,1
RS↑		2,80	2,81	2,56	2,48
RL↓		31,47	31,47	31,47	31,47
RL↑		38,96	38,96	38,96	38,96
R_n		5,79	5,78	6,05	6,11
$R_n/RS↓$		0,36	0,36	0,38	0,38
$\lambda E/R_n$		0,63	0,46	0,77	0,68
H/R_n		0,37	0,54	0,23	0,32
RS↓	251	21,5	21,5	21,5	21,5
RS↑		4,32	4,15	3,58	3,79
RL↓		34,37	34,37	34,37	34,37
RL↑		41,54	41,54	41,54	41,54
R_n		10,01	10,18	10,75	10,55
$R_n/RS↓$		0,47	0,47	0,50	0,49
$\lambda E/R_n$		0,41	0,12	0,29	0,34
H/R_n		0,59	0,88	0,71	0,65

Tabela 2: Valores médios dos parâmetros de sensoriamento remoto em diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Parâmetros	DJ	Pivôs	Cana-de-açúcar	Eucalipto	Fragmento de mata
NDVI	171	0,56	0,52	0,70	0,61
α_0		0,17	0,17	0,15	0,15
T_0		301,1 K	301,5 K	299,7 K	300,4 K
NDVI	251	0,35	0,33	0,55	0,41
α_0		0,20	0,18	0,16	0,17
T_0		308,0 K	308,4 K	306,0 K	307,4 K

valores deve-se a redução nos valores de $RS↓$ neste período. Na região de Petrolina, (TEIXEIRA et al., 2013d) encontraram valores elevados de α_0 no mês de novembro e baixos nos meses de abril e setembro. Um outro fator é a condição de umidade do solo que favorece a redução de α_0 (TEIXEIRA et al., 2008, 2014a) e esta condição foi verificada após a precipitação de 50,3 mm, ocorrida em 09/06/2011 e que provavelmente influenciaram na redução dos valores de α_0 .

Os valores de T_0 foram superiores na imagem do DJ 251 e a maior T_0 ocorreu no uso cana-de-açúcar com valor de 308,4 K (35,27°C), nesta condição observou-se o aumento na relação H/R_n com 88% de R_n foi convertido em calor sensível e aumento na temperatura (Tabela1). Os usos eucalipto e fragmento de mata apresentaram valores de 306,0 K (32,86°C) e 307,2 K (34,08°C), respectivamente. Na imagem do DJ 171 os valores foram baixos e o uso fragmento de mata e eucalipto com os menores valores médios (Tabela 2).

Os valores médios de α_0 são superiores na imagem do DJ 251 e o uso pivô apresenta os maiores valores, provavelmente devido ao solo exposto nas áreas de pivô em pousio. (GIONGO et al., 2010) verificaram albedo em solo exposto acima de 20%.

No DJ 171, a evapotranspiração diária no uso pivô apresentou valor máximo de 2,79 mm

d^{-1} e média de $1,44 \text{ mm d}^{-1}$ ($DP: \pm 0,61 \text{ mm d}^{-1}$). No mês de julho, no município de Sud-Mennucci encontraram valor médio de $1,78 \text{ mm d}^{-1}$ para a área irrigada (FRANCO et al., 2013) (Figura 3). O uso cana-de-açúcar com valor máximo de $1,93 \text{ mm d}^{-1}$ e média de $1,03 \text{ mm d}^{-1}$ ($DP: \pm 0,50 \text{ mm d}^{-1}$). O uso eucalipto ficou com valor máximo de $2,42 \text{ mm d}^{-1}$ e média de $1,76 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,38 \text{ mm d}^{-1}$) e o uso fragmento de mata com valor máximo de $2,43 \text{ mm d}^{-1}$ e média de $1,39 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,60 \text{ mm d}^{-1}$) (Figura 3).

A condição de umidade do solo favorecida pela precipitação de 50 mm, ocorrida no dia nove de junho de 2011, é verificada na imagem do DJ 171 (20/06/2011) com uniformidade nos valores de ET, com pequenas variações espaciais nos diferentes tipos de usos analisados, principalmente os usos eucalipto e fragmento de mata.

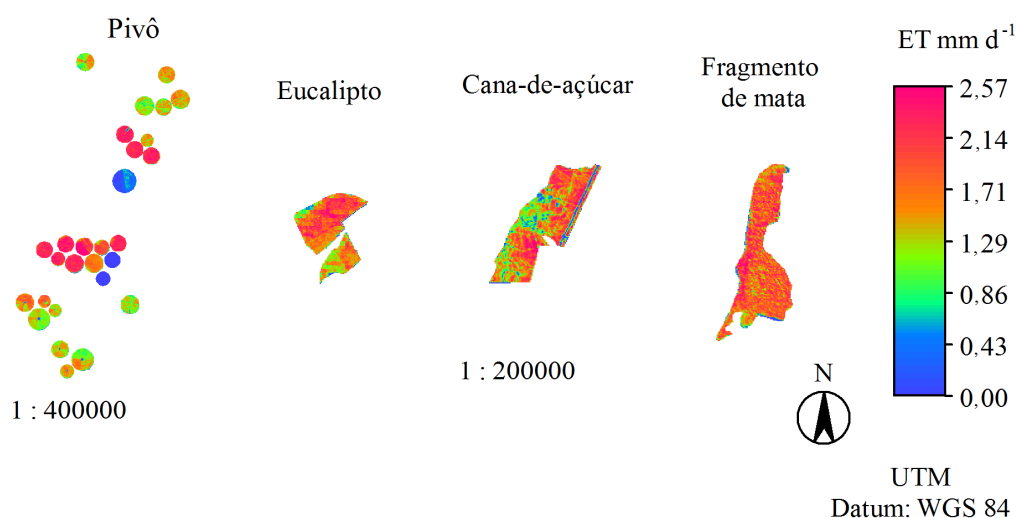


Figura 3: Distribuição espacial dos valores de ET para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo - junho de 2011 (DJ: 171).

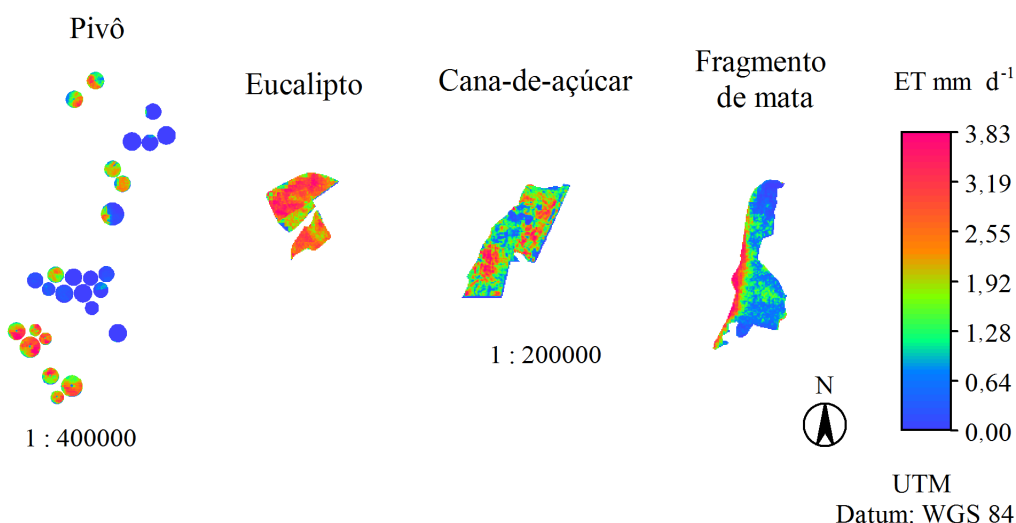


Figura 4: Distribuição espacial dos valores de ET para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo - setembro de 2011 (251).

Para o DJ 251 a evapotranspiração diária máxima das áreas irrigadas foi de $4,52 \text{ mm d}^{-1}$, média de $1,84 \text{ mm d}^{-1}$ e com o segundo maior valor de desvio padrão (DP) para esse período

(DP: $\pm 1,08 \text{ mm d}^{-1}$) (Figura 4), essa variação espacial pode ser justificada pela dinâmica das áreas irrigadas que apresentam solo exposto, em decorrência da colheita e/ou o período de pousio nas áreas irrigadas.

A cana-de-açúcar ficou com valor máximo de $1,33 \text{ mm d}^{-1}$ e média de $0,59 \text{ mm d}^{-1}$ (DP: $\pm 0,35 \text{ mm d}^{-1}$) (Figura 4). O uso eucalipto ficou com valor máximo de $1,97 \text{ mm d}^{-1}$ e média de $1,16 \text{ mm d}^{-1}$ (DP: $\pm 0,46 \text{ mm d}^{-1}$) (Figura 4). O uso fragmento de mata ficou com o valor máximo de evapotranspiração diária de $4,7 \text{ mm d}^{-1}$, média de $2,13 \text{ mm d}^{-1}$ e com o maior valor de desvio padrão (DP: $\pm 1,23 \text{ mm d}^{-1}$) (Figura 4).

4. Conclusões

Os valores médios das estimativas dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração em diferentes tipos de uso e ocupação do solo com aplicação do algoritmo SAFER e uso de imagens Landsat 5 - TM mostraram-se coerentes com a literatura.

As maiores variações nos valores de evapotranspiração diária ocorreram no período de estiagem e as menores variações no período após a chuva.

Os resultados iniciais mostraram que o algoritmo SAFER possibilitou a identificação da variabilidade espacial da ET em condições de sazonalidade climática, demonstrando a sua suscetibilidade a diferentes tipos de uso e ocupação do solo e tornando-se assim, uma ferramenta no monitoramento dos recursos hídricos.

Referências

- BASTIAANSEN, W. G. et al. Earth Observation Based Assessment of the Water Production and Water Consumption of Nile Basin Agro-Ecosystems. *Remote Sensing*, v. 2, n. 6, p. 10306–10334, 2014. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/remotesensing>.
- DAMIÃO, J. et al. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: CONIRD – CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. *Anais..* Brasília-DF: ABID - Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2010. v. 20, p. 1–7.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. C. Water productivity of different land uses in watersheds assessed from satellite imagery Landsat 5 Thematic Mapper. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. (Ed.). *Proc. of SPIE*. Bellingham, WA USA: SPIE, 2014. v. 9239, p. 92392E–1–92392E–7. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1117/12.2067459>>.
- FRANCO, R. A. M. et al. Avaliação do balanço de energia em diferentes tipos de uso e cobertura da terra na região noroeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR). *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6909–6916.
- GIONGO, P. R. et al. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 279–287, 2010.
- HERNANDEZ, F. B. T. et al. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d' Oeste, Estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, v. 23, n. 1, p. 21–30, 2003.
- TEIXEIRA, A. C. et al. Large-scale water productivity assessments with modis imagens in changing semi-arid environment: A Brazilian case study. *Remote Sensing*, v. 5, n. 11, p. 5783 – 5804, November 2013c.
- TEIXEIRA, A. H. C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. *Remote Sensing*, v. 2, n. 5, p. 1287–1319, 2010.

TEIXEIRA, A. H. C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agrometeorological stations. In: NEALE, C. M. U.; COSH, M. H. (Ed.). *Remote Sensing and Hydrology*. Wallingford, UK, 2012a. v. 352, p. 154–157.

TEIXEIRA, A. H. C. Determination of surface resistance to evapotranspiration by remote sensing parameters in the semi-arid region of Brazil for land-use change analyses. In: NEALE, C. M. U.; COSH, M. H. (Ed.). *Remote Sensing and Hydrology*. Wallingford, UK, 2012b. v. 352, p. 167–170.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Sugar cane energy and water balances by remote sensing in the São Paulo, Brazil. In: INSTITUTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO NA AGRICULTURA IRRIGADA. *Anais...* Fortaleza: INOVAGRI, 2014b. p. 749–759.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. *Journal of Hydrology*, v. 362, p. 110–127, 2008.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Energy balance with Landsat images in irrigated central pivots with corn crop in the São Paulo State, Brazil. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. (Ed.). *Proc. of SPIE*. Bellingham, WA USA: SPIE, 2014c. v. 9239, p. 92390O–1–92390O–10. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/>>.

TEIXEIRA, A. H. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; LOPES, H. L. Application of Landsat images for quantifying the energy balance under conditions of land use changes in the semi-arid region of Brazil. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. (Ed.). *Proceedings of Spie*. Edimburgo, 2012d. v. 8531, p. 85310P–1–85310P–2. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/>>.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. *Modelagem espaçotemporal dos componentes dos balanços de energia e de água no Semiárido Brasileiro*. 1. ed. Campinas–SP, 2013a.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. A Comparative Study of Techniques for Modeling the Spatiotemporal Distribution of Heat and Moisture Fluxes in Different Agroecosystems in Brazil. In: PETROPOULOS, G. G. (Ed.). *Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content*. 1. ed. Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor and Francis, 2014a. v. 1, cap. 6, p. 169–191.

TEIXEIRA, A. H. C.; LOPES, H. L.; HERNANDEZ, F. B. T. Quantificação de parâmetros da produtividade da água com imagens Landsat em condições de mudança de uso da terra no distrito de irrigação Nilo Coelho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO (SBSR). *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013b.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Determinação dos componentes do balanço de energia com imagens MODIS no município de Petrolina-PE, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO (SBSR). *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013d. p. 5475–5482.

TEIXEIRA, A. H. d. C. et al. Retrieving water productivity parameters by using Landsat images in the Nilo Coelho irrigation scheme, Brazil. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICS AND PHOTONICS. *SPIE Remote Sensing*. [S.l.], 2013e. p. 888713–888713.

TEIXEIRA, A. H. d. C. et al. Water productivity assessment by using MODIS images and agrometeorological data in the Petrolina municipality, Brazil. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. (Ed.). *SPIE Remote Sensing*. 2012c. p. 85310G–85310G. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/>>.

UNESP. *Acesso à base diária: Ilha Solteira, SP*. Ilha Solteira–SP, outubro 2014. Disponível em: <clima.feis.unesp.br>.