

# MODELAGEM ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AGROECOSSISTEMA DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU

César de Oliveira Ferreira Silva <sup>1</sup>, Rodrigo Lilla Manzione <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, Brasil. cesaroliveira.f.silva@gmail.com

<sup>2</sup> 2 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP, Brasil. manzione@tupa.unesp.br

**Palavras-Chave:** evapotranspiração; Landsat-8; balanço hídrico

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é a principal responsável pela perda de água em bacias hidrográficas, estando relacionada à dinâmica de umidade do solo, recarga de aquíferos e escoamento superficial, sendo controlada pela disponibilidade de energia na superfície, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (TEIXEIRA et al, 2016, 2017).

O conhecimento da evapotranspiração tem impacto, especialmente, no setor agrícola, já que trata-se de um fator primordial para o planejamento do plantio e manejo dos recursos hídricos, sendo que o correto dimensionamento dos projetos de irrigação de culturas agrícolas depende da projeção de demanda hídrica da cultura de acordo com as condições locais. Tal dimensionamento usualmente é realizado através da estimativa obtida pelo produto da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo coeficiente da cultura (ALLEN et al, 1998).

Nesse contexto, faz-se necessária a modelagem da evapotranspiração como uma ferramenta essencial como subsídio para gestão dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, assim como o planejamento do uso da água para abastecimento de água, irrigação, água para lazer, proteção ambiental, entre outros.

O objetivo desse trabalho foi realizar a modelagem da evapotranspiração real em uma agroecossistema, ou seja, uma área com variados usos da terra, localizada em Águas de Santa Bárbara, inserida no Sistema Aquífero Bauru (SAB) utilizando o algoritmo SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving).

## METODOLOGIA

As bacias hidrográficas estudadas estão localizadas no município de Águas de Santa Bárbara, SP. O uso da terra dessas bacias hidrográficas é variado: vegetação natural (Cerrado e Mata Atlântica), reflorestamento comercial (eucalipto), canaviais, área urbana, áreas úmidas e estradas (MANZIONE, 2018). Foram utilizadas imagens digitais do satélite Landsat-8 dos dias 6 de dezembro de 2016 e 19 de abril de 2017. A modelagem envolveu as bandas da região do visível (azul, verde e vermelho) e infravermelho próximo. Utilizou-se dados agrometeorológicos (radiação solar global, temperatura do ar e evapotranspiração de referência) de estações automáticas do INMET e da Estação Ecológica de Santa Bárbara.

Seguindo a metodologia de Teixeira et al (2017, 2016, 2013) os parâmetros biofísicos obtidos via sensoriamento remoto foram o albedo de superfície ( $\alpha_0$ ), componentes de energia, como o saldo de radiação ( $R_n$ ), fluxo de calor latente ( $\lambda E$ ), o fluxo de calor sensível ( $H$ ) e o fluxo de calor no solo ( $G$ ); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI e a radiação de onda longa emitida pela atmosfera ( $RL_{atm}$ ).

O  $R_n$  na escala diária foi obtido pelo saldo diário (24 h) de radiação de onda curta, por meio da equação de Slob (Eq. 1) (TEIXEIRA et al., 2010).

$$R_n = (1 - \alpha_0)R_G - a_L \tau_{sw} \quad (1)$$

Onde  $\alpha_0$  é o albedo de superfície,  $a_L$  é o coeficiente de regressão do saldo de radiação de ondas longas e  $\tau_{sw}$  é a transmissividade atmosférica (BRUIN, STRICKER, 2000).

A temperatura de superfície foi obtida pelo método residual (TEIXEIRA, LEIVAS e SILVA, 2016), derivado da Equação de Planck, através da Equação 2:

$$T_0 = \sqrt[4]{\frac{R_G - \alpha_0 R_G + \varepsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\varepsilon_S \sigma}} \quad (2)$$

Sendo  $\varepsilon_A$  e  $\varepsilon_S$  respectivamente as emissividades atmosférica e superficial e  $\sigma$  a constante de Stefan-Boltzmann ( $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ).

Calculou-se a relação  $\frac{ET}{ET_0}$  diários seguindo a Equação 3.

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[ a + b \left( \frac{T_0}{\alpha_0 \cdot NVDI} \right) \right] \quad (3)$$

Onde a e b são coeficientes de regressão calibrados para a região de estudo. Coaguila et al (2017) utiliza para a região do noroeste paulista os valores de 1 e 0,008. Sendo esses os parâmetros utilizados no presente trabalho foram 1,2 e 0,008.

O produto da razão obtida na Equação 3 pelo valor diário da evapotranspiração de referência é a evapotranspiração real ( $ET_A$ ) diária (Eq. 4):

$$ET_A = \frac{ET}{ET_0} ET_0 \quad (4)$$

Onde  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência, obtida por interpolação de dados das estações agrometeorológicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem da evapotranspiração em dias de dezembro/2016 e abril/2017, apresentada na Figura 1, mostrou-se factível, já que os maiores valores de evapotranspiração foram diagnosticados na área de plantações de Eucaliptos, em comparação aos outros usos da terra, como visto na Tabela 1. O modelo SAFER acompanhou as condições climáticas dos dois momentos do estudo, assim como a dinâmica no uso da terra das bacias.

Em 6/Dez/2016 haviam grandes quantidades de área de solo exposto, em preparação para o plantio, o que aumentou os valores de albedo superficial, diminuindo a evapotranspiração. Já a 19/Abr/2017 houve os primeiros plantios de cana-de-açúcar, aumentando os valores de evapotranspiração. Também cabe ressaltar que nesses períodos houve um atraso atípico nas chuvas, resultado das anomalias climáticas, já estudado na área de estudo em Manzione (2018).

A fração evaporativa do Eucalipto variou entre 1,2 e 1,4, acompanhando o coeficiente de cultivo apresentado por Queiroz et al. (2017). A fração evaporativa da pastagem foi de 0,85, próxima à do capim-elefante, como descrito por Muniz et al. (2014).

Tabela 1. Valores médios de evapotranspiração real em cada uso da terra da área de estudo

Data	Cerrado	Cana de açúcar	Eucalipto	Pastagem
6/Dez/2016	1.45 ± 0.60	1.25 ± 0.78	2.75 ± 0.85	1.21 ± 0.54
19/Abr/2017	1.89 ± 0.61	2.37 ± 0.61	3.15 ± 0.69	2.14 ± 0.46

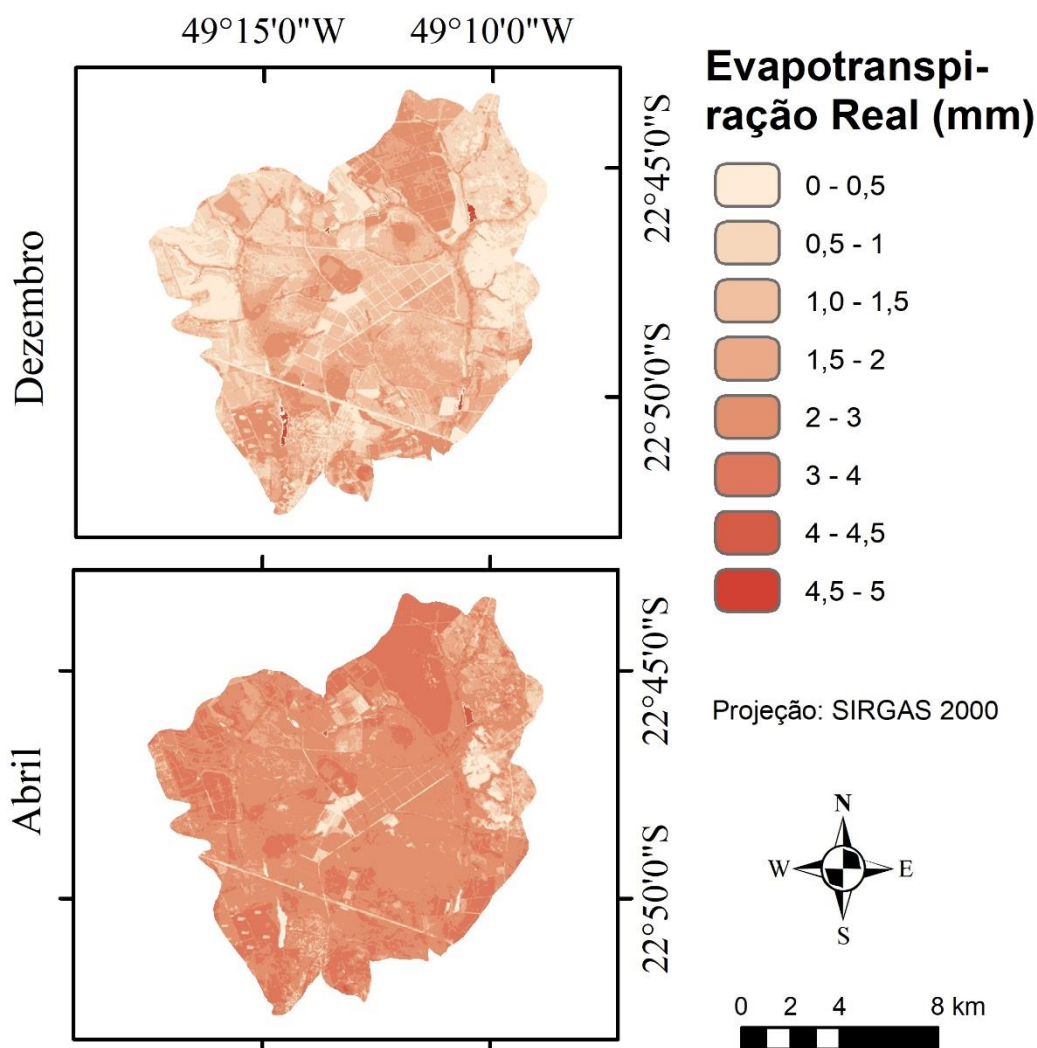


Figura 1. Evapotranspiração real nos dois períodos estudados (6/Dez/2016 e 19/Abr/2017)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem da evapotranspiração foi capaz de apresentar valores factíveis, de acordo com os diferentes usos da terra das bacias hidrográficas de estudo. O modelo acompanhou as condições térmicas locais. Sugere-se a utilização do modelo SAFER para inclusão da evapotranspiração como dado de entrada espacializado em modelagens de aquífero acoplados à Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como o FREEWAT.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento à pesquisa através da bolsa de mestrado concedida ao autor principal (Processo 143127/2017-9).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, LS., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration under standard conditions: Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. Irrigation and Drainage paper 56. FAO, 1998.
- BRUIN, H. A. R.; STRICKER, J. N. M. Evaporation of grass under non-restricted soil mixture conditions. **Hydrological Sciences Journal**, v. 45, p.391-406, 2000.

COAGUILA, DANIEL N. ; HERNANDEZ, FERNANDO B. T. ; TEIXEIRA, A. H. DE C. ; FRANCO, RENATO A. M. ; LEIVAS, JANICE F. Water productivity using SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving in watershed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 524-529, 2017.

MANZIONE, R. L. Identificação de tendências em níveis freáticos frente às anomalias climáticas ocorridas entre 2013-2016 em área de conservação de Cerrado na região hidrográfica do Médio Paranapanema/SP. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, p. 68-85, 2018.

MUNIZ, R. A.; SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; ESTEVES, B. S.; LOUSADA, L. L. Balanço de energia e evapotranspiração do capim Mombança sob sistema de pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 47-54, 2014.

QUEIROZ, T. B.; ROCHA, S. M. G.; FONSECA, F. S. A.; ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R. . Efeitos do déficit hídrico no cultivo de mudas de Eucalipto. **Irriga**, v. 22, p. 659-659, 2017.

TEIXEIRA, A. H. C. ; LEIVAS, J. F. ; HERNANDEZ, F. B. T. ; FRANCO, R. A. M. . Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 11, p. 016030-1-016030-15, 2017.

TEIXEIRA, A. H. C. Determining Regional Actual Evapotranspiration of Irrigated Crops and Natural Vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation. **Remote Sensing**, n. 2, v. 4, p. 1287-1319, 2010.

TEIXEIRA, A. H. 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, 2013.

TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; RONQUIM, C. C.; VICTORIA, D. C. Sugarcane Water Productivity Assessments in the São Paulo state, Brazil. **International Journal of Remote Sensing Applications**, v. 6, p. 84-95, 2016.

TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; SILVA, G. B.. Options for using Landsat and RapidEye satellite images aiming the water productivity assessments in mixed agro-ecosystems. **Proceedings of SPIE**, v. 9998, p. 99980A-1-99980A-11, 2016.