

MONITORAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PERÍMETRO IRRIGADO COM IMAGENS DO LANDSAT

JANNAYLTON ÉVERTON OLIVEIRA SANTOS¹, LEANDRO ARAÚJO
MOSCOSO², ANTÔNIO HERIBERTO DE CASTRO TEIXEIRA³, ÉLVIS DA SILVA
ALVES⁴, FERNANDO FRANÇA DA CUNHA⁵

¹Mestre, Doutorando na Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Agrícola, (31) 3899-1921, Jannaylton.santos@ufv.br

²Mestre, Doutorando na Faculdade de Ciências Agrônômicas – Departamento de Engenharia Rural, (14) 3880-7630, leandro_moscoso@hotmail.com

³PhD, Pesquisador da EMBRAPA-Monitoramento por Satélite, (19) 3211-6200, heriberto.teixeira@embrapa.br

⁴Mestre, Doutorando na Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Agrícola, (31) 3899-1921, elvis.alvis@ufv.br

⁵Doutor, Professor da Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Agrícola, (31) 3899-1913, fernando.cunha@ufv.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento da evapotranspiração de um perímetro irrigado, com o mapeamento da evapotranspiração utilizando sensoriamento remoto como ferramenta de auxiliando no monitoramento de demanda hídrica regional. A área de estudo caracteriza-se pela tecnificação da lavoura com o uso de sistema de irrigação, havendo assim uma expansão do manejo e controle do uso da água por em diferentes métodos de irrigação, cujo a mesma está situada em perímetro irrigado no norte de Minas Gerais. O mapeamento para monitoramento da evapotranspiração dar-se pelo o *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving* – SAFER, onde é necessário para validação e calibração nos variados sistemas de irrigação, cultivos e climatologia em áreas extensas, devido à sua precisão no monitoramento da evapotranspiração para manejo da água, assim, embasando implantação de perímetros irrigados, dimensionamento de um sistema de irrigação e auxiliando no manejo de irrigação de precisão. Os mapas gerados quantificam a demanda hídrica das plantas na região estudada, projetando aos produtores regionais se há ou não eficiência do uso da água em extensas áreas com diferentes formas de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, SAFER, Irrigação.

MONITORING OF EVAPOTRANSPIRATION IN IRRIGATED PERIMETER WITH LANDSAT IMAGES

ABSTRACT: The objective of this work is to evaluate the evapotranspiration behavior of an irrigated perimeter, with the mapping of evapotranspiration using remote sensing as a tool to assist in the monitoring of regional water demand. The study area is characterized by the technification of the crop with the use of an irrigation system, thus there is an expansion of the management and control of water use by different irrigation methods, which is located in an irrigated perimeter in the north of Minas Gerais General. The Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving - SAFER, where it is necessary for validation and calibration in the various systems of irrigation, cultivation and climatology in extensive areas, due to its precision in the monitoring of the evapotranspiration for the management of the evapotranspiration. Thus supporting the implantation of irrigated perimeters, sizing an

irrigation system and assisting in the management of precision irrigation. The generated maps quantify the water demand of the plants in the studied region, projecting to the regional producers if there is or not efficiency of the use of the water in extensive areas with different forms of production.

KEYWORDS: Remote Sensing, SAFER, Irrigation.

INTRODUÇÃO

O uso responsivo da água vem sendo um dos fatores de grande preocupação no cenário atual no mundo, devido a variabilidade meteorológica e o uso indiscriminado e abusivo. O setor agrícola proporciona retorno da água através do ciclo hidrológico, assim despertando uma otimização para seu uso em diferentes sistemas agrícolas, visando menor consumo da água em seus mananciais.

A agricultura em diferentes cenários consome água de forma natural ou artificialmente (irrigação), visto que a planta demanda deste recurso para manter seu desempenho metabólico. A demanda das culturas agrícolas dependerá de sua fisiologia vegetal (C3, C4 e CAM), sendo uma característica de cada cultivar (TAIZ e ZEIGER, 2013). A solução nutritiva (água + nutrientes) é absorvida pelas plantas a partir da diferença do potencial hídrico do solo (fonte com maior potencial hídrico), planta (condutor e dreno, menor potencial hídrico que o solo) e da atmosfera (dreno menor potencial hídrico que solo-planta). Assim, existirá absorção hídrica sempre do solo pelas plantas, cujo as mesmas, tendem a perder água para atmosfera em forma de transpiração (BRILLANTE et al., 2016; REICHARDT; TIMM, 2012).

A quantificação do volume de água perdida para a atmosfera em estado gasoso direciona à diferentes conceitos da evapotranspiração (ET): Evapotranspiração Potencial (ETp), Evapotranspiração Real Diária (ETr) e Evapotranspiração de Referência (ETo). A ETp é toda perda de água no solo sem déficit hídrico, com ou sem presença de vegetação em determinado período (AVENDAÑO et al., 2015; KLAR, 1984). Teixeira et al. (2013b) descrevem sobre a fração evaporativa como ET, sendo uma razão entre o fluxo de calor latente e a diferença entre o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo, sendo indicativo simples e direto das condições de umidade do solo, corroborando com o descrito por BASTIAANSEN (2000).

Há diferentes formas de quantificar a evapotranspiração das plantas, e manejar a água de forma artificial (irrigação) para atender as diferentes demandas hídricas pelas mesmas, ao longo do tempo (ALLEN et al., 1998). Entre os diferentes métodos para quantificar a real necessidade de água pelas plantas, temos os algoritmos, cujo são originários de modelagem matemática, sendo usados com diferentes objetivos, tendo um crescente interesse científico nas pesquisas em recursos naturais, envolvendo água, solo e vegetação (PONZON et al., 2012).

O uso do sensoriamento remoto é uma alternativa viável para mapear o uso da água em diferentes cenários além de computar a produtividade da água, sendo um importante ferramenta para projetar, manejar e conduzir perímetros irrigados (TEIXEIRA et al., 2013a). A produtividade de água (PA), dar-se pela demanda hídrica da planta ao longo de seu ciclo na produção de biomassa, assim, sendo possível a partir da quantificação da ET com o Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving – SAFER, elaborado por (TEIXEIRA et al., 2015), é um algoritmo desenvolvido no Brasil para obtenção de todos os componentes do balanço de energia, possibilitando a estimativa a ET.

O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da evapotranspiração de um

perímetro irrigado com o mapeamento da evapotranspiração, utilizando sensoriamento remoto como ferramenta de auxílio no monitoramento da demanda hídrica regional.

MATERIAL E MÉTODOS

O perímetro irrigado do projeto Jaíba localiza-se no distrito irrigado Mocambinho – Jaíba - MG, situando-se na região denominada Mata da Jaíba, entre os rios São Francisco e Verde Grande, região semiárida do estado. Os dados meteorológicos foram obtidos por estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no distrito de Mocambinho pertencente ao município de Jaíba (Figura 1), Norte de Minas Gerais, Brasil (15° 05' 09'' S, 44° 01' 00'' W e 454 m).

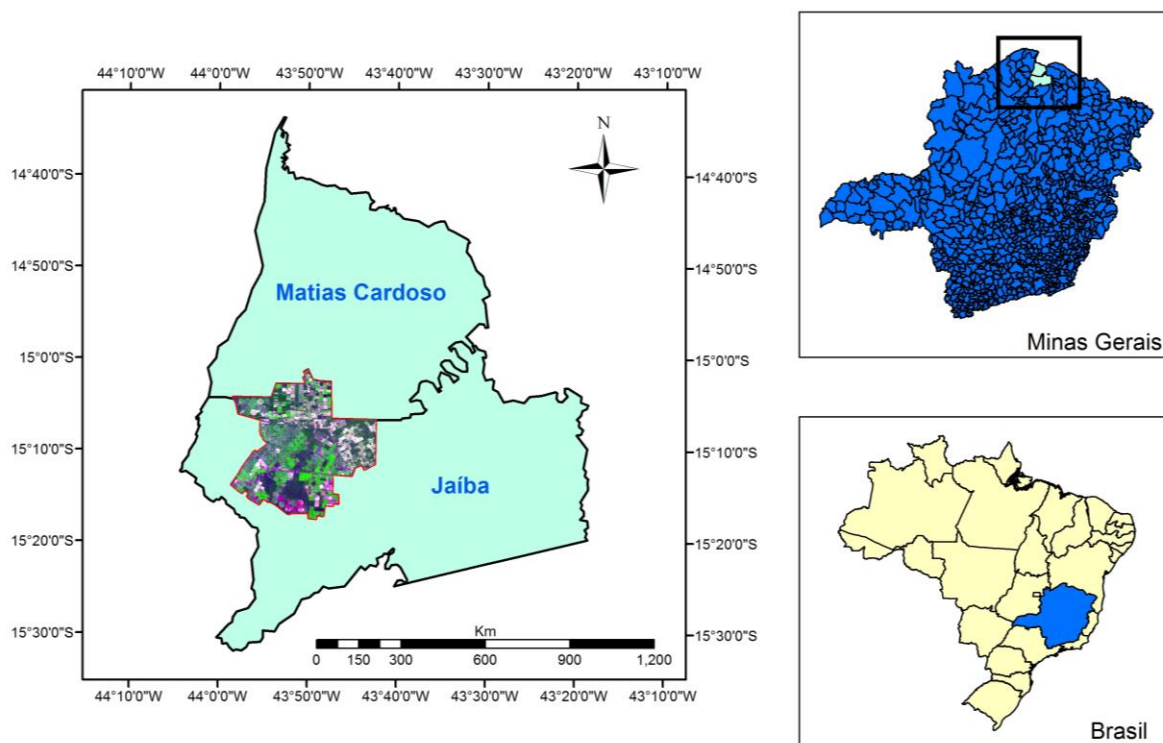


Figura 1. Mapa de localização do perímetro irrigado do projeto Jaíba, localizada no distrito de Mocambinho pertencente ao município de Jaíba, Norte de Minas Gerais, Brasil.

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8, com resolução espacial de 15, 30 e 100 metros; resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 16 bits, conforme a Tabela 1. O satélite fornece como produto 11 bandas espectrais ou diferentes imagens em tons de cinza que podem ser obtidas gratuitamente no portal do USGS – United State Geological Suvey, com informações em números digitais (ND), necessitando a conversão para radiância espectral para cada banda L_b ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$).

As imagens utilizadas para a estimativa da evapotranspiração foram as bandas 1 a 7; 10 e 11, nas datas 27/04, 13/05, 16/07, 01/08, 17/08 e 05/11/2016. Foram processadas utilizando o programa QGIS 2.8, onde aplicou-se a correção atmosférica através do método DOS 1, implementado no plugin Semi automatic classification.

Tabela 1. Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Instrumentos	Bandas	Comprimento de onda (micrômetros)	Resolução (metros)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Banda 1 - Coastal aerosol	0,43 – 0,45	30
	Banda 2 - Azul	0,45 – 0,51	30
	Banda 3 - Verde	0,53 – 0,59	30
	Banda 4 - Vermelho	0,64 – 0,67	30
	Banda 5 - Infravermelho próximo (NIR)	0,85 – 0,88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1,57 – 1,65	30
	Banda 7 - SWIR2	2,11 – 2,29	30
	Banda 10 - Termal infravermelho (TIRS)	10,50 – 11,19	30*
	Banda 11 - Termal infravermelho (TIRS)	11,50 – 12,51	30*

* TIRS bandas foram adquiridas com resolução de 100 metros, mas foram reamostrados para 30 metros em dados de entrada (USGS, 2013).

A evapotranspiração da cultura foi obtida com o uso do *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* – SAFER, realizando etapas como descritas no fluxograma da Figura 2.

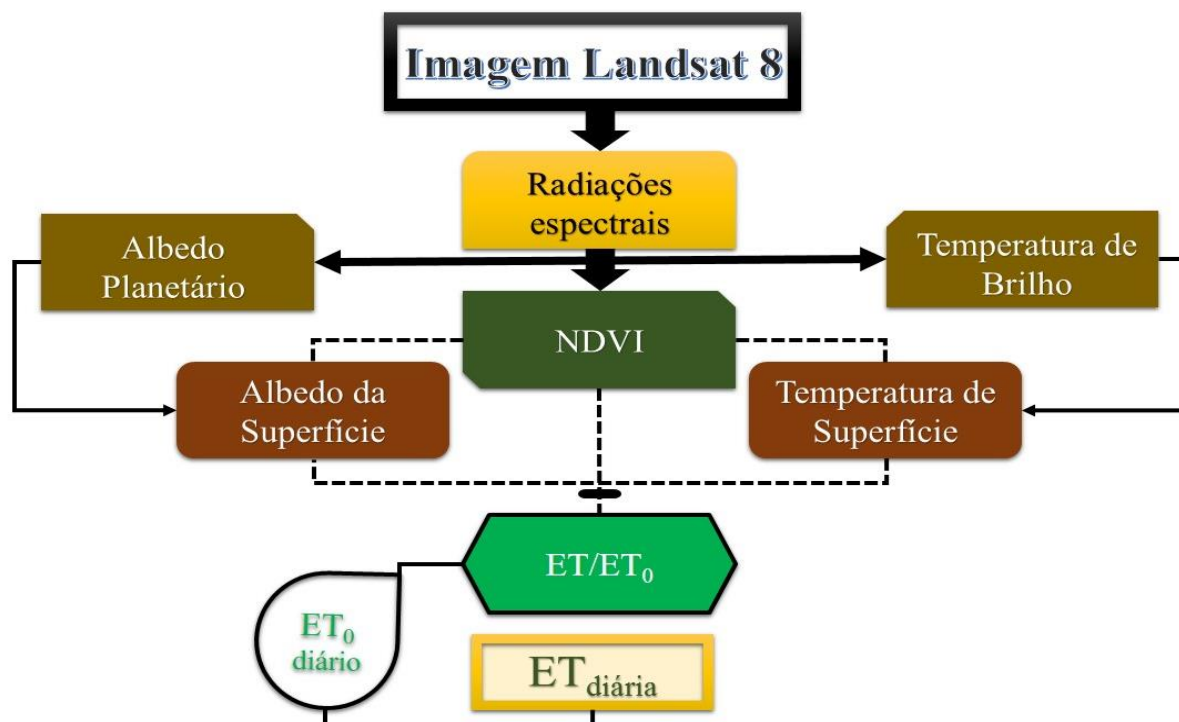


Figura 2. Fluxograma para o cálculo dos componentes dos balanços de energia e de água pelos modelos SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*).

O algoritmo é dividido em etapas de balanço de energia, como descrito por Teixeira et al. (2013), a partir dos parâmetros biofísicos, como a reflectância monocromática de cada banda ($\rho\lambda$), albedo planetário (α_b), albedo de superfície (α_0), componentes de energia - saldo de radiação (R_n), fluxo de calor latente (λE), o fluxo de calor sensível (H) e o fluxo de calor no solo (G), temperatura de brilho ($T_{b10,11}$) das bandas 10 e 11, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI, as radiações (ondas curtas incidentes - $RS\downarrow$, ondas longas emitida pela superfície terrestre - $RL\uparrow$ e ondas longas emitida pela atmosfera - $RL\downarrow$).

O saldo de radiação é obtido em dados diários como proposto por Teixeira et al. (2013), na Equação 1:

$$R_n = (1 - \alpha) \times RS\downarrow - \alpha_1 \times \tau_s \quad (1)$$

Sendo,

α_1 o coeficiente de regressão da relação entre o saldo de radiação de ondas longas;

τ_s a transmissividade atmosférica de ondas curtas na escala diária.

O α_1 , coeficiente de regressão é determinado pela Equação 2 proposta por Teixeira et al. (2008):

$$\alpha_1 = bTa - c \quad (2)$$

Onde b e c são constantes propostas por Teixeira et al. (2008),

b , correspondem aos valores de 7,0;

c , correspondem aos valores de 39,9.

A evapotranspiração atual (ET) obteve-se pela equação proposta por Teixeira, (2010), baseado pela razão ET/ET_0 como observado na Equação 3:

$$ET_r = ET/ET_0 = \exp [a + b \times (T_0 / \alpha_0 \times NDVI)] \quad (3)$$

em que,

a , é coeficiente de regressão proposto por Teixeira et al. (2013b);

b , é coeficientes de regressão proposto por Teixeira, (2010) .

Os $RS\downarrow$ diários foram obtidos para estimar a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), a partir da Equação 4:

$$PAR = aRS\downarrow \quad (4)$$

Onde,

A , é o coeficiente de regressão determinado por Teixeira et al. (2009).

Posteriormente, com a Equação 5 encontra-se a radiação fotossinteticamente ativa ($APAR$) através da estimativa da PAR :

$$APAR = f \times PAR \quad (5)$$

Onde,

f foi obtido pela Equação 6:

$$f = a \times \text{NDVI} + b \quad (6)$$

em que,

a e b são coeficientes propostos por Bastiaanssen e ALI (2003);
O NDVI dar-se pela Equação 7.

$$\text{NDVI} = (\text{B}_{\text{Infra Red}} - \text{B}_{\text{Red}}) / (\text{B}_{\text{Infra Red}} + \text{B}_{\text{Red}}) \quad (7)$$

Sendo,

B_{red} , reflectância na Banda 4 do Landsat 8;
 $\text{B}_{\text{infra red}}$, reflectância na Banda 5 do Landsat 8.

A biomassa das plantas BIO foi estimada conforme retratado na Equação 8:

$$\text{BIO} = \varepsilon_{\text{max}} \times \text{Ef} \times \text{APAR} \times \text{T}_{\text{AHC}} \quad (8)$$

Onde,

ε_{max} , eficiência de uso da luz máxima;
Ef, fração evaporativa da razão entre $\lambda E / R_n$;
 T_{AHC} , fator de conversão de 0,864.

A produtividade da água (PA) estimou-se pela Equação 9, proposto por (TEIXEIRA et al., 2008):

$$\text{PA} = \text{BIO} / \text{ET} \quad (9)$$

Sendo,

BIO, biomassa das plantas;
ET, evapotranspiração atual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perímetro irrigado de Jaíba apresentou variação em diferentes escalas ao longo do ano de 2016. Na Figura 3 os valores de evapotranspiração variam ao longo do perímetro irrigado do distrito de Mocambinho pertencente a Jaíba-MG.

As maiores frações evapotranspirativas corresponderam aos dias 27/04 (DJ-118), com valores médios de $0,73 \pm 0,39 \text{ mm dia}^{-1}$, no entanto, este mesmo dia diagnosticou-se culturas agrícolas com demanda hídrica acima dos 6 mm dia^{-1} , com ET em dentro de pivô central variando aproximadamente entre 1 e $6,5 \text{ mm dia}^{-1}$. Este comportamento de ET pode observado no dia 13/05 (DJ-134), com valores médios menores de $0,56 \pm 0,29 \text{ mm dia}^{-1}$, no entanto, a variação de dentro do pivô foi de 0,5 a 5 mm dia^{-1} .

No dia 16/07 (DJ-198) encontrou-se menores medias de ET sendo $0,31 \pm 0,29 \text{ mm dia}^{-1}$, apontando uma característica de evolução no desenvolvimento dos cultivos em diversos talhões irrigados, visto que 16 dias após as análises do dia Juliano DJ-198 (01/08) há um incremento nas médias de ET indo a $0,40 \pm 0,37 \text{ mm dia}^{-1}$, com diminuição de ET médio no dia 17/08 (DJ-230) com $0,32 \pm 0,33 \text{ mm dia}^{-1}$ caracterizando mudança fisiológica das culturas indo para menos demanda hídrica. Deste modo, pode-se confirmar a afirmativa anterior com o DJ-310, onde o aumento das medias para $0,45 \pm 0,48 \text{ mm dia}^{-1}$, dar-se pelo surgimento de novas áreas plantadas, com variação maior da demanda hídrica nos diferentes sistemas de irrigação.

Os resultados citados estão similares aos descritos por Teixeira et al. (2013a) em estudo na região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), no qual encontraram valores elevados de ET para maior umidade no solo e redução destes valores em menor umidade do solo, comprovando com os valores obtidos em áreas irrigadas com culturas e sem irrigação.

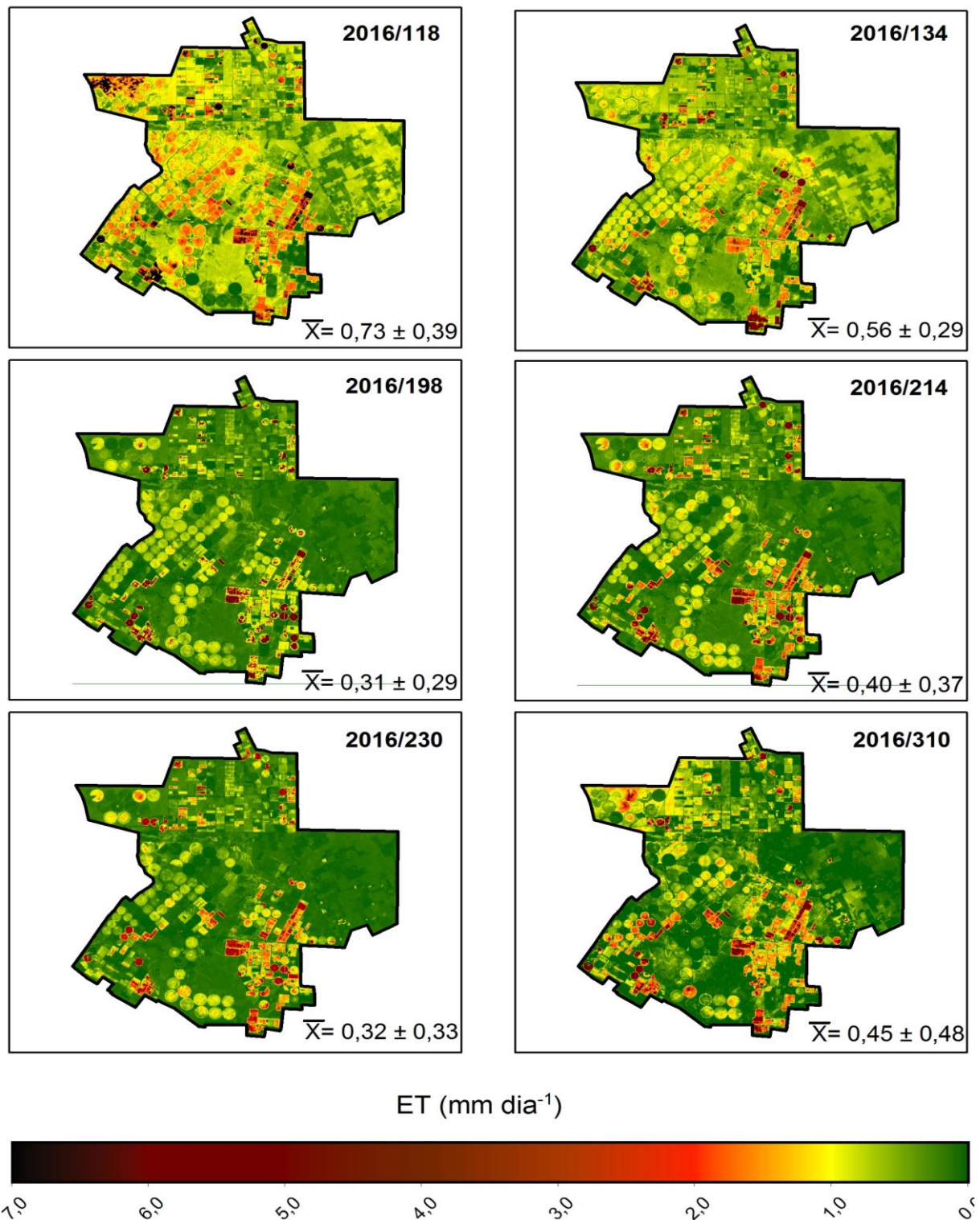


Figura 3. Distribuição espacial dos valores médios de evapotranspiração no ano de 2016 do perímetro irrigado do projeto Jafba, localizada no distrito de Mocaminho pertencente ao Município de Jafba, Norte de Minas Gerais, Brasil.

Os valores de produtividade da água (Figura 4), confirmaram que uma melhor eficiência da irrigação aponta melhor consumo de água, assim como observado no dia 27/04 onde mesmo obtendo a maior média de PA com $2,73 \pm 0,88 \text{ kg m}^{-3}$ os maiores valores são encontrados em médias de melhores distribuições de lâminas de irrigação, visto que a radiação solar é igual para todas as condições. A menor média de PA não ocorreu na menor taxa de ET relatada anteriormente no DJ-198 e sim no DJ-214, onde encontrou-se o valor de $1,52 \pm 0,83 \text{ kg m}^{-3}$.

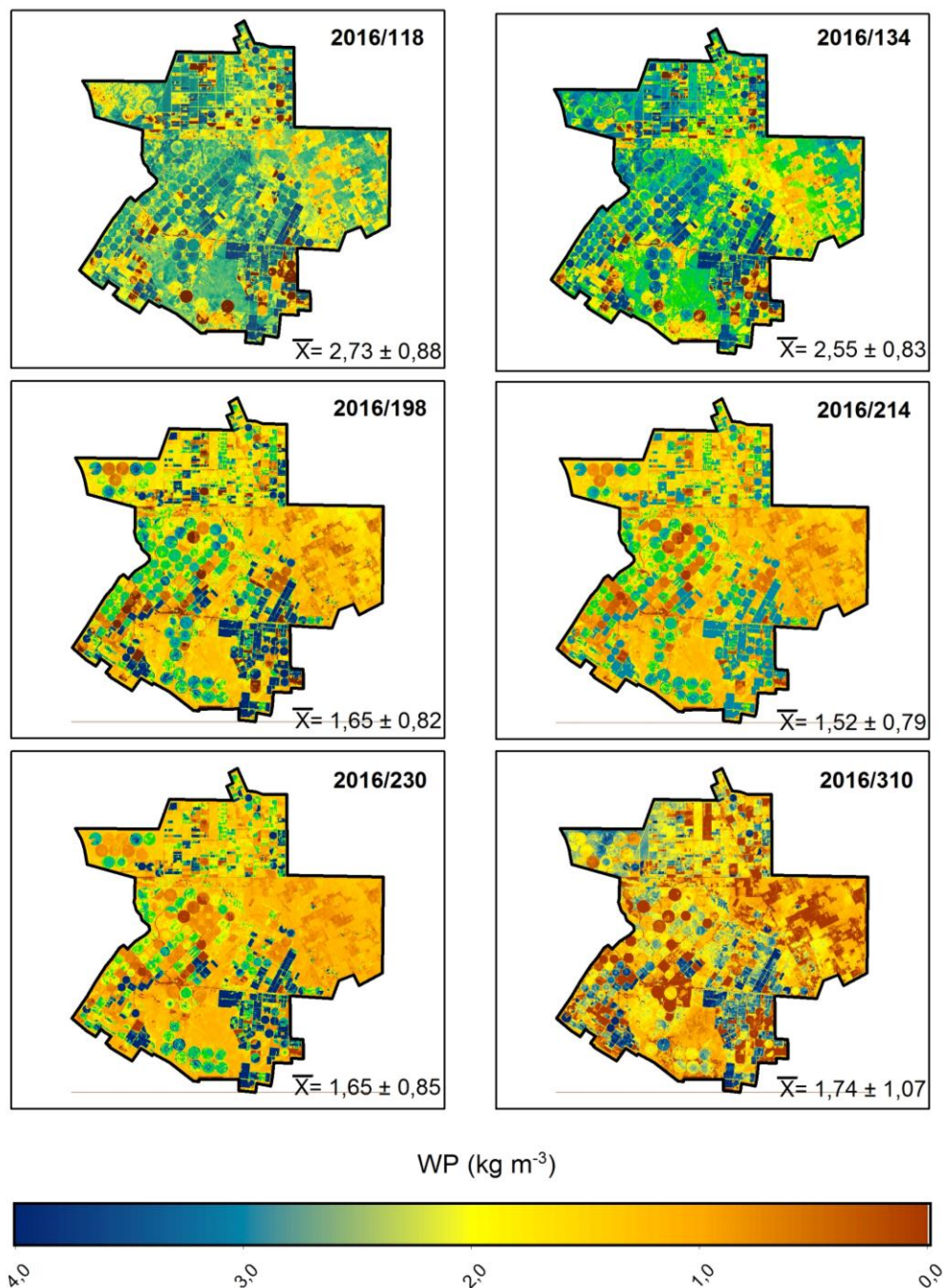


Figura 4. Distribuição espacial dos valores médios na produtividade de água no ano de 2016 do perímetro irrigado do projeto Jaíba, localizada no distrito de Mocaminho pertencente ao Município de Jaíba, Norte de Minas Gerais, Brasil.

Assim, como descrito na ET o comportamento de PA teve comportamento crescente de acordo com o incremento de biomassa das plantas no perímetro irrigado. No dia 05/11 com valor médio de $1,74 \pm 1,07 \text{ kg m}^{-3}$ demonstra valor crescente em áreas de cultivo irrigado, com maior desvio padrão relacionado a maiores zonas de baixa umidade do solo, consequentemente biomassa existente.

CONCLUSÕES

A eficiência na uniformidade de aplicação das laminas de irrigação para suprir a ET, pode ser observado nos mapas de produtividade da água, devido a oscilação dentro mesmo talhão com a mesma cultura e sistema de irrigação.

Os mapas gerados quantificam a demanda hídrica das plantas na região estudada, projetando aos produtores regionais se há ou não eficiência do uso da água em extensas áreas com diferentes formas de produção.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **FAO Irrigation and Drainage Paper - fao56.pdf** Food and Agriculture Organization (FAO), 1998. Disponível em:

<<http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2015

AVENDAÑO, L. et al. Evapotranspiración y coeficientes de cultivo de chile bell en el Valle de Culiacán, México. **Terra Latinoamericana**, v. 33, n. 3, p. 209–219, set. 2015.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 1–2, p. 87–100, 27 mar. 2000.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 94, n. 3, p. 321–340, mar. 2003.

BRILLANTE, L. et al. Variations in soil-water use by grapevine according to plant water status and soil physical-chemical characteristics—A 3D spatio-temporal analysis. **European Journal of Agronomy**, v. 77, p. 122–135, jul. 2016.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. [s.l.] NOBEL, 1984.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. [s.l.] oficina de textos, 2012.

REICHARDF, K.; TIMM. **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. 2ª edição ed. [s.l.] Manole, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed ed. Porto Alegre: [s.n.].

TEIXEIRA, A. H. C. et al. **Modelagem espaçotemporal dos componentes dos balanços de energia e de água no Semiárido brasileiro**. - Portal Embrapa. 1. ed. [s.l.] EMBRAPA, 2013a.

TEIXEIRA, A. H. DE 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, n. 1–2, p. 110–127, 30 nov. 2008.

TEIXEIRA, A. H. DE C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil: Part B: Application to the regional scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3–4, p. 477–490, 11 mar. 2009.

TEIXEIRA, A. H. DE 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**, v. 2, n. 5, p. 1287–1319, 6 maio 2010.

TEIXEIRA, A. H. DE C. et al. A comparative study of techniques for modeling the spatiotemporal distribution of heat and moisture fluxes at different agroecosystems in Brazil. In: **Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content**. 1. ed. Boca Raton, Florida: CRC Group: Taylor and Francis, 2013b. v. 1p. 165–188.

TEIXEIRA, A. H. DE C. et al. Modelling radiation and energy balances with Landsat 8 images under different thermohydrological conditions in the Brazilian semi-arid region. p. 14, 14 out. 2015.