

Indicadores agrometeorológicos espectrais em áreas irrigadas no Oeste da Bahia

Spectral agricultural indicators in irrigated areas in the West of Bahia

DOI: 10.34188/bjaerv4n1-065

Recebimento dos originais: 20/11/2020

Aceitação para publicação: 20/12/2020

Janice Freitas Leivas

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)/ Faculdade de Agronomia/ Instituto de Agrometeorologia/ Área de concentração Sensoriamento Remoto aplicado à agricultura

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Embrapa Territorial (CNPQ)

Endereço: Av. Soldado Passarinho 303, Fazenda Jardim Chapadão, Campinas - SP, Brasil

E-mail: janice.leivas@embrapa.br

Antônio Heriberto de Castro Teixeira

Doutor em Ciências Ambientais pela Wageningen University, Holanda

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Rua Cláudio Batista, s/n, Cidade Nova, Aracaju - SE, Brasil

E-mail: heribert@cnpq.br

Celina Maki Takemura

Doutora em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (USP), Pesquisadora da Embrapa

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Embrapa Territorial (CNPQ)

Endereço: Av. Soldado Passarinho 303, Fazenda Jardim Chapadão, Campinas - SP, Brasil

E-mail: celina.takemura@embrapa.br

Edlene Aparecida Monteiro Garçon

Geógrafa pela Universidade de São Paulo (USP), Analista de Geoprocessamento da Embrapa.

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Embrapa Territorial (CNPQ)

Endereço: Av. Soldado Passarinho 303, Fazenda Jardim Chapadão, Campinas - SP, Brasil

E-mail: edlene.garcon@embrapa.br

RESUMO

A região oeste da Bahia destaca-se pela agricultura de larga escala, que emprega tecnologia de ponta e apresenta elevados índices de produtividade para a produção de soja, milho e algodão. A região está situada em uma ampla bacia hidrográfica formada por rios perenes, que correm sobre o Aquífero Urucuia, e é considerada de extrema importância para o Rio São Francisco, aumentando o potencial de irrigação da região. Em 2016, devido à escassez de água, os irrigantes do oeste da Bahia sofreram perdas e novas safras nas áreas irrigadas foram interrompidas. Neste estudo, objetivamos combinar o uso de imagens de satélite com dados meteorológicos utilizando o algoritmo SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving), para estimar indicadores agrometeorológicos espectrais como NDVI e evapotranspiração (ET), e assim analisar a dinâmica das culturas ao longo do ciclo, principalmente em épocas de escassez de água. Foram utilizadas 46 imagens do satélite MODIS (de 2017 a 2018) e analisada a variação dos parâmetros ao longo do

tempo em áreas irrigadas por pivô central, áreas não irrigadas e áreas de vegetação natural, nas cidades de Barreiras e Riachão das Neves. Os resultados demonstraram eficiência no monitoramento das lavouras, permitindo distinguir suas fases e vigor da vegetação, auxiliando no monitoramento das culturas e podendo contribuir para o manejo da cultura, em tempos de escassez hídrica.

Palavras-Chave: evapotranspiração, NDVI, SAFER, irrigação.

ABSTRACT

The west region of the Brazilian state of Bahia stands out for its large-scale agriculture, which employs advanced technology and has high yield rates for soybean, maize and cotton production. The region is located at a wide watershed formed by perennial rivers, flowing over the Urucua Aquifer, and is regarded of utmost importance for the São Francisco River, as it increases its irrigation potential. In 2016, due to water scarcity, the region's irrigants underwent losses, and new crops in irrigated areas were interrupted. In this study we aimed to combine the use of satellite images with meteorological data using the SAFER algorithm (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving), to estimate spectral agrometeorological indicators such as NDVI and evapotranspiration (ET), and thus analyze the crops' dynamics along their cycle, particularly at times of water scarcity. We used 46 images captured by the MODIS satellite (from 2017 to 2018), and analyzed parameter variation over time at areas irrigated using central pivot, non-irrigated areas, and natural vegetation areas at the Barreiras and Riachão das Neves cities. The methods results showed efficiency in monitoring the crops, and enabled us to distinguish their phases and vegetation vigor. Thus, it may aid in crop monitoring efforts and may contribute to crop management under a water scarcity scenario.

Keywords: evapotranspiration, crop monitoring, SAFER, irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O oeste da Bahia destaca-se pela atividade agrícola em larga escala, realizada com utilização de tecnologia avançada, propiciando altos rendimentos das culturas soja, milho e algodão. Ações como correção do solo, características geográficas e políticas públicas, transformaram o agronegócio da região, tornando-a uma das mais produtivas do país, consolidando a agroindústria e exportação, sendo considerado o maior polo de grãos do nordeste brasileiro. O Oeste da Bahia tem a soja como a principal atividade agrícola, ocupando 69% das áreas agrícolas, e culturas como milho e algodão complementam a matriz produtiva do local. A soja movimenta a economia com a comercialização de 50% da soja *in natura* para indústrias da região e com a exportação de 47% da produção para países como China (66%), Japão (11%) e Holanda (8%) (AIBA, 2016).

Com estação chuvosa bem definida, esse trecho de grandes extensões propiciou o desenvolvimento das atividades agrícolas. Índices pluviométricos de até 1800 mm e demais condições de clima e solo favoráveis, além de uma extensa bacia hidrográfica com rios perenes sobre o aquífero Urucua, potencializam a irrigação e contribuem para o sucesso do agronegócio na região (FONTES, 2020).

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é o mais importante da bacia hidrográfica do Rio São Francisco; possui produtividade elevada, mantém uma vasta área de irrigação e representa aproximadamente 41% da disponibilidade hídrica subterrânea de toda a bacia (GONÇALVES et al, 2018). É no Oeste da Bahia que ocorre a principal área de afloramento do SAU, região onde, a partir da década de 1980, o crescimento agrícola suprimiu a vegetação nativa (Cerrado em sua maioria) e implantou extensas áreas de lavoura (BRANNSTROM et al., 2008; SPAGNOLO et al., 2012). Além das alterações no uso e ocupação do solo, a expansão agrícola exige intensa utilização dos recursos hídricos para irrigação de plantações.

Em tempos de escassez hídrica e de redução da contribuição do Urucuia para o Rio São Francisco, totalizando uma diminuição de 49% (390 m³/s) nos últimos 40 anos (GONÇALVES et al, 2018), monitorar parâmetros agrometeorológicos com a evapotranspiração é fundamental para estimar o consumo de água pelas culturas. Para se estimar a ET em escala regional sobre áreas parcialmente homogêneas ou heterogêneas, os métodos tradicionais tornam-se limitados. Uma alternativa para isso é a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, que envolvem o uso de um conjunto de equações destinadas a converter as medidas radiométricas originadas de sensores a bordo de satélites ou de aeronaves, em medidas de fluxo de energia. (TEIXEIRA, 2012).

Através de imagens de satélite, pode-se obter índices de vegetação como o NDVI (*Normalized Difference Index Vegetation Index*) que é amplamente usado para monitorar o crescimento e vigor vegetativo das culturas (JENSEN, 2009). Essas informações das culturas obtidas a partir de imagens de satélite podem ser acopladas aos dados das estações meteorológicas, para a estimativa de parâmetros agrometeorológicos como evapotranspiração (ET) em larga escala. O modelo agrometeorológico-espectral SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*) é um algoritmo que tem apresentado bons resultados na estimativa da evapotranspiração em larga escala (TEIXEIRA et al., 2013), envolvendo o albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_s) e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), como parâmetros obtidos por sensoriamento remoto, e dados climáticos provenientes de estações agrometeorológicas, podendo ser aplicado em agros-ecossistemas diferenciados. Esse algoritmo tem a vantagem de não obrigatoriedade da utilização da banda termal, possibilitando ser aplicado com imagens de diferentes sensores, juntamente com dados meteorológicos.

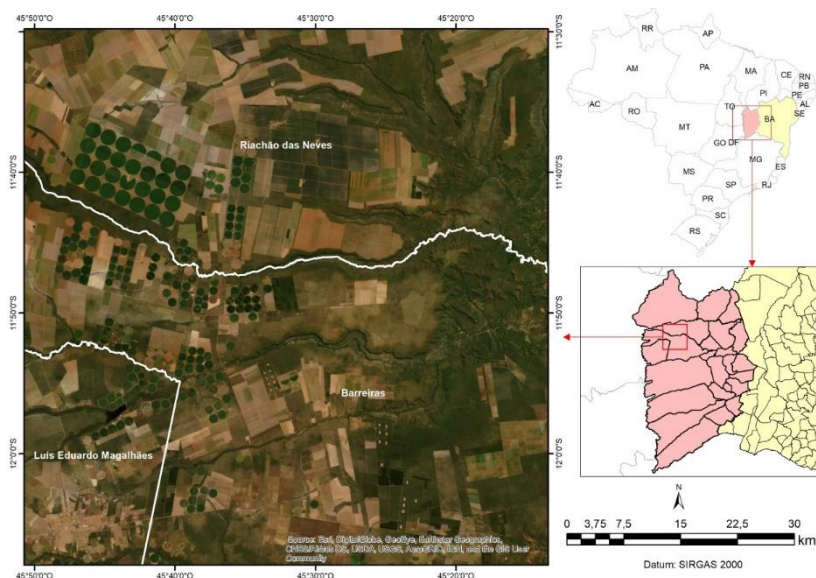
O objetivo deste estudo foi aplicar o SAFER juntamente com imagens de satélite e dados meteorológicos, disponíveis pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para quantificar a evapotranspiração e o vigor da vegetação, analisando a dinâmica das culturas ao longo do ciclo agrícola, em tempos de escassez hídrica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende parte dos municípios de Barreiras (Latitude: 12° 8' 54" S, Longitude: 44° 59' 33" W) e Riachão das Neves (Latitude: 11° 44' 49" S, Longitude: 44° 54' 23" W), no oeste da Bahia (Figure 1). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima no oeste da Bahia é Aw (**tropical chuvoso, quente e inverno seco**).

O período analisado foi de janeiro de 2017 a dezembro de 2018, contemplando 46 imagens do satélite MODIS, produto MOD13Q1, com resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias. Os dados meteorológicos utilizados foram temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa (UR), velocidade do vento (v) e radiação solar (R_g) fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 1 – Localização da área de estudo, área com pivôs centrais, áreas agrícolas e vegetação natural no oeste da Bahia, Brasil.



Os parâmetros calculados por sensoriamento remoto para entrada no modelo foram o albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_s) e o NDVI. O algoritmo SAFER foi usado para modelar os valores instantâneos da relação ET/ET_0 (equação 1), que é então multiplicada pelo ET_0 das estações meteorológicas para estimar os valores diários de larga escala do ET. A descrição completa do modelo agrometeorológico espectral está disponível em Teixeira (2010).

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left[f + g \left(\frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

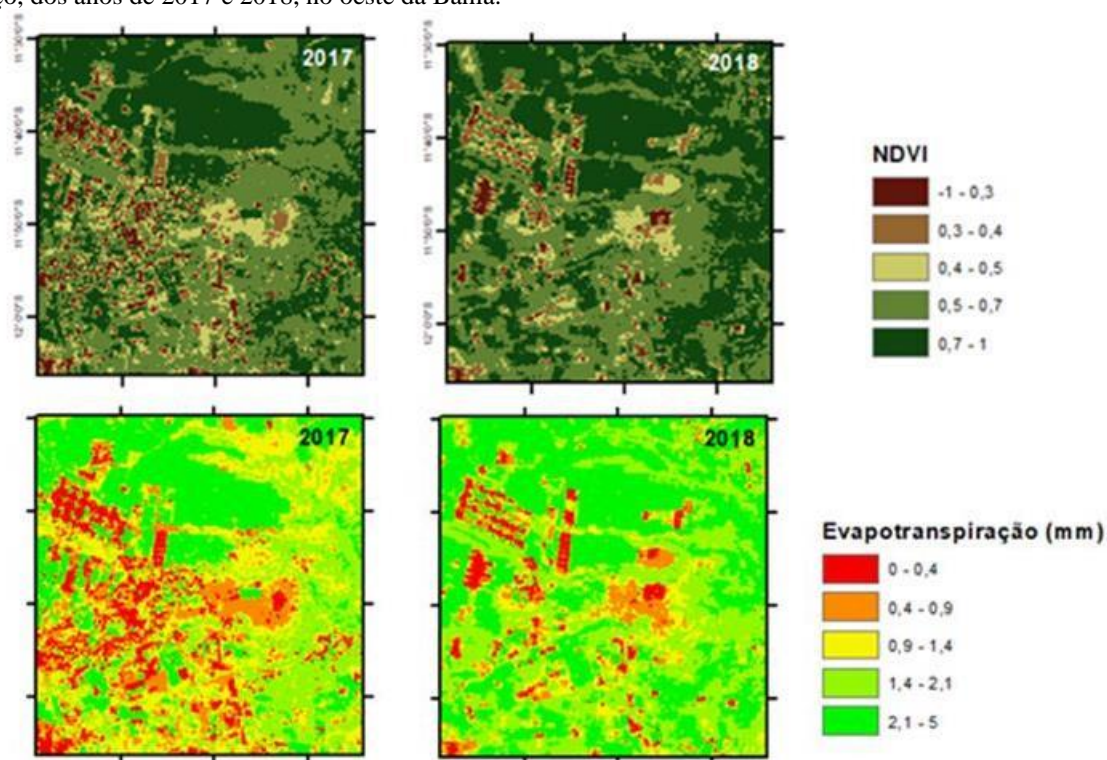
Onde ET_0 é calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), f e g são os coeficientes de regressão (TEIXEIRA et al., 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2 e 3 observa-se a distribuição espacial do indicador de vigor da vegetação (NDVI) e da transferência de água para atmosfera (evapotranspiração (ET)), para dois períodos distintos (18 de fevereiro a 5 de março e 17 de novembro a 2 de dezembro), dos anos 2017 e 2018, respectivamente, abrangendo áreas agrícolas (pivôs e parcelas) e vegetação natural.

Em meados de fevereiro ao início de março, o NDVI apresentou valores baixos (menores que 0,4), indicando presença de solo exposto, possivelmente devido à colheita da cultura plantada sob os pivôs centrais (soja). O mesmo observou-se com a ET, apresentando valores abaixo de 2 $mm.d^{-1}$. Analisando a variação temporal, pode-se inferir que, a partir do calendário agrícola, ocorreu plantio de milho segunda safra (alcançando valores próximos a 0,8) e com decréscimo em agosto e setembro, período de colheita do milho safrinha.

Figura 2. Distribuição espacial do NDVI e evapotranspiração média diária (mm) (ET), no período de 18 de fevereiro a 5 março, dos anos de 2017 e 2018, no oeste da Bahia.

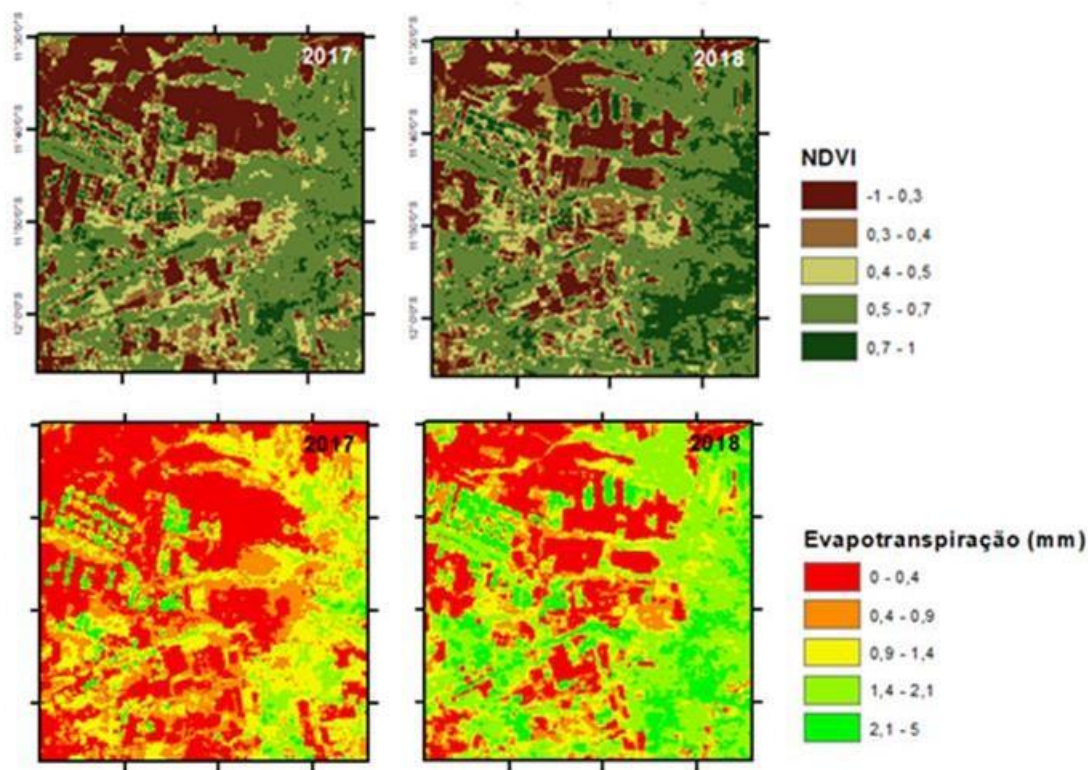


Na Figura 3, a análise do ET no período 17 de novembro a 2 de fevereiro, observou-se a diferença entre a resposta da vegetação de irrigação e da vegetação natural (tons de verde), com os

pixels de valores mais altos representando as áreas com pivôs centrais, alcançando 5 mm.d⁻¹ e nas áreas de vegetação natural, em torno de 2 mm.d⁻¹. Os menores valores de evapotranspiração diária foram observados na área de solo exposto/palhada, indicando que, pelo calendário agrícola deve estar preparando para plantio da safra de 2018/2019.

Os resultados deste estudo corroboram com os obtidos por Veloso et al. (2017), em que estimaram a ET utilizando imagens de satélite e o modelo SEBAL. Os autores verificaram variação nos valores da ET ao longo do ano, de 2,2 mm.d⁻¹ a 6,4 mm.d⁻¹, devido à quantidade de radiação disponível para cada dia. Moreira et al. (2019) obtiveram a ET com imagens Landsat-8 na Bahia, variando entre 0 mm.d⁻¹ (em áreas de solo exposto (palhada)) a 6,0 mm.d⁻¹ (em áreas irrigadas por pivôs e com maior densidade da vegetação nativa). Devido à ocorrência de chuvas a partir de novembro, a vegetação natural responde de maneira semelhante às áreas irrigadas, reduzindo o contraste entre as superfícies analisadas. Observa-se que as taxas de evapotranspiração aumentaram a partir de novembro (Figura 4).

Figura 3. Distribuição espacial do NDVI e evapotranspiração média diária (mm) (ET), no período de 17 de novembro a 2 de dezembro, dos anos de 2017 e 2018, no oeste da Bahia.

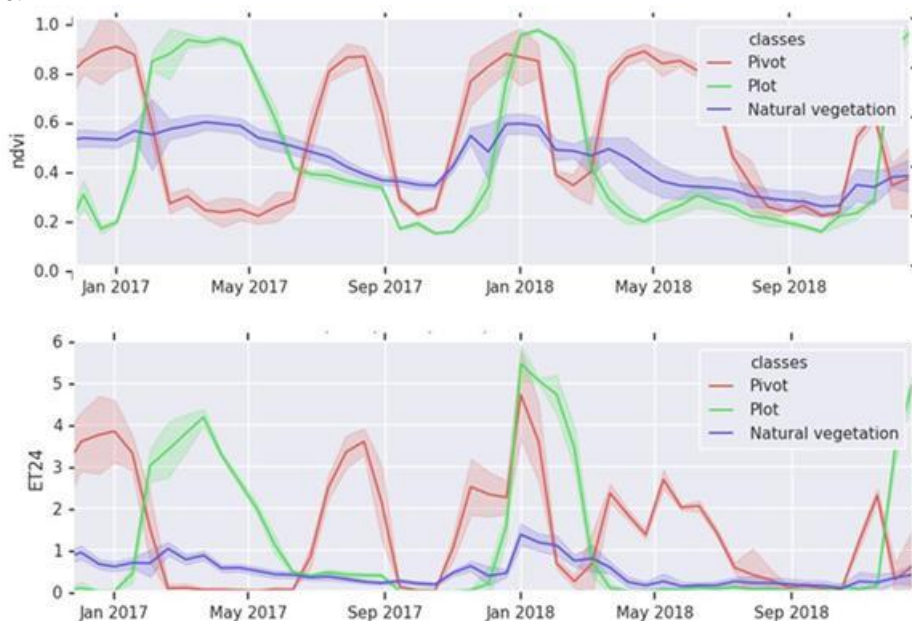


Para exemplificar o monitoramento em larga escala, foram extraídos dados ao longo do ciclo de pivô central, talhão de sequeiro e área de vegetação natural (cerrado). As áreas de pivôs centrais da região do MATOPIBA foram mapeadas por Landau et al (2014).

No oeste da Bahia, nas áreas agrícolas, há uma variação significativa nos valores de NDVI e ET ao longo do ano (Figura 4), mostrando o desenvolvimento das culturas e perda de água para atmosfera nos diferentes agroecossistemas, podendo auxiliar no consumo racional dos recursos hídricos.

Os valores mais altos de ET foram observados nas áreas irrigadas (acima de 4 mm.d^{-1}) nos períodos de pleno desenvolvimento da cultura (com altos valores de NDVI). No período seco (entre julho e outubro), a vegetação natural apresentou baixos valores de NDVI (em torno de 0,2) e de ET (abaixo de 1 mm.d^{-1}). Isso ocorre porque no cerrado, a maior parte da energia disponível é utilizada para o fluxo de calor sensível, aquecendo o ar (TEIXEIRA, 2012). Essas análises concordam com o fato de que a maior demanda de água da cultura ocorre no período de floração e desenvolvimento de grãos.

Figura 4. Dados temporais de ET em pivô, área agrícola (parcela) e vegetação natural por períodos específicos de 16 dias, 2017 a 2018.



Analisando-se conjuntamente os dados espaciais e temporais, observa-se que a metodologia foi eficaz no monitoramento das condições espectrais e hídricas das culturas. Com o conhecimento da cultura plantada em cada talhão ou pivô, o produtor rural pode acompanhar o desenvolvimento e vigor da sua lavoura.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados, pode-se concluir que a metodologia aplicada é uma ferramenta eficaz no monitoramento das culturas agrícolas, utilizando imagens de satélite e dados

de estações meteorológicas. Com o modelo agrometeorológico espectral SAFER foi possível estimar a evapotranspiração em áreas irrigadas no oeste da Bahia, diferenciando as fases e o vigor das culturas. Os resultados deste estudo podem auxiliar no monitoramento das lavouras, auxiliando na tomada de decisão sobre o estado e estágios de desenvolvimento das culturas, contribuindo para o manejo e o uso racional dos recursos hídricos para fins de irrigação.

REFERÊNCIAS

AIBA. Associação de agricultores e irrigantes da Bahia. **Anuário agropecuário do oeste da Bahia – safra 2015/2016**. 68p. Disponível em: <http://aiba.org.br/wp-content/uploads/2017/03/Anuario-2015-16-FINAL-Web.pdf>

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper 56**, Rome, Italy, 300 pp, 1998.

BRANNSTROM, C. et al. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy*, v. 25, n. 4, p. 579–595, 2008.

FONTES, J. G. Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero Urucuia na bacia do Rio Grande- BA: contribuições para a gestão e uso sustentável de águas subterrâneas. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2020.

GONÇALVES, R. D. ; ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. Evolução da contribuição do Sistema Aquífero Urucuia para o Rio São Francisco, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2018.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. DE .Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba - Brasil , Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 43 p. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** / Embrapa Milho e Sorgo.

MOREIRA, E. B. M.; SANTOS, J. Y.G.; MACHADO, W. B.; RIBEIRO, E. P. Evapotranspiração real na bacia hidrográfica do Rio de Ondas – BA através do algoritmo Sebal e imagens Landsat 8. **Anais: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIX, INPE, 2019.**

SPAGNOLO, T. F. O. et al. Dinâmica da expansão agrícola do município de São Desidério (BA) entre os anos de 1984 a 2008, importante produtor nacional de soja, algodão e milho. *Geo UERJ*, v. 23, n. 2, p. 603–618, 2012.

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 an Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v.2, n.5, p.1287-1319, May 2010.

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**. 55783-5804 (2013).

TEIXEIRA, A. H. DE C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agrometeorological stations. In: **Remote Sensing and Hydrology** (ed. by C. M. U. Neale & M. H. Cosh), 154–157. IAHS Publ. 352. IAHS Press, Wallingford, UK (2012).

VELOSO, G. A.; FERREIRA, M. E., SILVA, B. B. Determinação da evapotranspiração real diária em áreas irrigadas do projeto Jaíba (minas Gerais, Brasil), mediante imagens Landsat 5-TM. **Revista Cerrado**. Montes Claros, v.15, n.1, p. 53-76, jan/jun-2017.