



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IMAGENS SENTINEL PARA OBTENÇÃO DE PARÂMETROS AGROMETEOROLÓGICOS ESPECTRAIS, EM ÁREA DE CULTIVO DE COQUEIRO ANÃO

Janice Freitas Leivas^(a), Antônio Heriberto de Castro Teixeira^(b),
Fabio Miranda^(a), Celina Maki Takemura^(a), Edlene Aparecida Garçon^(a)

^(a) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA [janice.leivas, heriberto.teixeira,
fabio.miranda, celina.takemura, edlene.garcon]@embrapa.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste estudo foi obter parâmetros biofísicos (evapotranspiração, NDVI, temperatura da superfície e albedo) em áreas cultivadas com coqueiro anão, utilizando o modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving), sem o uso da banda termal. Para tanto, utilizou-se imagem do satélite Sentinel-2A, com o objetivo de melhorar resolução espacial (10m) e, portanto, detectar mais detalhes da superfície. Foram coletados dados da estação meteorológica da Fazenda Grangeiro, localizada no município de Paracuru (Ceará). Dentre os vários parâmetros agrometeorológicos obtidos, destaca-se a evapotranspiração média diária de $1,92 \pm 1,23$ mm, com um valor máximo de 5,57 mm nas áreas irrigadas. Recomenda-se, conforme a disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, analisar uma série temporal, possibilitando o monitoramento do ciclo da cultura, em larga escala, auxiliando nos resultados experimentais realizados na área de estudo, contribuindo para o gerenciamento das culturas irrigadas, diante da escassez dos recursos hídricos.

Palavras chave: coqueiro anão, SAFER, modelo agrometeorológico espectral, sensoriamento remoto

1. Introdução

O aumento significativo da demanda por água de coco gerou uma rápida expansão do plantio com coqueiros da variedade Anã, os quais passaram a ocupar áreas não tradicionais de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

cultivo com esta cultura. Os plantios encontram-se principalmente localizados em polos de irrigação, sendo a produção voltada para atender o mercado de frutos verdes in natura para consumo da água de coco. O coqueiro constitui uma das mais importantes culturas perenes, capaz de gerar renda, alimentação e uma diversidade de produtos. Podem-se aproveitar adiversas partes da planta, como fruto, as folhas, a inflorescência, entre outros produtos e subprodutos. Dentre as principais regiões brasileiras produtoras, o Nordeste, produzindo cerca de 80% de toda a produção nacional, possui condições especiais que favorecem a adaptação e o desenvolvimento do coqueiro. (Miranda et al., 2007).

Intensas secas têm sido recorrentes no nordeste brasileiro, causando prejuízos à população e interrupção de novos plantios nas áreas irrigadas, devido à escassez de água. Diante disso, o monitoramento de parâmetros agrometeorológicos como evapotranspiração, biomassa (BIO), temperatura da superfície (Tsup), índice de vegetação (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), em larga escala tem fundamental importância na tomada de decisão para o uso racional da água. Uma das grandes dificuldades do monitoramento desses parâmetros em larga escala é a necessidade de algoritmos biofísicamente realísticos, mas que sejam simples para a sua operacionalização. Nesse contexto, o modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) tem a vantagem da não obrigatoriedade de utilizar imagens de satélite com a banda termal, além da possibilidade de utilização de dados de estações agrometeorológicas (automáticas ou convencionais), possibilitando avaliar a série histórica de parâmetros como biomassa e evapotranspiração, em larga escala.

As imagens do satélite Sentinel-2A possuem avanços consideráveis em suas especificações técnicas, principalmente em se tratando das resoluções espacial (10m), espectral (12bits) e temporal (5dias). Para estudo ambientais, utiliza-se as bandas 2 (azul, 490 nm), 3 (verde, 560 nm), 4 (vermelho, 665 nm) e 8 (Infravermelho próximo, 842 nm) (ESA, 2015).

O objetivo deste estudo foi obter parâmetros biofísicos, utilizando o modelo SAFER, sem utilizar a banda termal, visando aumento da resolução espacial e obter maior detalhamento da superfície, auxiliando no monitoramento de áreas irrigadas, em área fazenda experimental de coqueiro anão.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Material e Métodos

A área de estudo deste trabalho compreende a Fazenda Experimental Grangeiro, localizada no município de Paracuru (Ceará) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima é tropical (Aw), com precipitação concentrada no verão, com média anual de 1194 mm.

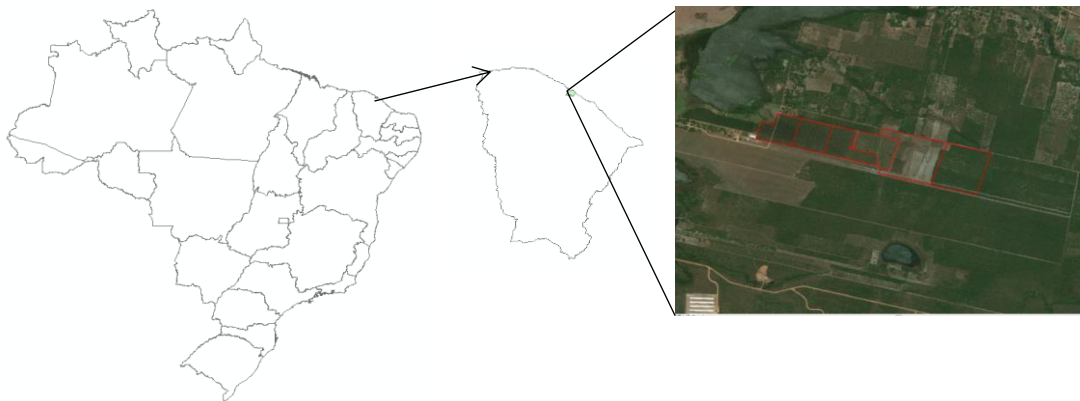


Figura 1 – Localização da área de estudo, Fazenda Granjeiro, em Paracuru (Ceará).

A evapotranspiração foi obtida através do modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) (Teixeira 2012a). O SAFER envolve parâmetros obtidos por sensoriamento remoto como albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_s) e o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), assim como dados meteorológicos para cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0).

Para a realização deste estudo foram utilizados dados da estação meteorológica localizada na Fazenda Granjeiro e imagem do satélite Sentinel-2A (tile 24MVB), referente ao dia 2 de agosto de 2016. A partir do processamento da imagem de satélite e dados meteorológicos, foi calculado o albedo da superfície. As bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo) do Sentinel-2A, foram usadas para o cômputo do albedo (α_p), sendo calculado como a média ponderada de α_{pband} de acordo com o peso de cada banda (w_{band}) (Teixeira et al., 2014a):

$$\alpha_p = \sum w_{band} \alpha_{pband} \quad (1)$$



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A temperatura da superfície (T_s) foi obtida por resíduo na equação do balanço de radiação (Teixeira et al., 2004a,b):

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

onde R_G e T_a são os valores diários da radiação solar global incidente e a temperatura média do ar, respectivamente, provenientes das estações meteorológicas, R_n é o saldo de radiação diário.

As emissividades da atmosfera (ε_A) e da superfície (ε_S) foram calculadas conforme proposto por Teixeira et al., 2014a,b. Os valores diários de R_n foram obtidos pela equação de Slob:

$$R_n = (1 - \alpha_p) R_g - a_L \tau_{sw} \quad (3)$$

onde a_L é um coeficiente de regressão da relação entre o saldo de radiação de ondas longas e τ_{sw} na escala diária. Este coeficiente foi espacializado de acordo com os valores de T_a (Teixeira et al., 2014a,b). O algoritmo SAFER foi usado para modelagem dos valores instantâneos da razão da ET para a evapotranspiração de referência (ET_0), a qual multiplicada pelos valores diários da ET_0 da estação meteorológica fornece a evapotranspiração (ET) em larga escala.

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left(g + h \left(\frac{T_0}{a.ndvi} \right) \right) \right\} \quad (4)$$

onde ET_0 é calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e g e h são os coeficientes de regressão (Teixeira et al., 2014a,b). Posteriormente, estimou-se o acúmulo de biomassa da vegetação para um dado período:

$$Bio = \sum (e_{max} * E_f * APAR * 0,864) \quad (5)$$

em que, Bio é o acúmulo de biomassa da vegetação ($kg \cdot ha^{-1}$), e_{max} é a máxima eficiência do uso da radiação, considerou-se o valor de $2,5 \text{ g MJ}^{-1}$ (Bastiaanssen e Ali, 2003), E_f é a razão entre o fluxo de calor latente (em $W \cdot m^{-2}$) e o saldo de radiação (R_n , $W \cdot m^{-2}$) (Teixeira et al., 2012).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3. Resultados e discussões

Através do modelo SAFER, juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens de alta resolução espacial, foram obtidos os valores médios dos parâmetros biofísicos como evapotranspiração (ET), albedo (α), biomassa (BIO), temperatura da superfície (T_{sup}) e produtividade da água (PA), em áreas irrigadas e de vegetação natural em Paracuru, Ceará. Observa-se que com a metodologia proposta neste estudo, foi possível discriminar o comportamento espectral da superfície.

Os valores médios do NDVI (Figura 2a) foram $0,52 \pm 0,21$, com valores mínimos de $-0,35$ (em corpos d'água) e máximo de $0,83$. Nas áreas irrigadas, o NDVI alcançou valores superiores a $0,7$, salientando a resposta da vegetação à irrigação. Em áreas com vegetação natural, o NDVI ficou em torno de $0,28$ e valores negativos nos corpos d'água. O albedo médio diário (Figura 2b) ficou em torno de $0,17 \pm 0,02$, sendo encontrados valores dentro do intervalo de $0,13$ a $0,36$. Nas áreas irrigadas, observa-se a variação do parâmetro (tonalidades de rosa). Pode-se considerar que o NDVI responde melhor à variação das condições hídricas que o albedo, corroborando com os resultados obtidos por Teixeira et al. (2015).

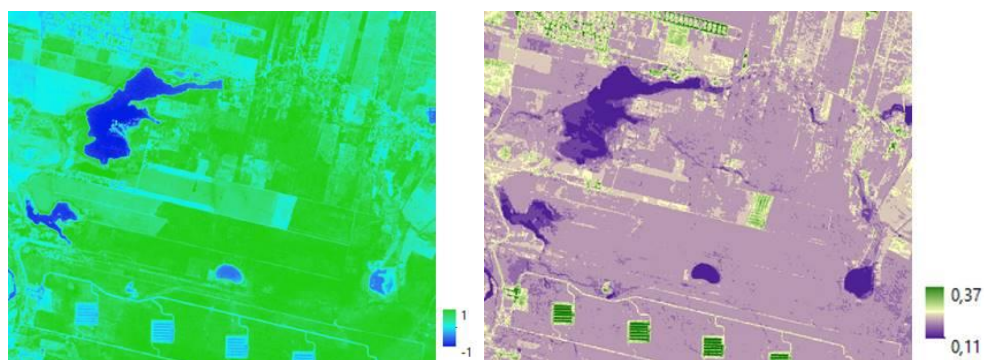


Figura 2. Distribuição espacial do NDVI (a) e albedo (b), obtidos via modelo SAFER e imagem Sentinel-2, em Paracuru (Ceará).

Na análise da temperatura da superfície (T_s) (Figura 3A), foram observados valores médios de $307,8 \pm 2,08K$, na área irrigada. Os valores de toda a cena analisada variaram de 304 a $329K$. Na área de solo exposto, a temperatura da superfície foi de $310K$, devido às condições da superfície.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

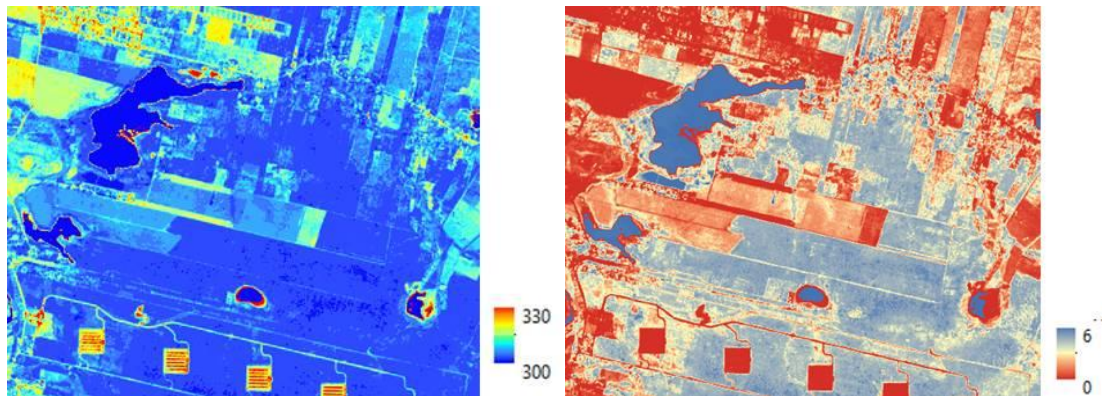


Figura 3. Temperatura da superfície (a) e evapotranspiração média diária (b), obtidos em fazenda produtora de coco, em Paracuru/Ceará, a partir de imagem Sentinel-2A.

A evapotranspiração média diária na Fazenda experimental foi $1,92 \pm 1,23$ mm e valor máximo de 5,57 nas áreas irrigadas (Figura 3b). Nas áreas de vegetação natural, foram observados os menores valores de evapotranspiração, em torno de 0,41mm, contrastando com as áreas irrigadas. Isto se deve ao fato de que a energia disponível no sistema é utilizada para aquecimento do ar, enquanto que nas áreas irrigadas essa energia é dispendida para o processo evapotranspiratório. Os valores médios da evapotranspiração mensal de referência (ET₀) estimada pelo método Penman-Monteith FAO, para o município de Paracuru, no Ceará, em agosto, é 4,8 mm (Miranda e Gomes, 2006).

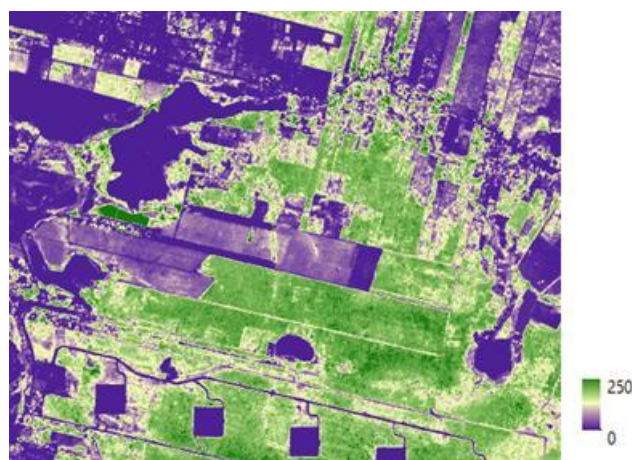


Figura 4. Distribuição espacial da biomassa, obtida via modelo SAFER e imagem Sentinel-2, em Paracuru, Ceará.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Nas áreas irrigadas, a BIO média foi de 35,86 e nas áreas de solo exposto foram encontrados os menores valores de biomassa, sendo inferiores a $2,19 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ (Figura 4). Conforme Teixeira (2009), os consumos hídricos das culturas irrigadas nas condições semiáridas brasileiras excedem aquele para as espécies da Caatinga durante o período naturalmente mais seco, promovendo um aumento na produção de biomassa (BIO) e nas taxas da evapotranspiração atual (ET) em larga escala. Em análise de áreas irrigadas e vegetação natural utilizando modelagem agrometeorológica espectral com imagens Landsat-8, Teixeira et al. (2015) encontraram valores incrementais, representativos dos efeitos da substituição da vegetação natural por culturas irrigadas foram de 40, 54 e 23%, para respectivamente ET e BIO.

O uso da irrigação é importante para viabilizar a exploração comercial da cultura do coqueiro, principalmente na região nordeste, devido à irregularidade das chuvas. A variabilidade da precipitação pluvial e o manejo inadequado da irrigação são algumas das principais causas da baixa produtividade do coqueiro. Quando submetido a estresse hídrico, o coqueiro apresenta redução no crescimento pela diminuição na emissão de folhas e do tamanho destas, queda prematura de folhas, retardamento do início da fase de produção, diminuição do número de flores femininas por cacho, queda de flores e frutos imaturos e redução do tamanho dos que chegam a amadurecer (Miranda e Gomes, 2006).

A metodologia aplicada para obtenção de parâmetros agrometeorológicos em área de fazenda produtora de coqueiro não mostrou-se eficaz para avaliar o desenvolvimento da cultura, porém uma dificuldade de aplicar o modelo em área litorânea seria a disponibilidade de imagens sem nuvens, ao longo do ciclo da cultura, pois em período chuvoso (verão) a disponibilidade de imagens com alta resolução espacial, como do satélite Sentinel-2A, fica prejudicada, inviabilizando o monitoramento contínuo. Portanto, sugere-se realizar uma análise em larga escala com imagens de menor resolução espacial (250m), como os produtos do satélite do MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), e temporal (16 dias) e, conforme a cobertura de nuvens, realiza-se a processamento com imagens de melhor resolução espacial.

4. Considerações Finais

Com a aplicação do modelo agrometeorológico, juntamente com imagem do satélite Sentinel-2A, foi possível obter os parâmetros da superfície em área de coqueiro não irrigado, com a vantagem



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de não ser necessário utilizar a banda termal, possibilitando utilizar imagens de alta resolução espacial e temporal no manejo dos recursos hídricos. Recomenda-se, conforme a disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, analisar uma série temporal, possibilitando o monitoramento do ciclo da cultura, contribuindo para o gerenciamento culturas irrigadas, diante da escassez dos recursos hídricos.

5. Referências Bibliográficas

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.

BASTIAANSEN, W.G.M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 94, p. 32-340, 2003.

EUROPEAN SPACE AGENCY (2015). Sentinel-2 User Handbook Document. Technical Report issue 1 revision 2. : European Space Agency <<https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel2_User_Handbook>>. acesso em: 10/12/2018.

MIRANDA, F.R.; GOMES, A.R.M.; OLIVEIRA, C.H.C.; MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 129-135, 2007.

MIRANDA, F. R. de, SILVA, A. B. Da, GUIMARÃES, V. B., SILVA, E. S., SANTOS, M. M. **Produtividade da água de irrigação do coqueiro anão na região litorânea do Ceará**. INOVAGRI International Meeting, IV, 2017

MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, v. 9, p.747-766, 1972.

TEIXEIRA, A.H. de C. **Water productivity assessments from field to large scale: a case study in the Brazilian semi-arid region**; LAP Lambert Academic Publishing: Saarbrücken, Germany, 226p., 2009.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G. ; LEIVAS, J.F. ; BOLFE, E. L. Energy balance with Landsat images in irrigated central pivots with corn crop in the São Paulo State, Brazil. **Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering**, v. 9239, p. 923900-1-923900-10, 2014a.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; VICTORIA, D. DE C.; ANDRADE, R.G. ; LEIVAS, J.F. ; BOLFE, E.L. ; CRUZ, C.R. Coupling MODIS images and agrometeorological data for agricultural water productivity analyses in the Mato Grosso state, Brazil. **Proceedings of**



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SPIE - International Society for Optical Engineering, v. 9239, p. 92390W-1- 92390W-14, 2014b.

TEIXEIRA, A. H. DE C., LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; HERNANDEZ, F. B. T. Water productivity assessments with landsat 8 images in the Nilo Coelho irrigation scheme. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 1-10, 2015.

TEIXEIRA, A.H. de C. **Water productivity assessments from field to large scale: a case study in the Brazilian semi-arid region**. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2009, 226p.