

Análises dos componentes dos balanços de radiação e de água por sensoriamento remoto em videiras para mesa no município de Petrolina-PE, Brasil

Antônio Heriberto de Castro Teixeira¹
Luís Henrique Bassoi²
Helio Leandro Lopes³
Fernando Braz Tangerino Hernandez⁴

^{1,2} Embrapa Semiárido - CPATSA
Caixa Postal 23 – 56302-970 - Petrolina - PE, Brasil
heribert@cpatsa.embrapa.br; lhbassoi@cpatsa.embrapa.br

³ Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
56.300-000 - Petrolina - PE, Brasil
heliovasf@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual Paulista - UNESP
Caixa Postal 34 - 15385-000 - Ilha Solteira - SP, Brasil
fbhttang@agr.feis.unesp.br

Abstract.

To achieve sustainable development and to ensure water availability in irrigated vineyards, modelling is important to estimate the radiation and water balances components at the farm scale. Landsat satellite images and an agro-meteorological station were used together models for quantification of these components in a commercial table grape farm, with a mixture of varieties, located in Petrolina municipal district, Brazil, which showed good agreements with field measurements. Considering the radiation balance components, the mean values of surface albedo (α_0) ranged from 0.13 ± 0.02 to 0.16 ± 0.01 ; the surface temperature (T_0) from 300.9 ± 1.3 K to 304.8 ± 2.2 K, and the NDVI from 0.75 ± 0.07 to 0.79 ± 0.09 . In relation to the water balance components, the variation in the mean values of the soil moisture at 40 cm depth was from 0.21 ± 0.11 cm³ cm⁻³ to 0.26 ± 0.10 cm³ cm⁻³. The application of the models with agro-meteorological data of 2009 allowed the determination of the total actual evapotranspiration (ET) and the crop coefficient (K_c) for the generalized growing season (GS) in the second half of that year. The values for well irrigated vineyards varied, respectively from 440 to 550 mm GS⁻¹ and 0.74 a 0.90. The similarity of the models results with field measurements and the trend with the crop stages gave confidence in their use with applicability in the semi-arid region of Brazil.

Palavras-chave: surface albedo, surface temperature, soil moisture, actual evapotranspiration, albedo da superfície, temperatura da superfície, umidade do solo, evapotranspiração atual

1. Introdução

Parreirais cultivados nas condições quentes da região semiárida da bacia do Rio São Francisco exibem comportamentos agronômicos diferentes daqueles cultivados em clima temperado. Enquanto que nesta última condição climática o frio induz um período de dormência na cultura, os processos fisiológicos nas condições semiáridas do Brasil são acelerados e o manejo cultural permite o cultivo da videira em qualquer época do ano, entretanto o período chuvoso é evitado devido aos danos diretos nos frutos e elevados índices de doenças fúngicas (Teixeira, 2009).

Com o crescimento das áreas irrigadas com parreirais comerciais no Vale do São Francisco, destacando-se o centro de desenvolvimento Petrolina-PE/Juazeiro-BA, torna-se muito importante o estudo dos balanços de radiação e de água para suporte ao manejo racional da irrigação. Estudos destes balanços em videiras foram realizados com a utilização de lisímetros (Williams e Ayars, 2005), técnicas das correlações turbulentas (Ortega-Farias et al.,

2007) e pelo método da razão de Bowen (Teixeira et al., 2007). Entretanto, experimentos de campo falham para as estimativas dos componentes em larga escala, que pode ser solucionado pela utilização do sensoriamento remoto com imagens de satélites. O sensoriamento remoto exclui a necessidade de se quantificar processos hidrológicos complexos, sendo um excelente meio de se determinar e mapear as variáveis hídricas de parreirais conduzidos sob diferentes manejos culturais.

Moller et al. (2007) demonstraram a eficiência do uso das bandas nas faixas do visível e termal de imagens com boa resolução espectral em parreirais de Israel para o manejo de irrigação. Naor (2006) concluiu que medições na faixa do infravermelho termal em fruteiras possibilitam a produção de mapas de estresse hídrico, facilitando o manejo de água pelos produtores. Com relação às condições semiáridas brasileiras, Teixeira et al. (2009) confirmaram a utilidade de aplicação do sensoriamento remoto na obtenção da produtividade da água em fazendas comerciais de uva para mesa e vinho.

O objetivo deste trabalho foi combinar dados obtidos por satélites com aqueles provenientes de estações agro-meteorológicas para testar a utilização de modelos aplicáveis, nas análises dos componentes dos balanços de radiação e de água em fazendas comerciais de uvas de mesa, situadas no município de Petrolina-PE, Brasil, visando subsidiar o manejo racional da água e dimensionamento de novos sistemas de irrigação nas condições de rápida mudança da caatinga para parreirais comerciais. As variáveis estimadas incluem o albedo da superfície, a temperatura da superfície, o NDVI, a umidade do solo, a evapotranspiração atual e o coeficiente de cultura.

2. Metodologia de Trabalho

A fazenda Vale das Uvas analisada, produtora de uvas para mesa, situa-se no município de Petrolina-PE, Brasil. Uma estação agro-meteorológica (09°18'50.93" S; 40°22'22.98"W), foi utilizada em conjunto com medições de parâmetros obtidos por sensoriamento remoto através da utilização de quatro imagens do satélite Landsat nos dias 06/07/2003, 12/10/2004, 16/11/2005 e 30/07/2006. Os dados da estação de radiação solar incidente, temperatura e umidade do ar, e velocidade do vento foram usados no cálculo da evapotranspiração de referência - ET_0 (Allen et al., 1998).

As variedades de videira são compostas de uma mistura de *Itália*, *Red glob*, *Sugraone* e *Benitaka*, envolvendo uma área de aproximadamente 200 ha, na sua maioria com sistema de irrigação por micro aspersão, sendo apenas 10% da área cultivada irrigados por gotejamento na cv. *Sugraone*. Embora os produtores possam produzir uvas em qualquer época do ano na região, a produção é concentrada no segundo semestre devido aos problemas ocasionados pelas chuvas no primeiro semestre do ano. Portanto, neste trabalho as análises são realizadas no período de julho ao início de novembro, onde há um maior número de parcelas cultivadas comercialmente.

A Tabela 1 resume as equações de regressão para a modelagem dos valores dos componentes dos balanços de radiação e de água em nível de fazenda (Teixeira et al, 2008; Teixeira, 2010).

Tabela 1. Resumo das equações de regressão utilizadas na modelagem

Parâmetro	Equação	a	b	R ²
α_0	$\alpha_0 = a\alpha_p + b$	0,70	0,06	0,96
T_0	$T_0 = aT_{sat} + b$	1,11	-31,89	0,95
r_s	$r_s = \exp[a(T_0/\alpha_0)(1 - NDVI) + b]$	0,04	2,72	0,93
θ_{40}	$\theta_{40} = a r_s + b$	-0,0005	0,36	0,95
ET/ET_0	$ET/ET_0 = \exp\{a + b[T_0/(\alpha_0 NDVI)]\}$	1,90	-0,008	0,91

Para obtenção de todos os componentes, os únicos parâmetros obtidos por satélites são o albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_0) e o NDVI. A razão da evapotranspiração atual (ET) para a ET_0 é aplicada às grades de ET_0 na obtenção da ET diária e para o total do ciclo produtivo.

Equações de regressão simples foram aplicadas para correções atmosféricas na obtenção dos valores de α_0 e T_0 (Teixeira, 2010). Após a conversão das radiações espectrais e correções atmosféricas, as imagens de NDVI, α_0 e T_0 foram utilizadas para a obtenção da resistência da superfície ao fluxo de vapor d'água (r_s) e da umidade do solo a 40 cm de profundidade (θ_{40}). A razão ET/ET_0 foi também modelada com os mesmos parâmetros obtidos por sensoriamento remoto utilizados para a r_s (Tabela 1). A relação de θ_{40} com r_s apresentada na Tabela 1 foi obtida com dados experimentais de balanços de energia e de água em uma parcela experimental de uvas sem sementes cv. *Sugraone* da fazenda estudada (Teixeira et al., 2008)

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a variação espacial de α_0 na fazenda Vale das Uvas em Petrolina-PE, para quatro épocas do segundo semestre do ano, envolvendo diferentes condições fenológicas, térmicas e hídricas.

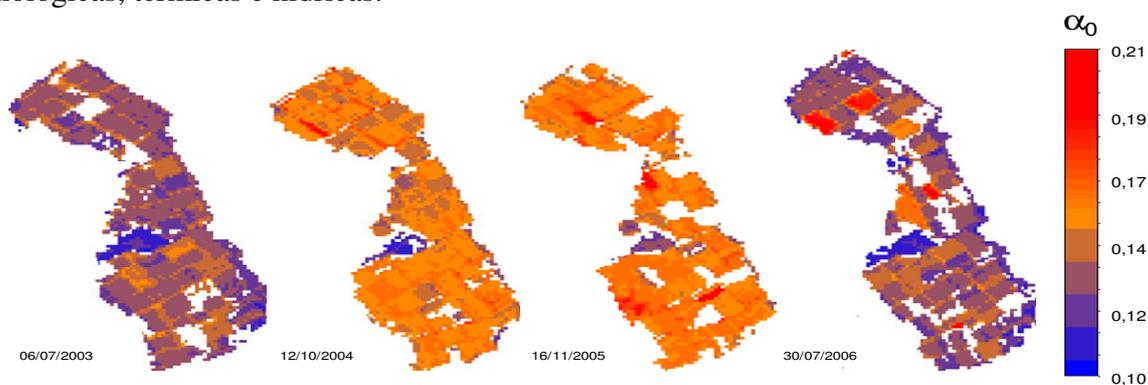


Figura 1. Distribuição espacial do albedo da superfície (α_0) na fazenda Vale das Uvas em Petrolina-PE, Brasil, para quatro diferentes fases do ciclo produtivo generalizado da cultura da videira: (a) 06 julho de 2003; (b) 12 de outubro de 2004; (c) 16 de novembro de 2005; (d) 30 de julho de 2006

Com as radiações espectrais na faixa do visível e a equação para correções atmosféricas da Tabela 1, α_0 foi calculado na escala de fazenda comercial, apresentando em média, valores de $0,13 \pm 0,01$ no dia 06/07/2003; $0,13 \pm 0,02$ no dia 30/07/2006; $0,15 \pm 0,01$ no dia 12/10/2004; e $0,16 \pm 0,01$ no dia 16/11/2005. Menores valores em julho indicam grande parte de parreirais na fase de transição da poda para brotação das gemas, enquanto que em novembro, os maiores valores estão relacionados com a passagem dos estágios de florescimento para o de frutificação. O valor médio considerando os quatro dias representativos das diferentes fases generalizadas na fazenda Vale das Uvas sendo 0.14 é menor do que o reportado por Teixeira et al. (2008) de 0,18 para a parcela experimental na mesma fazenda. Entretanto esta diferença pode ser considerada devida à variação nos estágios fenológicos nas diversas parcelas no atual estudo, com os maiores valores ocorrendo proporcionalmente com o índice de área foliar (Oliver e Sene, 1992, Teixeira et al., 2007).

De posse dos valores das radiações espectrais na banda 6 e da equação para correções atmosféricas apresentada na Tabela 1, T_0 foi calculada para as parcelas com videiras na fazenda Vale das Uvas (Teixeira, 2010). Os valores espaciais são apresentados na Figura 2.

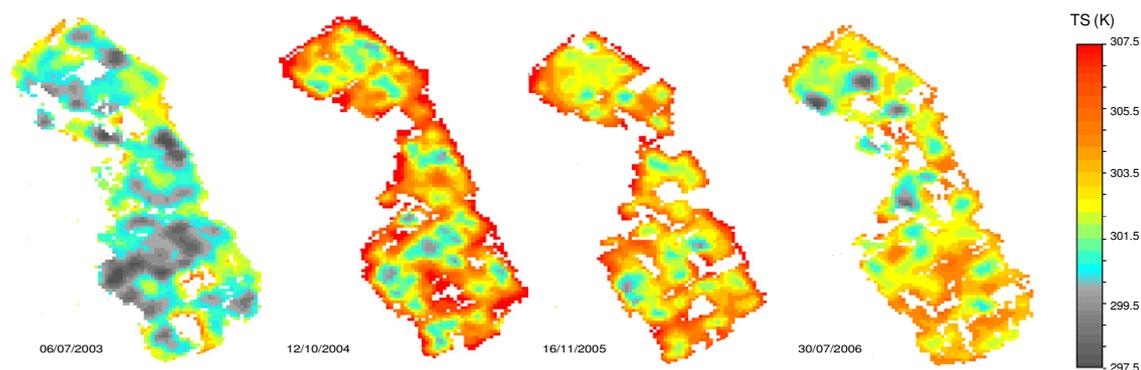


Figura 2. Distribuição espacial da temperatura da superfície (T_0) na fazenda Vale das Uvas em Petrolina-PE, Brasil, para quatro diferentes fases do ciclo produtivo generalizado da cultura da videira para mesa: (a) 06 julho de 2003; (b) 12 de outubro de 2004; (c) 16 de novembro de 2005; (d) 30 de julho de 2006

No dia 06/07/2003 as condições térmicas foram as mais baixas com o valor médio de T_0 de $300,9 \pm 1,3$ K. Entretanto há um rápido aumento de temperatura no período de julho a setembro. No final de julho o valor médio de T_0 foi de $303,1 \pm 1,5$ K (imagem de 30/07/2006). A partir do final de setembro ocorre uma estabilização até a fase representativa do final do ciclo com valores médios de T_0 de $304,8 \pm 2,2$ e $304,0 \pm 2,1$ K nos meses de outubro e novembro (Figura 2), significando em um aumento na radiação de ondas longas emitida dos parreirais para a atmosfera.

Como os balanços de radiação e de água dependem da fenologia da cultura, uma análise envolvendo o ciclo produtivo generalizado dos parreirais, também foi feita para os valores de NDVI, indicador vegetativo que está diretamente relacionado com o índice de área foliar e arquitetura das plantas (Figura 3), tendo sido este calculado para diferentes fases fenológicas da videira, utilizando-se as radiações espectrais das bandas 3 e 4 do Landsat (Teixeira, 2010)

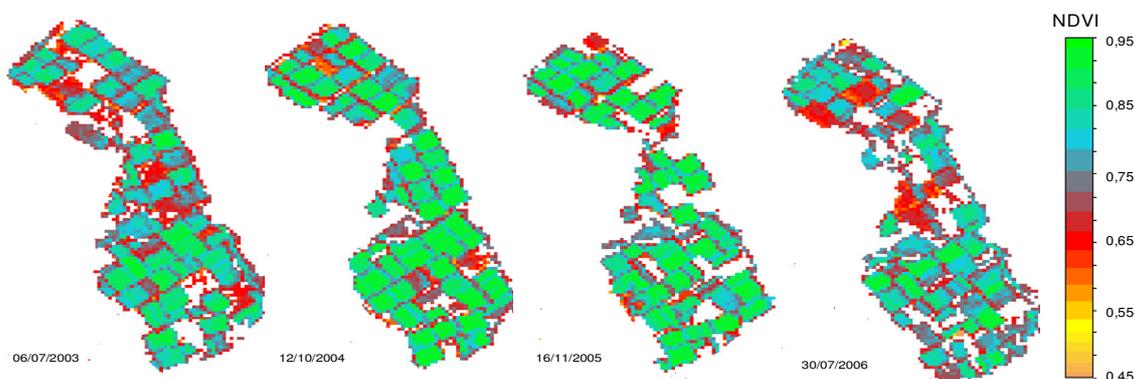


Figura 3. Distribuição espacial do NDVI na fazenda Vale das Uvas em Petrolina-PE, Brasil, para quatro diferentes fases do ciclo produtivo generalizado da cultura da videira para mesa: (a) 06 julho de 2003; (b) 12 de outubro de 2004; (c) 16 de novembro de 2005; (d) 30 de julho de 2006.

No dia 06/07/2003 o valor médio do NDVI foi de $0,76 \pm 0,08$. Percebe-se uma estabilidade até o final de julho quando o NDVI médio foi de $0,75 \pm 0,07$, (imagem de 30/07/2006). Os valores médios crescem para $0,79 \pm 0,09$ em outubro, quando muitas parcelas estão na transição dos estágios de florescimento para o de frutificação e depois reduzem novamente para valores médios de $0,77 \pm 0,10$ em novembro. Neste último mês, geralmente algumas parcelas já foram colhidas, apresentando o maior valor de desvio padrão devido às diferentes épocas de colheita (imagem do dia 16/11/2005).

Para testar a aplicabilidade de r_s como indicador da umidade do solo, a equação da Tabela 1 foi avaliada para a profundidade de 40 cm na obtenção de θ_{40} , onde se encontram a maior parte das raízes das videiras adultas (Figura 4).

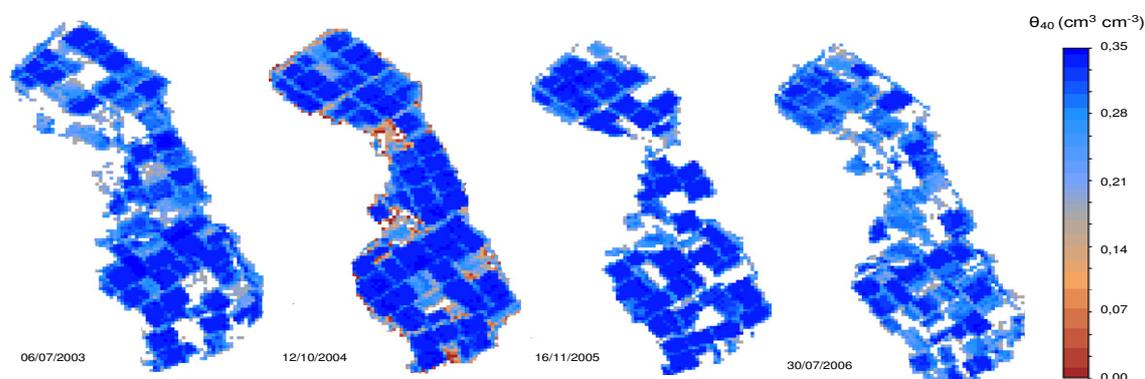


Figura 4. Distribuição espacial da umidade do solo na profundidade de 40 cm (θ_{40}) na fazenda Vale das Uvas em Petrolina-PE, Brasil: para quatro diferentes fases do ciclo produtivo generalizado da cultura da videira para mesa; (a) 06 julho de 2003; (b) 12 de outubro de 2004; (c) 16 de novembro de 2005; (d) 30 de julho de 2006.

No dia 06/07/2003 o valor médio do θ_{40} foi de $0,21 \pm 0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Como para o caso do NDVI, percebe-se uma estabilidade até o final de julho quando o θ_{40} médio foi de $0,22 \pm 0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ representado pela imagem de 30/07/2006. Os valores médios crescem para $0,26 \pm 0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ em outubro, na transição geral dos estágios de florescimento para de frutificação, caindo novamente para $0,24 \pm 0,11$ em novembro (imagem do dia 16/11/2005), com a tendência acompanhando as fases fenológicas, as quais estão diretamente relacionadas com os valores de NDVI apresentados na Figura 3, caracterizando confiança nas estimativas de θ_{40} na cultura da videira para mesa.

Com a equação de estimativa da razão ET/ET_0 com parâmetros obtidos por sensoriamento remoto (Tabela 1) para as quatro imagens representativas do ciclo generalizado da cultura da videira para mesa na fazenda Vale das Uvas, a razão média foi aplicada à grade da ET_0 total do ciclo produtivo generalizado de julho a outubro no ano de 2009 (Teixeira, 2010). Os valores totais de cada pixel das parcelas, bem como os histogramas são apresentados na Figura 5.

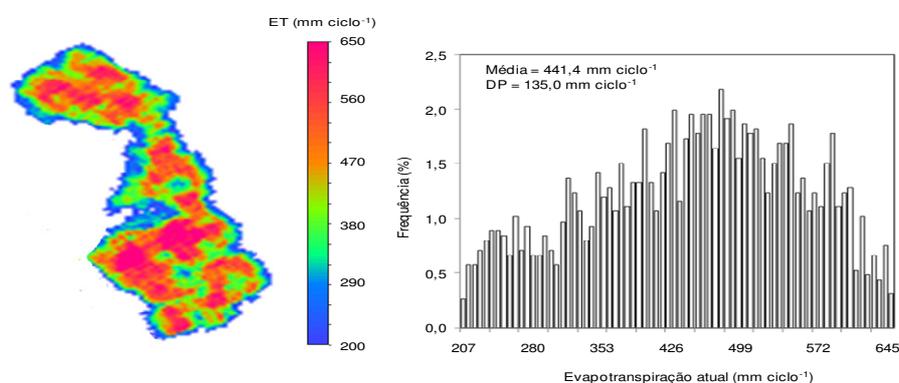


Figura 5. Estimativa da evapotranspiração atual total (ET) e histogramas para um ciclo produtivo generalizado de julho a outubro de 2009 das videiras para mesa irrigadas na fazenda comercial Vale das Uvas no município de Petrolina-PE, Brasil.

Os valores dos totais médios da ET para o período do ciclo produtivo generalizado do segundo semestre de 2009 (Figura 5) corresponderam a taxas médias diárias de 3,7 mm dia⁻¹. Maiores freqüências dos totais da ET encontram-se entre 440 a 550 mm ciclo⁻¹, representando parreirais bem irrigados com colheitas realizadas entre outubro e novembro. Na parcela experimental de uvas sem sementes da fazenda estudada, Teixeira et al. (2007) encontraram uma taxa média diária similar de 3,9 mm dia⁻¹ para a videira sugraone com 3 anos de idade utilizando o método da razão de Bowen, significando precisão do modelo simples com base na razão ET/ET₀ apresentado na Tabela 1. A similaridade dos resultados de campo e por sensoriamento remoto transmite grande confiança nos modelos utilizados no atual estudo.

Com a interpolação das imagens de ET/ET₀ e considerando-se a função lógica para r_s menor que 85 s m⁻¹, que representam valores médios para condições potenciais de umidade (Teixeira et al., 2008), o coeficiente de cultura para a mistura de variedades foi obtido pela média dos pixels cultivados com videiras para mesa e correlacionado com os graus dias acumulados (GD_{ac}) durante o ciclo produtivo generalizado do segundo semestre de 2009 na fazenda Vale das Uvas (Figura 6)

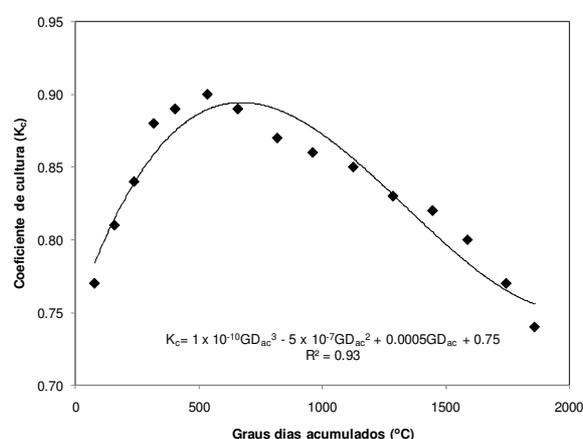


Figura 6. Variação estacional do coeficiente de cultura (K_c) misto para a videira de mesa como uma função dos graus dias acumulados (GD_{ac}), considerando-se uma temperatura base de 10°C, durante o ciclo produtivo generalizado do segundo semestre de 2009.

Os valores médios de K_c estiveram na faixa de 0,74 a 0,90. Maior evaporação direta do solo nas variedades com sistema de irrigação por micro-aspersão contribuem para os valores mais elevados deste coeficiente (Teixeira et al., 2007). A relação K_c x GD_{ac}, incorporando os efeitos da temperatura do ar nos estágios fenológicos se torna importante na estimativa do requerimento hídrico da cultura, visto que elimina a subjetividade da caracterização destes estágios e os efeitos do aquecimento térmico decorrentes das mudanças climáticas podem alterar a duração das diferentes fases da cultura na região.

4. Conclusões

Modelos baseados em parâmetros obtidos por sensoriamento remoto e agrometeorológicos permitiram a determinação dos componentes dos balanços de radiação e de água em videiras para mesa irrigadas envolvendo diferentes variedades em uma fazenda comercial em Petrolina-PE, Brasil. Os valores médios do albedo e a temperatura da superfície variaram, respectivamente, de 0,13 ± 0,02 a 0,16 ± 0,01 e de 300,9 ± 1,3 K a 304,8 ± 2,2 K, enquanto a variação do NDVI foi de 0,75 ± 0,07 a 0,79 ± 0,09. Com relação às condições hídricas dos parreirais, a umidade do solo a 40 cm de profundidade variou de 0,21 ± 0,11 cm³ cm⁻³ a 0,26 ± 0,10 cm³ cm⁻³, enquanto que parreirais bem irrigados apresentaram taxas totais de evapotranspiração atual de 440 a 550 mm por ciclo produtivo

com valores de coeficiente de cultura 0,74 a 0,90. A similaridade dos resultados dos modelos com medições de campo e a tendência dos valores acompanhando as fases fenológicas, evidenciaram a confiança e aplicabilidade de uso nas condições semiáridas do Brasil.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela FACEPE (Fundação de Ciência e tecnologia do Estado de Pernambuco) como parte de um projeto sobre produtividade da água em bacias hidrográficas com rápida mudança de uso da terra.

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.
- Moller, M., Alchanatis, V. Cohen, Y., Meron, M., Tsipris, J., Naor, A., Ostrovsky, V., Sprintsin, M. and Cohen, S. Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, 827-838, 2007.
- Naor, A. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Horticultural Reviews*, v. 32, p. 111-166, 2006.
- Oliver, H.R., Sene, K.J. Energy and water balances of developing vines. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 61, p. 167-185, 1992.
- Ortega-Farias, S., Carrasco, M., Oliosio, A., Acevedo, C., Poblete, C. Latent heat flux over Cabernet Sauvignon vineyard using the Shuttleworth and Wallace model, **Irrigation Science**, v. 25, p. 161-170, 2007.
- Teixeira, A.H. de C., Bastiaanssen, W.G.M. , Bassoi, L. H.. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in Sao Francisco River basin, Brazil. *Agricultural Water Management*, v. 94, p. 31-42, 2007.
- Teixeira, A.H. de C. Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D., Moura, M.S.B., Bos, M.G. 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. 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.
- Teixeira, A. H. de C. ; Bastiaanssen, W.G.M. ; Ahmad, M ud D ; Bos, M. G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle Sa o Francisco River basin, Brazil Part B: Application to the regional scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 477-490, 2009.
- Teixeira, A.H. de 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, p. 1287-1319, 2010.
- Williams, L.E., Ayars, J.E. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. p. 132, 201-211, 2005.