



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Comparativo entre os métodos Penman-Monteith FAO e Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel na determinação da evapotranspiração real em cana-de-açúcar

Renato A. de Araújo Neto¹; José L. de Souza²; Ricardo A. Ferreira Junior³; Guilherme B. Lyra³; Stoécio M. F. Malta⁵; Iêdo Teodoro³

¹Doutorando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL, Fone: (82) 99948-4361, renato.eng.agronomo@hotmail.com

²Doutor em Agronomia, Professor, ICAT- Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió-AL, leonaldojs@yahoo.com.br

³Doutor em Agronomia, Professor, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo-AL, ricardo_ceca@hotmail.com; gbastoslyra@gmail.com; iedoteodoro@ig.com.br

³Doutor Agronomia, Professor, Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Marechal Deodoro-AL, stoecio.maia@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se como presente trabalho comparar dois métodos consagrados para determinação da evapotranspiração real (ETR), em escala quinquidial (cinco em cinco dias), com base nos dados obtidos em um cultivo de cana-de-açúcar em sequeiro, no período de setembro de 2005 a novembro de 2006, na região de Rio Largo - AL (09°28'02" S; 35°49'43" W; 127 m). As metodologias adotadas foram os métodos Penman-Monteith FAO – ETR1 (considerado padrão para o estudo) e Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel – ETR 5. Observa-se que o método que considera as características fisiológicas da planta (ETR5) apresentou excelente desempenho durante o período chuvoso, com as análises das estimativas satisfatórias. Há a necessidade de realizar comparações na cultura da cana-de-açúcar irrigada, visando avaliar o desempenho do método Penman-Monteith com resistência estomática.

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorologia, demanda hídrica, *Sacharum spp.*

ABSTRACT: The objective of this work was compare two established methods for determining the real evapotranspiration (ETR) in quinquidial scale (five days) based in sugarcane data in rainfedcrop, from September 2005 to November 2006. The adopted methods were FAO Penman-Monteithmethod (ETR1) and Penman-Monteith canopy surface resistance method (ETR5). It was observe that the method consider sthe physiological plant characteristics (ETR5) showed excellent performance during the rainy season, with satisfactory estimates analysis. There is a need to carry out comparisons in the irrigated sugar cane culture, to evaluate the performance of the enman-Monteith canopy surfacere sistance method.

KEY WORDS: agrometeorology, water demand, *Sacharum spp.*

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é cultivada em várias regiões do planeta, visando à produção de açúcar e energia. Porém, para que a cultura produza em seu máximo potencial, há necessidade do conhecimento ambiental onde se deseja cultivar, com conhecimento especial para o período das chuvas, com a cultura apresentando seu ótimo desenvolvimento em condições entre 1500 a 2500 mm (Doorembos; Kassam, 1979), uniformemente distribuídas durante o cultivo. No estado de Alagoas (mais precisamente na região metropolitana de Maceió), 70% da precipitação concentra-se entre os meses de março a setembro (Souza et al., 2004), indicando a necessidade de um planejamento, podendo ser este através do conhecimento da evapotranspiração da cultura.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

A perda de água para atmosfera é dada através do processo da evapotranspiração. Esta pode ser através de diversas formas, como a evapotranspiração da cultura (ETC), de referência (ET_o), ou mesmo a evapotranspiração real da cultura (ETR), caracterizada como a real quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura (Allen et al., 1998), com seus valores variando de acordo com a disponibilidade hídrica no solo, textura do solo, manejo de irrigação e condições meteorológicas. A determinação da ETR levou à comunidade científica a desenvolver diversas metodologias (Thornthwaite; Mather, 1955; Ritchie, 1972; Campbell; Diaz, 1988, Allen et al., 1998).

Diante do exposto, objetivou-se comparar a ETR em cana-de-açúcar (cultivo em sequeiro) através de dois diferentes métodos, para as condições agrometeorológicas da região de Rio Largo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido com uma base de dados em experimento realizado na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, na região de Rio Largo (09°28'02" S; 35°49'43" W; 127 m), localizada nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. O cultivo adotado foi de cana-de-açúcar, variedade RB92579, no período de setembro de 2005 a novembro de 2006, numa área experimental de 1,0ha, em regime de sequeiro.

Os elementos necessários para a estimativa da ETR foram oriundos da estação agrometeorológica, situada na unidade acadêmica, coletando-se os seguintes dados: temperatura (T, em °C) e umidade relativa do ar (UR, %) máximas, mínimas e diurnas, velocidade do vento (u, m s⁻¹), instalados a 2 e 10 m de altura e precipitação pluvial (P, em mm), a 1,5 m de altura. Os elementos meteorológicos irradiância solar global, temperatura do ar e umidade relativa do ar e o índice de área foliar foram necessários para estimar o saldo de radiação (R_n).

A estimativa da ETR foi feita através de duas metodologias: Método Penman-Monteith FAO K_c dual e Método de Penman-Monteith com Resistência da Superfície do Dossel, ambos descritos no boletim FAO 56 (Allen et al., 1998), em períodos de cinco em cinco dias (quinquidial).

1. Método Penman-Monteith FAO K_c dual (método padrão)

O cálculo da evapotranspiração real (ETR₁), em mm, foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Allen et al. (1998), levando-se em consideração a evapotranspiração de referência, do coeficiente da cultura ajustado para uma condição de umidade do solo variável, o coeficiente da cultura basal e o coeficiente da evaporação da superfície. A profundidade efetiva do sistema radicular adotado foi de 0,60 m.

Para o cálculo do saldo de radiação (R_n) nesse procedimento, utilizou-se o produto da radiação global (R_g) por um fator obtido experimentalmente (0,572) (Ferreira Junior, 2010). Os valores de K_{cb} são sumarizados no Boletim FAO 56, correspondendo a 0,15 para o período inicial; 1,20 referente ao período intermediário e 0,70 no período final, sendo estes valores ajustados, levando-se em consideração a velocidade do vento, umidade relativa do ar e a altura da planta.

2. Método Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel

A equação de Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel é descrita em Allen et al. (1998), que leva em consideração a estimativa da resistência da cultura (r_s). O saldo de radiação para a cultura da cana-de-açúcar utilizado nesse método foi obtido em função de R_g e IAF, por meio de dados experimentais. A equação apresentou ajuste elevado, com coeficiente de determinação (R²) igual a 0,98 e está descrito pela seguinte equação:

$$R_n = -1,874 + 0,640R_g + 0,471IAF \quad (1)$$

3. Análise das estimativas

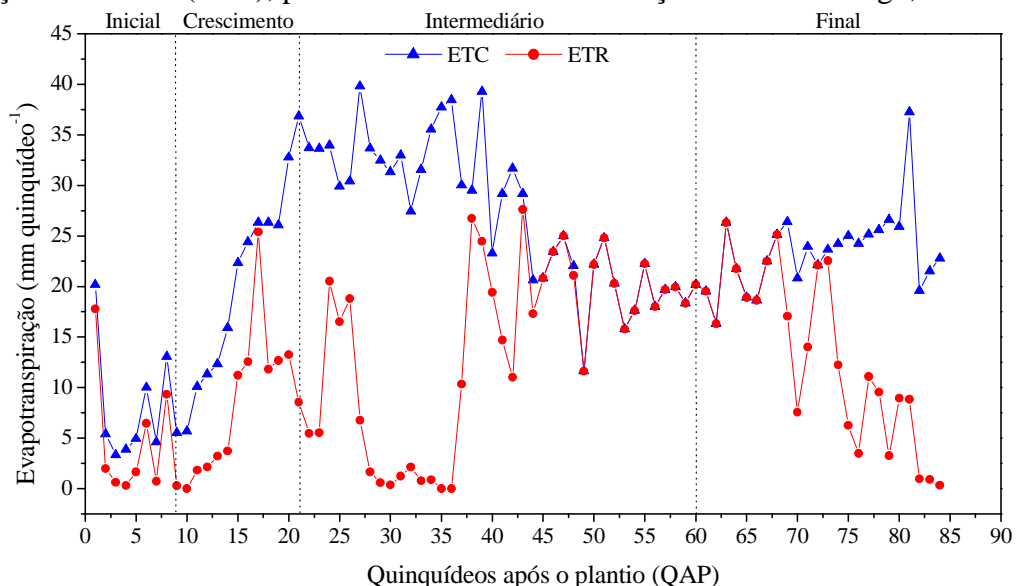
Com finalidade de avaliar a validade entre os dados obtidos nas duas metodologias, fez-se o uso dos seguintes modelos estatísticos: Índice de concordância, que avalia o afastamento ou aproximação dos dados observados, aos estimados, coeficiente de correlação de pearson, onde fez-se os dados de ETR serem forçados a passar pela origem, desvio percentual, utilizado para indicar a subestimativa e superestimativa entre dados e raiz quadrada do erro médio, utilizada para mensurar o desempenho geral do modelo estudado, sintetizando a diferença média entre valores observados e estimados (Willmont, 1981; Moriasi et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. O método Penman-Monteith FAO Kc dual e sua comparação com o método Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel

A variação dos valores da evapotranspiração da cultura (ETC) e evapotranspiração real (ETR 1) são apresentados na Figura 1. O método da ETR 1, definido como padrão, apresentou variação em seus valores durante o período de cultivo. O total de evapotranspiração real no ciclo foi de 1017 mm, em que seus valores se aproximaram ou igualaram aos valores de ETC, durante o período chuvoso. Silva et al. (2012), em plantio irrigado de cana-de-açúcar observaram um maior acúmulo de ETR (1657 mm), demonstrando que a maior disponibilidade de água acarreta em uma maior ETR em todo o ciclo da cultura.

Figura 1. Evapotranspiração real pelo método Penman-Monteith FAO “Kc dual” (ETR 1) e evapotranspiração da cultura (ETC), para um cultivo de cana-de-açúcar em Rio Largo, AL.



Já quando comparado com método Penman-Monteith com resistência estomática (Figura 2), observa-se que há discordância entre os métodos, para os períodos com baixa precipitação. O fato do cultivo ser em sequeiro pode ter proporcionado esta diferença, com um total evapotranspirado de aproximadamente 1992 mm em todo período de cultivo.

Já o período intermediário foi aquele que contribuiu com a maior quantificação de ETR 5 (40,21% de 1992,34 mm). Observa-se que durante o período chuvoso (Figura 2b) ocorre uma assimilação entre

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

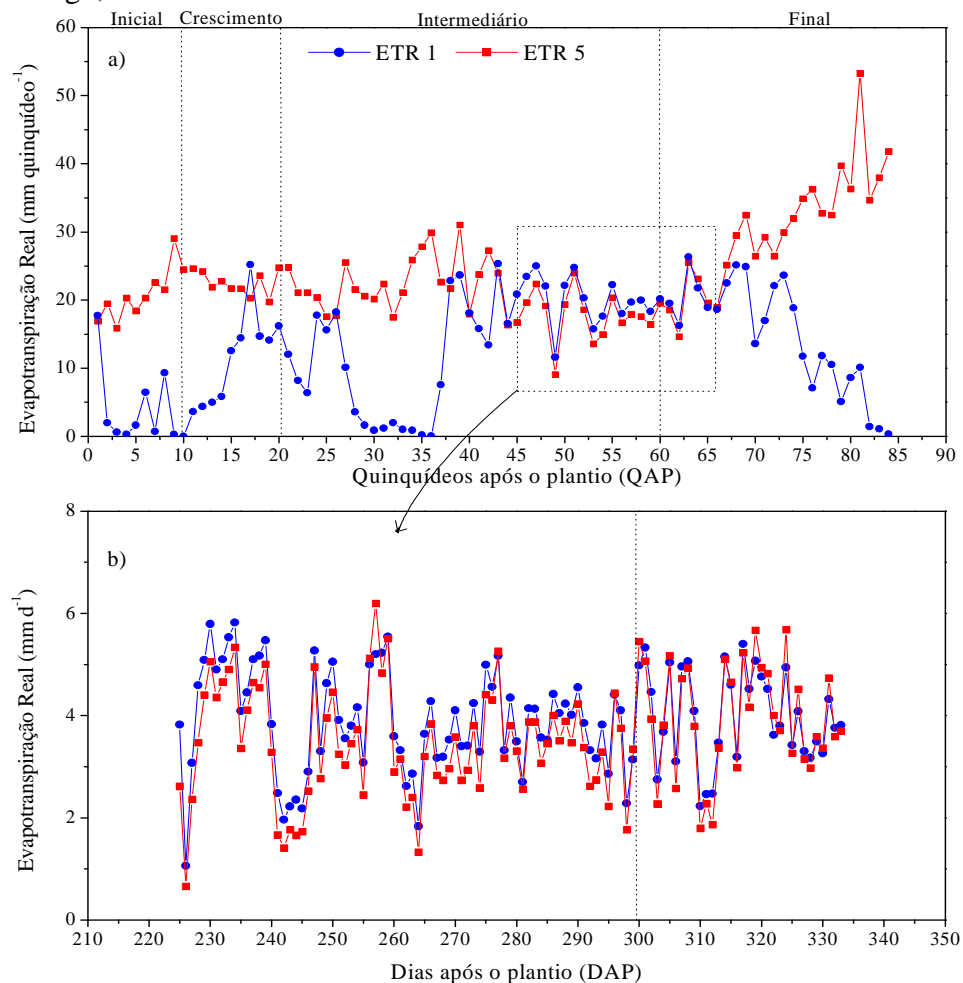
os dados observados por ETR 1, comparados com ETR 5 (dias 225 até 333). Durante esse período, ocorreu uma melhor eficiência hídrica para ambos os modelos, já que a chuva foi de 1121,99 mm, 94,9% do total precipitado durante o ciclo da cultura, sendo efetivamente utilizado pela cultura ou armazenado no solo (Araújo Neto, 2013). Do total de evapotranspiração real nesse período (109 dias), 68,8% encontram-se na fase intermediária, totalizando 258,15 mm de ETR 5.

A análise de regressão para evapotranspiração real calculada pelo método ETR1 comparado com ETR5, os coeficientes estatísticos “d” de Willmont, desvio de porcentagem (DP) e raiz quadrada do erro médio (RMSE), são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise das estimativas para o método ETR1, comparado com o método ETR5 em um cultivo de cana-de-açúcar na Região de Rio Largo-AL, no período de 225 a 333 dias após o plantio.

Método	Média(m m d ⁻¹)	d	DP (%)	RMS E (mm)	b	r
ETR 5 diário	3,60	0,99	7,86	0,47	0,9311	0,949

Figura 2. Evapotranspiração pelo método ETR 1 e pelo método ETR 5 para um cultivo de cana-de-açúcar em Rio Largo, AL.



Tem-se que durante o período chuvoso, o modelo ETR 5 comportou-se de maneira adequada ($r = 0,94$) quando comparado com ETR 1 (Figura 2). Houve uma subestimativa ao comparar-se os dois



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

métodos, com coeficiente angular “b” de 0,9311. Essa excelente relação comprova a adequação do método ETR 5 em ambiente úmido, onde ocorreram grandes quantidades de chuva. Nesse mesmo período, o índice de concordância “d” mostrou-se bastante satisfatório, com seu valor próximo de 1. O baixo valor do desvio de porcentagem comprova a proximidade dos valores com a reta 1:1 e a baixa RMSE mostra um melhor ajuste para essa época.

CONCLUSÕES

A eficiência do método Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel é melhor constatada no período chuvoso, onde há disponibilidade hídrica para a cultura.

Há a necessidade de comparar-se os métodos em ambiente irrigado, para observar a postura do método Penman-Monteith com resistência da superfície do dossel

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Alagoas (FAPEAL) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. **Cropevapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 1998, 300p.

ARAÚJO NETO, R. A. Métodos para determinar a evapotranspiração real da cana-de-açúcar. 2013. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013.

CAMPBELL, G. S.; DIAZ, R. Simplified soil-water balance model to predict crop transpiration. In: BIDINGER, F. R.; JOHANSEN, C. **Drought research priorities for the dryland tropics**. Parancheru, India: ICRISAT, p. 15-26, 1988.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 1979.

FERREIRA JUNIOR, R. A. Crescimento de variedades RB de cana-de-açúcar irrigadas e fotossíntese modelada pela radiação solar. 2010. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2010.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Amer. Soc. of Agric. and Bio. Eng.**, v.50, n.3, p.885-900, 2007.

RITCHIE, J. T. Model for predicting evaporation from a row crop within complete cover. **Water resources research**, Washington, v. 8, p. 1204-1213, 1972.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



SILVA, V. P. R. et al. Water requirements and single and dual crop coefficients of sugarcane grown in a tropical region, Brazil. **Agricultural Sciences**, v.3, n.2, p. 274-286, 2012.

SOUZA, J. L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período 1972 – 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology**. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955.104p.

WILLMOT, C. J. On validation of models, **Physical Geography**, v. 2, p. 184-194, 1981.