

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM FUNÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO (R_n MEDIDO, R_n FAO-56 E $R_n=f(R_g)$)

ANTONIO MARCOS VIANNA CAMPOS¹, JOSÉ LEONALDO DE SOUZA²,
RICARDO ARAUJO FERREIRA JÚNIOR³

1 Mestrando da Pós-Graduação em Meteorologia, Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar, Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió – Alagoas, Fone: (0xx82) 3214 1368, marcos.vianna@gmail.com; 2 Prof. Doutor do Instituto de Ciências Atmosféricas, Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar, Inst. de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL; 3 Graduando do Centro de Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió – Alagoas.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foram ajustados em função dos dados diários do saldo de radiação (R_n) durante o período chuvoso/úmido (2005) e seco (2006) na região de Rio Largo – Alagoas, a partir de correlações entre a ET_o com R_n estimado pelo método de Penman–Monteith FAO-56 e a ET_o com R_n medido na estação agrometeorológica. Com relação aos métodos de estimativa da ET_o, o melhor ajuste foi o que utilizou $R_n=f(R_g)$ com uma correlação de 0,98. O método usando R_n estimado pela parametrização FAO-56 sofreu influência no período úmido da nebulosidade/precipitação (subestimativa) e no período seco da radiação (superestimativa). Para a validação dos métodos, determinaram-se os seguintes índices de desempenho estatístico: coeficiente de determinação (r^2) e o erro quadrado médio. O erro médio da estimativa aumentou quando a ET_o foi estimada usando a parametrização FAO-56 (método aerodinâmico e radiação solar). Os resultados obtidos mostraram que os métodos propostos proporcionaram estimativas de ET_o com boa precisão e exatidão ($0,95 < r^2 < 0,98$), tendo como vantagem a facilidade de aplicação, quando há limitação de dados.

PALAVRA CHAVE: ET_o, Radiação global

ABSTRACT: The methods of estimate of the evapotranspiration of reference (ET_o) had been adjusted in function of the daily data of the balance of radiation (R_n) during the rainy / humid period (2005) and dry (2006) in the region of Rio Largo - Alagoas, from correlations between the ET_o with R_n esteem for the method of Penman-Monteith FAO-56 and the ET_o with R_n measured in the agrometeorological station. With relation to the methods of estimate of the ET_o, the best adjustment was what it used $R_n=f(R_g)$ with a correlation of 0,98. The method using R_n esteem for parameterization FAO-56 suffered influence in the humid period from the cloudiness /rainfall (sub esteem) and in the dry period of the radiation (superestimative). For the validation of the methods, the following indices of statistical performance had been determined: determination coefficient (r^2) and the squared error average. The average error of the estimate increased when the ET_o it was esteem using parameterization FAO-56 (aerodynamic method and solar radiation). The gotten results had shown that the considered methods had provided estimates of ET_o with good precision and exactness ($0,95 < r^2 < 0,98$), having as advantage the application easiness, when it has limitation of data.

KEYWORD: ET_o, Global Radiation

INTRODUÇÃO: A evapotranspiração é um processo de grande importância para o conhecimento das condições hídricas das plantas. O perfeito funcionamento desse processo e sua facilidade de estimativa permitem quantificar as necessidades hídricas, programar a irrigação, prever o desenvolvimento e as safras das culturas, monitorarem secas e estabelecer zoneamentos agrícolas (Mota et al., 1989). Como hoje em dia há uma grande dificuldade em se obter dados de saldo de radiação (R_n), variável fundamental para o cálculo da E_{To} (Evapotranspiração de referência), em razão disto os métodos usados para o cálculo da E_{To} se tornam uma aplicação muito limitada, apenas utilizados quando existe a disponibilidade de todos os dados necessários, o que, não ocorre na maioria das estações agrometeorológicas. Como alternativa para solucionar parte do problema da falta de dados procurou-se desenvolver métodos de estimativa do R_n para sua aplicação nos cálculos da E_{To} . Inúmeros são os métodos de estimativa da E_{To} baseados em variáveis meteorológicas, sendo que muitos deles tem aceitação unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados (PEREIRA et al., 1997). Este artigo tem o objetivo de analisar a estimativa da E_{To} em função dos valores do R_n (R_n medido na estação agrometeorológica, R_n em função da radiação global: $R_n = f(R_g)$ e R_n estimado pela equação FAO56) no período seco e chuvoso em Rio Largo - Alagoas.

MATERIAIS E MÉTODOS: Os dados usados foram baseados em observações diárias da Estação Agrometeorológica automática do Centro de Ciências Agrárias (9° 27' S, 35° 27' W, 127m) da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), Rio Largo-AL, Brasil. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico (TEODORO, I., 2003). Foram utilizados os dados de Temperatura (máxima e mínima), Umidade Relativa (máxima e mínima), Vento a 2m, Precipitação, Radiação global (R_g) e Saldo de Radiação (R_n).

A análise foi realizada durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2006 (período seco) e julho, agosto e setembro de 2005 (período chuvoso/úmido). O período chuvoso da região em estudo inicia-se na primeira quinzena de abril e estende-se até a segunda quinzena de agosto, correspondendo a 70% das chuvas anuais. O período menos chuvoso (seco) começa a partir da primeira quinzena de outubro prolongando-se até a segunda quinzena de fevereiro (SOUZA, J.L. et al., 2003). Sendo os meses de setembro e março como épocas de transição entre os períodos.

A regressão $R_n \times R_g$ foi ajustada diante da dificuldade de medidas dos dados de R_n em dias com nebulosidade e/ou chuvosos devido ao acúmulo de água no sensor, onde, os valores diários de R_g e R_n que estavam associados com precipitação diurna maior do que 1mm foram descartados do banco de dados, com o propósito de obter-se um banco de dados representativo de R_n e R_g . Os gráficos de dispersão mostraram que a regressão linear ($Y = a + bX$) foi suficiente para se avaliar a adequação das estimativas de E_{To} , calculou-se também o coeficiente de determinação (r^2) e o erro quadrado médio (MSE), conforme sugerido por Allen et al. (1989).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}$$

Em que P_i são os valores são os valores de E_{To} estimados pelos métodos propostos (mm); O_i os valores de E_{To} com R_n medido e N o número de pares de valores.

Foram selecionados 15 dados aleatórios de cada período (seco e chuvoso) usando a função aleatório do Microsoft Excel 2003, estes 30 dados, foram retirados do banco de dados da

regressão R_n x R_g para testar/comparar a eficiência dos métodos utilizados para os cálculos de estimativa da ETo com R_n medido versus ETo com R_n estimado pelos métodos propostos. Os métodos empregados para estimar R_n foram: R_n em função da radiação global, $R_n = f(R_g)$ ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$), através dos parâmetros do coeficiente de determinação da regressão linear aplicados em Penman-Monteith (FAO-56) no método aerodinâmico e R_n estimado pela equação FAO56 Penman-Monteith (FAO-56) (aerodinâmico + radiação)(Allen, et al.,1998). Segundo as parametrizações propostas pelo boletim FAO-56 (Allen, et al.,1998), a equação original de Penman-Monteith assume a seguinte forma para a evapotranspiração de referência:

$$ETo = \frac{0,408s(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{s + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

sendo: ETo = Evapotranspiração de referência ($mm\ d^{-1}$); R_n = Radiação líquida total do gramado ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$); G = Densidade de fluxo de calor no solo ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$); T_{med} = Temperatura média diária do ar a 2m de altura ($^{\circ}C$); u_2 = Velocidade do vento média diária a 2m de altura ($m\ s^{-1}$); e_s = Pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e_a = Pressão atual de vapor média diária (kPa); s = Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_{med} ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$); γ = Coeficiente psicrométrico ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$). Em função da baixa amplitude da pressão atmosférica local γ foi admitido como constante e igual a $0,0669\ kPa\ ^{\circ}C^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os valores de R_n podem ser estimados pelos valores de R_g segundo a equação da regressão linear $Y = 0,7104x - 2,8224$, chegando-se a um coeficiente de determinação com R_g de 0,9571 (Figura 1).

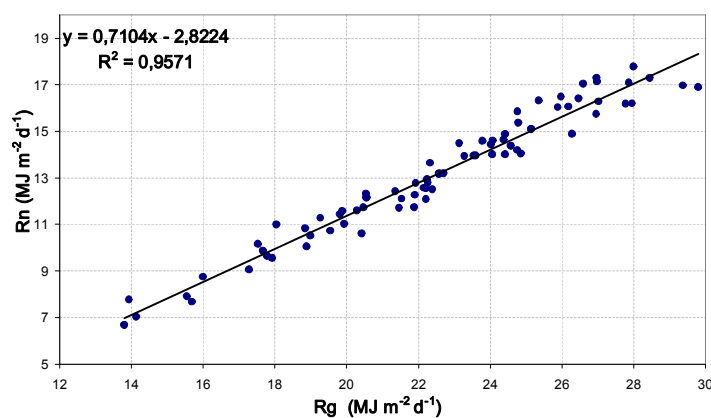


Figura 1: Regressão linear entre o R_n ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e a R_g ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) durante o período úmido (2005) e seco (2006) na região de Rio Largo-AL.

Com os dados das estimativas de R_n foi possível estimar de Eto , onde, empregaram-se as correlações de ETo_{Rn_medido} com o método da estimativa do R_n pela equação FAO-56 (Figura 2). Observou-se que no início do período (período chuvoso/úmido) os valores apresentaram tendência de uma subestimativa, devido às dificuldades em se ter medidas de

Rn, pois, dias com maior nebulosidade ou com chuva tendem a reduzir a quantidade de radiação captada pelos sensores. No fim do período de estudo (período seco) devido a pouca nebulosidade, precipitação e a maior quantidade de radiação solar que atingiu o sensor levaram a relação a uma tendência de superestimativa. Nesta correlação houve uma tendência do método Eto_Rn_FAO56 superestimar a relação com Eto_Rn_medido em 3%, onde, foi encontrado um bom coeficiente de determinação (r^2) da ordem de 0,958. O valor do erro quadrado médio encontrado para este método foi de 0,06.

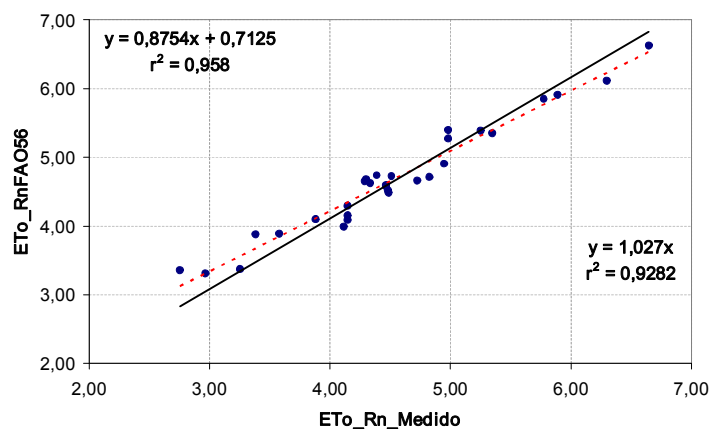


Figura 2 – Relação entre ETo_Rn_FAO-56 (mm d⁻¹) e ETo_Rn_Medido (mm d⁻¹) durante o período úmido (2005) e seco (2006) em Rio Largo - Alagoas.

Na Figura 3 observamos que o coeficiente de determinação entre ETo_Rn=f(Rg) e ETo_Rn_Medido foi superior ao método da ETo_Rn_FAO56, chegando a 0,981. Neste método empregado de ETo_Rn=f(Rg) houve uma tendência de dispersão dos dados com correlação muito próxima com a ETo_Rn_Medido. Mais uma vez as tendências no início e fim dos períodos (úmido e seco) foram causadas por excesso de nebulosidade e/ou precipitação e radiação, mas com pouca significância. O valor do erro quadrado médio encontrado para este método foi de 0,02.

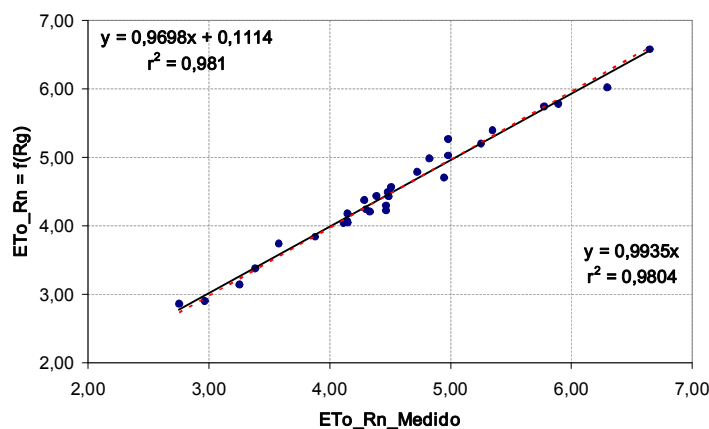


Figura 3 – Relação entre ETo_Rn=f(Rg) (mm d⁻¹) e ETo_Rn_Medido (mm d⁻¹) durante o período úmido (2005) e seco (2006) em Rio Largo - Alagoas.

CONCLUSÃO: A nebulosidade e/ou precipitação no período úmido e a radiação no período seco no método da ETo_Rn_FAO56 foram prejudiciais ao modelo de estimativa da ETo. Causando uma superestimativa no período seco e subestimativa no período úmido, reduzindo assim a correlação com ETo_Rn_Medido. Já o segundo método empregado da ETo_Rn=f(Rg) foi mais eficiente levando a um ótimo coeficiente de determinação, onde, a nebulosidade, precipitação e a influência da radiação não foram suficientes para levar a uma superestimativa e subestimativa significantes durante todo o período. Indicando que este método pode ser usado com uma boa precisão e exatidão. O erro quadrado médio encontrado foi maior para o método da ETo_Rn_FAO56.

AGRADECIMENTOS: CNPQ

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56)

ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L. et al. **Operational estimates of reference evapotranspiration.** Agronomy Journal, v.81, n.4, p.650-662, 1989.

MOTA, F. S.; VERONA, L. A. F.; MOTA, J.F.A.S.; NOVAES, L.E.S.M. **O microcomputador na Meteorologia Agrícola.** São Paulo. Editora Nobel, 1989, p 137. SOUZA, J.L. et al., 2003.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SOUZA, J. L., FILHO, G. M., LYRA, R. F. da F., TEODORO, I., SANTOS, E. A., SILVA J. L., SILVA P. R. T., CARDIM, A.H., AMORIM, E. C. **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, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 131-141, 2003.

TEODORO, I. **Avaliação da evapotranspiração e desenvolvimento da cultura do milho irrigado, na região de Rio Largo – Alagoas.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT)/Universidade Federal de Alagoas, 2003.