

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO PRIESTLEY-TAYLOR E PENMAN-MONTEITH FAO 56 EM CONDIÇÕES DE PRECIPITAÇÕES DISTINTAS

Kadidja Meyre Bessa Simão¹, Rudah Marques Maniçoba², Jair José Rabelo de Freitas³, Ana Luzia Medeiros Luz Espínola⁴, José Espínola Sobrinho⁵, Roberto Vieira Pordeus⁶

RESUMO: O conhecimento da evapotranspiração de referência é de fundamental importância para o planejamento de atividades agropecuária e agroindustrial de uma região. Devido ao método padrão necessitar de grande número de elementos meteorológicos, que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões, tem se estudado a aplicação de métodos mais simples, que usam um menor número de variáveis meteorológicas. Neste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho do método de Priestley-Taylor em comparação ao método de Penman-Monteith FAO 56 para estimar a evapotranspiração de referência para as condições do semiárido nordestino durante um período de dois anos distintos: um ano chuvoso e o outro seco - 2011 e 2012, respectivamente. Nas estimativas, foram utilizados dados da estação automática da Universidade Federal do Semi-Árido. Os resultados mostraram que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Priestley-Taylor subestima em maior valor no ano não chuvoso, considerado seco em quanto no ano chuvoso os valores de estimado de evapotranspiração se aproxima com pequena diferença de estimativa.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos empíricos; métodos e estimativa; ETo de referência.

COMPARISON BETWEEN EVAPOTRANSPIRATION METHODS PRIESTLEY-TAYLOR AND PENMAN-MONTEITH FAO 56 UNDER DIFFERENT PRECIPITATION CONDITIONS

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, CEP 59625-900, Mossoró, RN. Fone (84)99661-7062. e-mail: kadidjameyre84@gmail.com

² Doutorando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN

³ Doutorando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN

⁴ Arquiteta, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró-RN,

⁵ Prof. Doutor, Departamento de Engenharias e Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró, RN.

⁶ Prof. Doutor, Departamento de Engenharias e Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró, RN.

ABSTRACT: The knowledge of the reference evapotranspiration is of fundamental importance for the planning of agricultural and agroindustrial activities of a region. Due to the standard method it needs a large number of meteorological elements, which are not always available in some regions, the application of simpler methods that use a smaller number of meteorological variables has been studied. The objective of this work was to evaluate the performance of the Priestley-Taylor method in comparison to the Penman-Monteith method FAO 56 to estimate the reference evapotranspiration for the northeastern semiarid conditions during a period of two distinct years: one rainy year and the other dry - 2011 and 2012, respectively. In the estimates, data were used from the automatic station of the Federal University of the Semi-Arid. The results showed that the reference evapotranspiration estimated by the Priestley-Taylor method underestimates in a higher value in the non-rainy year, considered dry as in the rainy year, the estimated values of evapotranspiration approaches with a small difference of estimate.

KEYWORDS: Empirical methods; methods and estimation; Reference ET_0 .

INTRODUÇÃO

A cidade de Mossoró está localizada no Rio Grande do Norte, Nordeste brasileiro, onde a escassez de água é muito maior que no restante do país; portanto, para o desenvolvimento do setor agrícola é necessária aplicação de tecnologias e planejamento que venha a tornar a irrigação na região mais eficiente, utilizando água de maneira racional. O manejo racional pode ser feito com base em informações do solo, da planta, do clima, ou mesmo utilizando mais de um critério (uso combinado de informações). No manejo com base em informações do clima, faz-se necessário conhecer a evapotranspiração de referência (ET_0).

Nesse sentido, a evapotranspiração de referência (ET_0) tem papel fundamental no estudo, sendo uma das variáveis hidrológicas mais importantes para o cálculo da evapotranspiração da cultura, estimativa e interpretação de balanços hídricos agrícolas e manejo da irrigação (YAN et al., 2012). Em geral, os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência são baseados em variáveis climáticas, muitos deles na temperatura, radiação ou combinado (radiação e temperatura) (PENMAN, 1948; THORNTHWAITE, 1948; PRIESTLEY; TAYLOR, 1972; HARGREAVES, 1974).

Para padronizar o cálculo de ET_0 , a Food and Agriculture Organization (FAO) propôs o método de Penman-Monteith, com base em estudos de uma comissão de especialistas em 1991,

que incorpora aspectos termodinâmico e aerodinâmico da cultura, como modelo padrão para quantificar a demanda atmosférica de evapotranspiração. Este método, que tem sido amplamente utilizado em todo o mundo (SILVA, 2004; SILVA et al., 2005; BORGES; MENDIONDO, 2007), foi estabelecido para uma cultura hipotética com as seguintes características: resistência estomática de 70 s m^{-1} , altura da cultura hipotética fixada em 0,12 m e albedo de 23% (ALLEN et al., 1998).

O método de Penman-Monteith requer um maior número de variáveis atmosféricas na sua formulação, que muitas vezes não estão disponíveis em condições reais de manejo das culturas, alguns estudos têm sido desenvolvidos visando comparar outros métodos com o modelo padrão estabelecido pela FAO e dados experimentais em regiões específicas (BORGES; MENDIONDO, 2007; SULEIMAN; HOOGENBOOM, 2007). O método de Priestley-Taylor é um método físico, baseado no método original de Penman, e considera que a evapotranspiração potencial proveniente do termo aerodinâmico, ou seja, do poder evaporante do ar, é uma porcentagem da evapotranspiração potencial condicionada pelo termo energético. Assim, mesmo levando em consideração o balanço de energia, esse método apresenta um componente empírico. Suleiman e Hoogenboom (2007) compararam o método de Priestley-Taylor com o de Penman-Monteith FAO 56 na estimativa da E_{To} diária na Geórgia – USA. Os resultados indicaram que os valores de E_{To} obtidos pelo método de Priestley-Taylor subestimam os valores em relação à equação de Penman-Monteith durante os meses de inverno, nas áreas central e sudoeste e os superestimam nas áreas costeiras e montanhosas. Objetivou-se neste trabalho, estimar a evapotranspiração de referência diária, de um ano seco e de um ano chuvoso, pelo método padrão Penman-Monteith FAO 56 e pelo método Priestley-Taylor.

MATERIAL E MÉTODOS

A estimativa da E_{To} foi realizada com dados climáticos horários, que foram transformados em diários, para os anos de 2011 (ano chuvoso) e 2012 (ano seco), obtidos da estação automática de superfície, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN, cujas coordenadas de posição são de $5^{\circ} 12' 36''$ de latitude S e $37^{\circ} 18' 43''$ de longitude W e altitude de 36 m, estando localizado a apenas 40 km do Oceano Atlântico.

O clima da região é classificado segundo Koppen como tipo BSwH', semiárido; isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, e temperatura

média anual de 27,9°C. A precipitação pluviométrica anual é bastante irregular, apresentando média total anual de 835,4 mm. Os ventos predominantes são de nordeste (NE) e sudeste (SE), com média anual de 2,97 m s⁻¹ (MORAIS et al., 2014).

As estimativas de ETo tomaram como base dados coletados por meio de um datalogger modelo CR23X programado para coletar dados a cada segundo e armazenar médias a cada hora. Após coletados, os dados foram trabalhados em planilhas eletrônicas, onde foram obtidas médias diárias e mensais do período estudado.

Foram utilizadas as seguintes equações para determinação da ETo:

Equação de referência Penman-Monteith e Priestley-Taylor.

Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que: ETo – evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; Δ – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, kPa °C⁻¹; Rn – radiação solar líquida disponível, MJ m⁻² d⁻¹; G – fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹; γ – constante psicrométrica, kPa °C⁻¹; U2 – velocidade do vento a 2 m, m s⁻¹; es – pressão de saturação do vapor de água atmosférico, kPa; ea – pressão atual do vapor de água atmosférico, kPa; T – temperatura média diária do ar, °C.

Priestley-Taylor (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972)

$$ET_0 = 0,5143 \frac{S}{S + \gamma} (R_n - G) \quad (2)$$

Em que: S – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, kPa °C⁻¹; γ – constante psicrométrica, kPa °C⁻¹; Rn – radiação solar líquida disponível, MJ m⁻² d⁻¹; G – fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹.

As análises dos dados foram feitas por comparação entre a ETo padrão (Penman-Monteith) e a ETo estimada pelo método Priestley-Taylor, por meio da regressão linear analisando o coeficiente r², correlação (r) e da utilização dos coeficientes de desempenho (Tabela 1) e de exatidão, proposto por Camargo e Sentelhas (1997); e por Willmott, Ckleson e Davis (1985), respectivamente.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de desempenho citado por Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de c	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 < c < 0,85	Muito bom
0,66 < c < 0,75	Bom
0,61 < c < 0,65	Mediano
0,51 < c < 0,60	Sofrível
0,41 < c < 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Tabela 2. Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação (r).

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,0 – 0,1	Muito baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito Alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

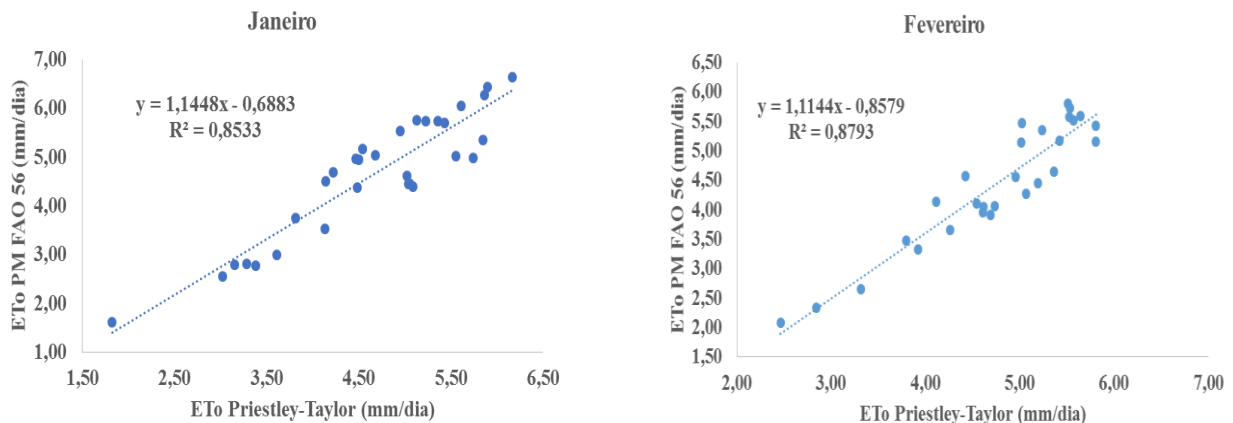
O coeficiente “d” de exatidão proposto por Willmott, Ckleson e Davis (1985) foi obtido através da equação a seguir:

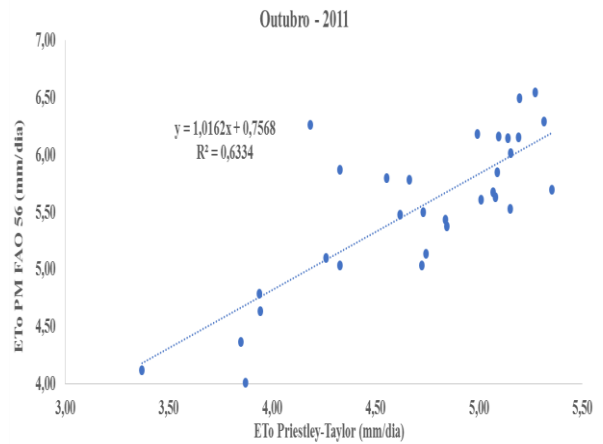
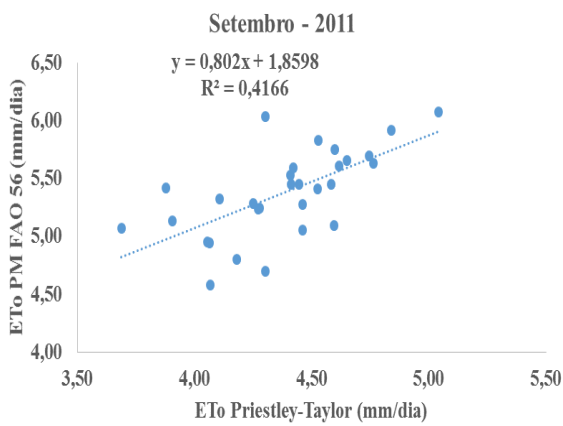
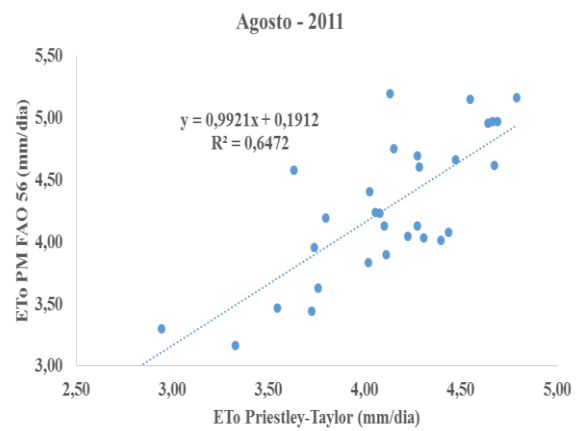
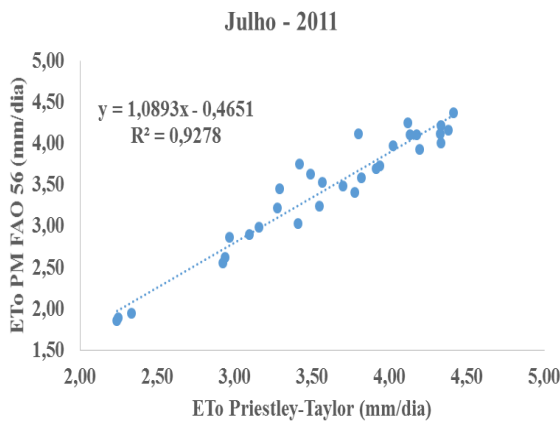
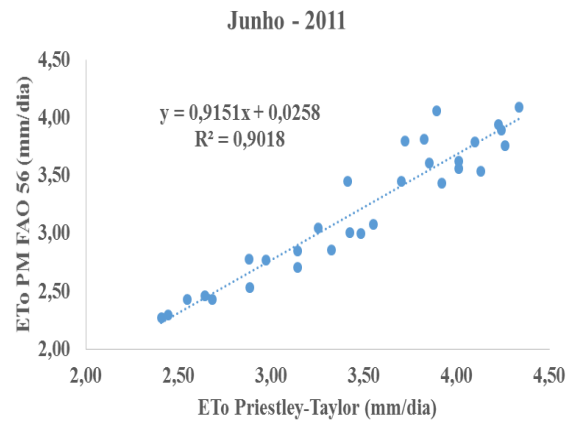
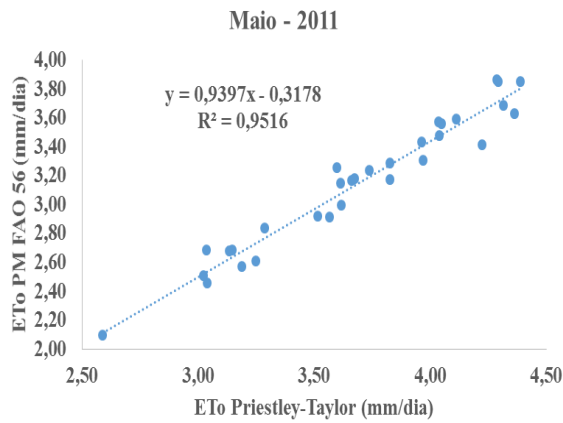
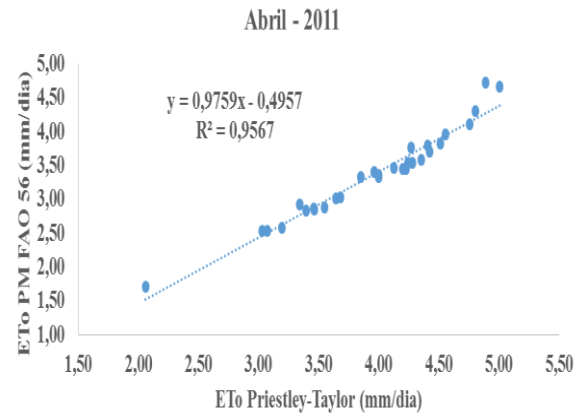
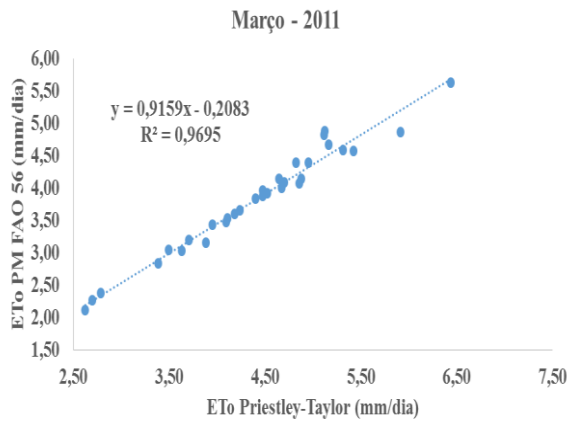
$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^N (|Pi - Oi| + |Oi - O|)^2} \right] \quad (3)$$

Em que: Pi – valor da ET0 estimado; Oi – valor da ET0 padrão; O – média dos valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentados os resultados da correlação entre os métodos de estimativa da ET0 para todos os meses de 2011. Verificou-se que os meses de janeiro a julho apresentaram R² acima de 0,80, enquanto os demais meses apresentaram R² abaixo de 0,70.





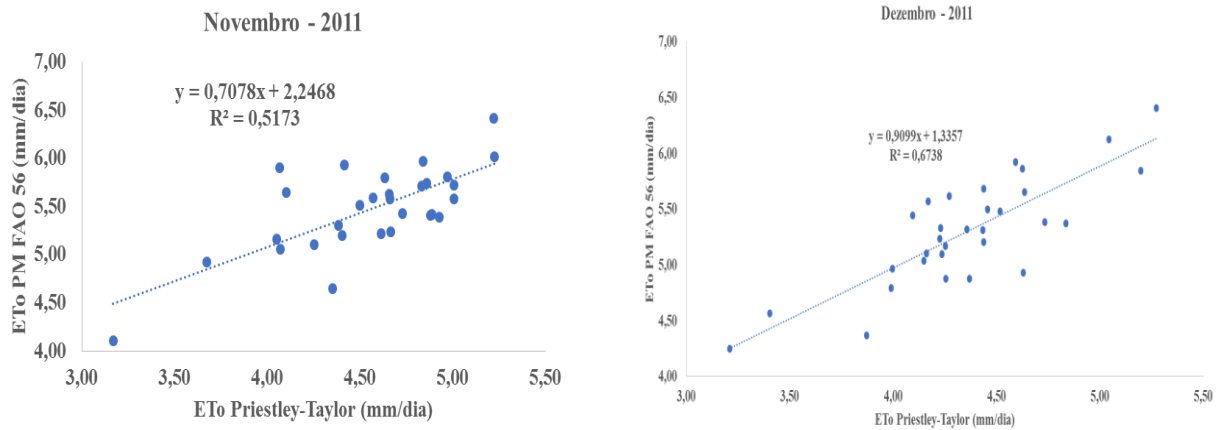


Figura 1. Comparação entre a evapotranspiração de referência diária calculada pelo método de Penman-Monteith e a pelo método de Priestley-Taylor, para todos os meses de 2011.

Na Figura 2, é apresentado o resultado da correlação entre os métodos de estimativa da ET_o para o ano de 2011 (ano chuvoso). O R^2 obtido foi de 0,67. É possível identificar uma enorme variação entre superestimativa e subestimativa dos valores, não apresentando, graficamente, uma única predominância.

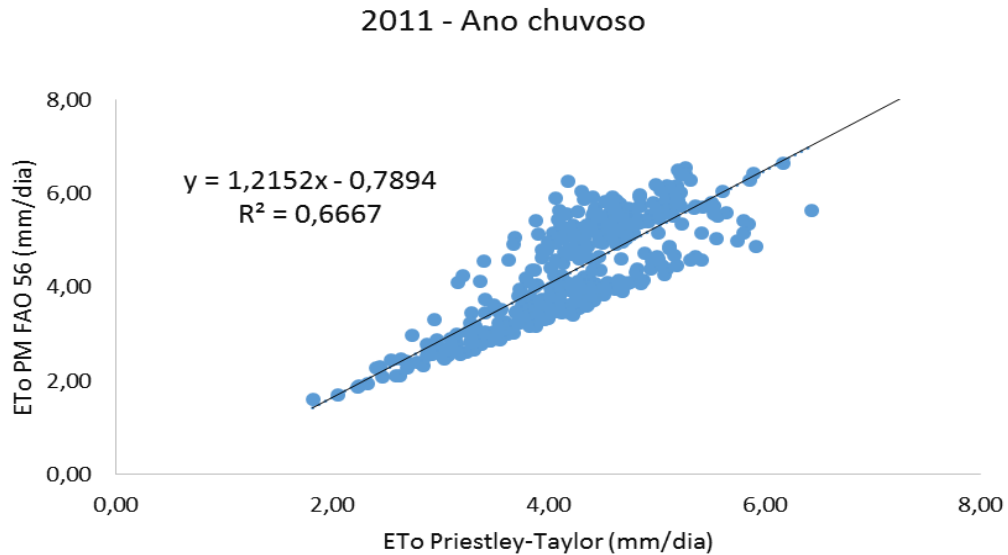
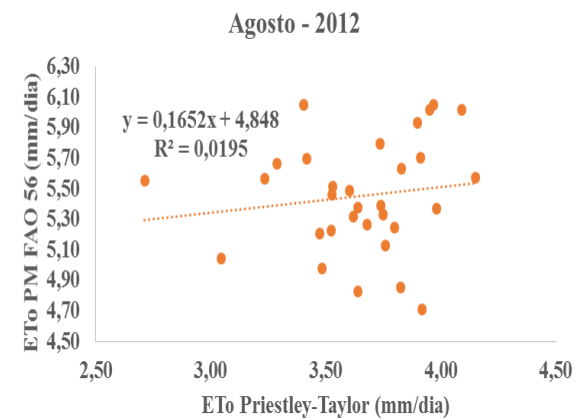
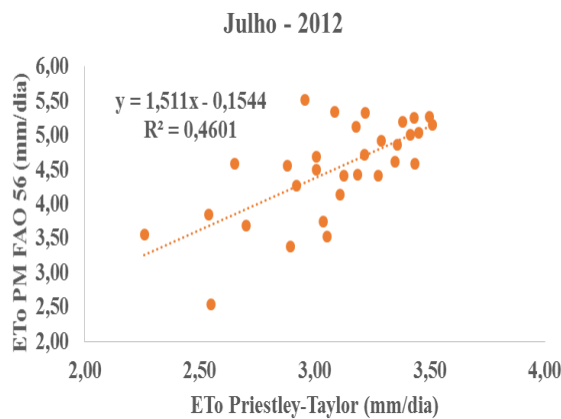
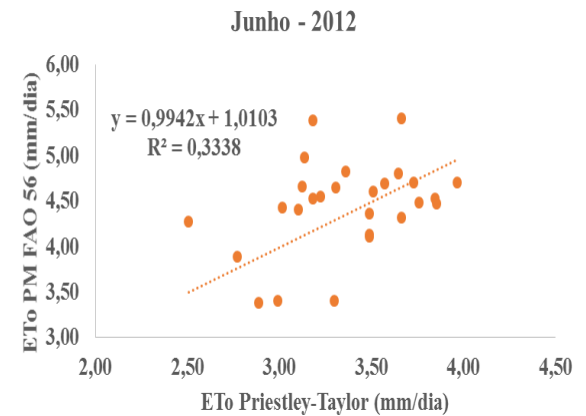
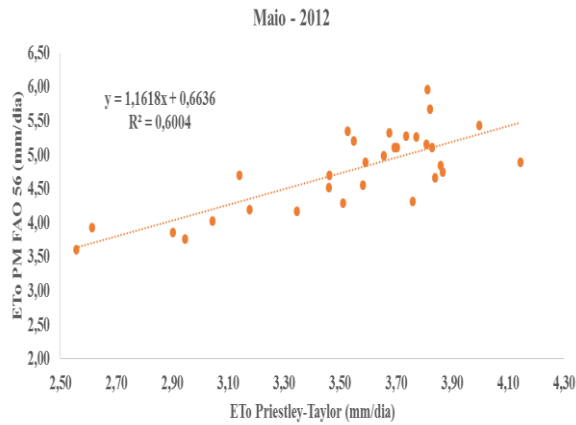
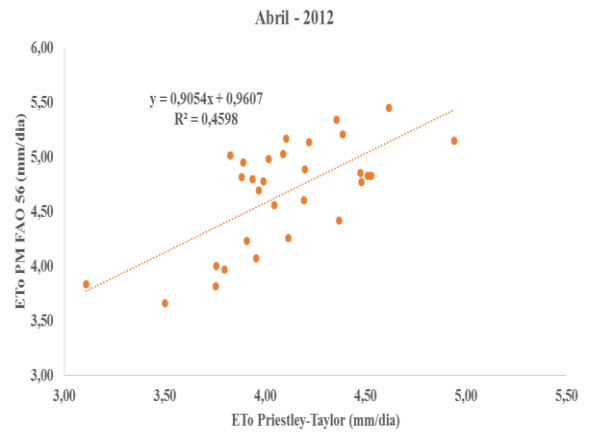
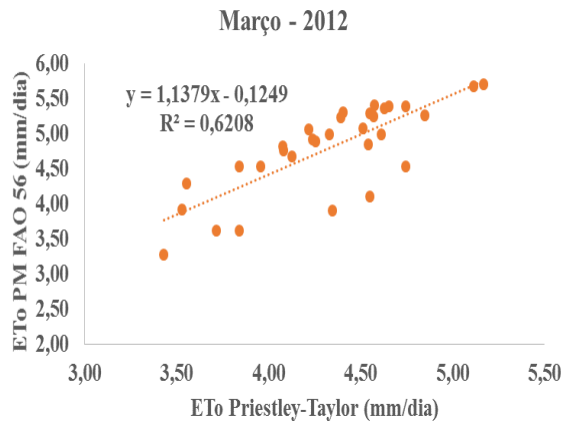
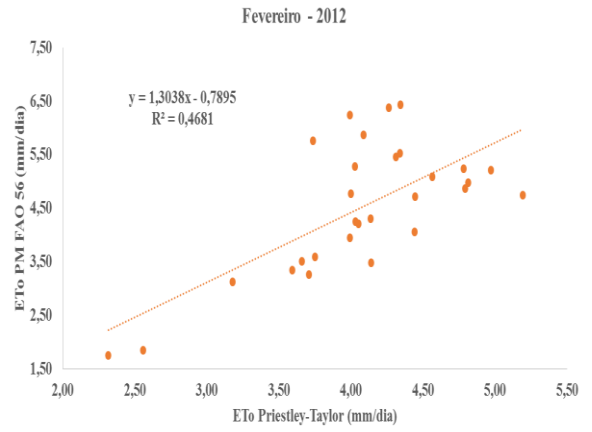
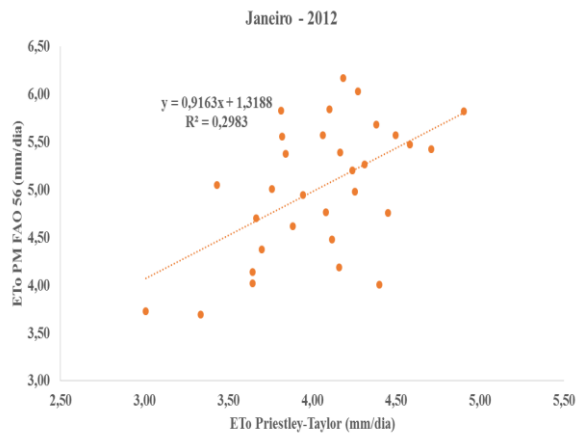


Figura 2. Comparação entre a evapotranspiração de referência diária calculada pelo método de Penman-Monteith e a pelo método de Priestley-Taylor, para o ano de 2011.

A Figura 3 é composta por gráficos mensais de correlação entre os métodos de ET_o para o ano de 2012, que foi considerado um ano seco. É possível observar que todos os R^2 foram baixos, com apenas os meses de março e maio atingindo o valor de 0,60, os demais foram abaixo de 0,50. O mês de agosto apresentou pior R^2 , com valor igual a 0,02.



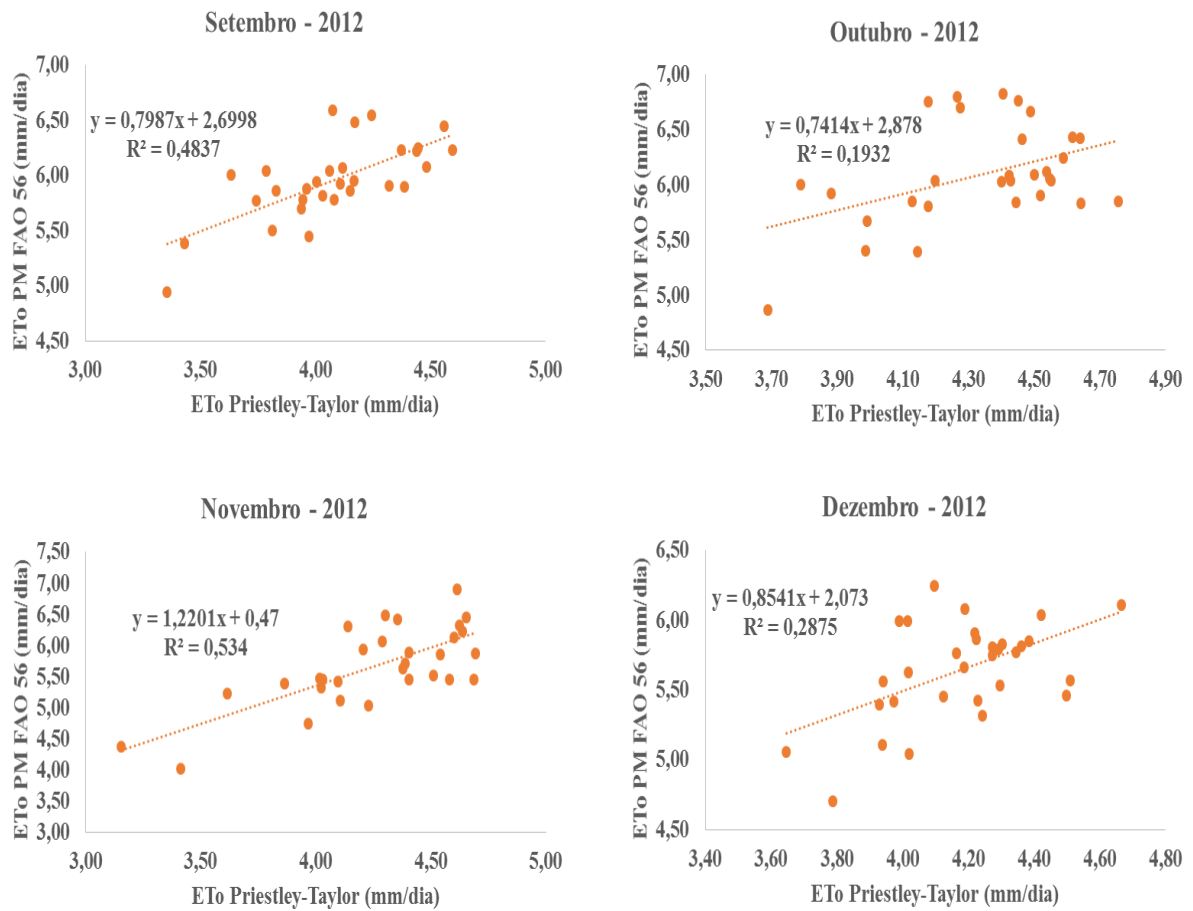


Figura 3. Comparação entre a evapotranspiração de referência diária calculada pelo método de Penman-Monteith e a pelo método de Priestley-Taylor, para todos os meses de 2012.

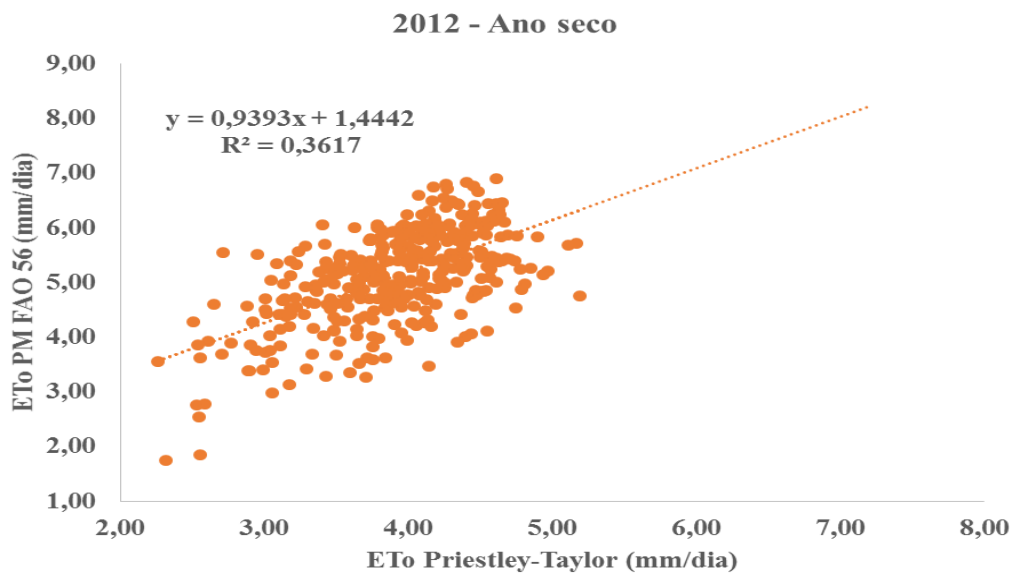


Figura 4. Comparação entre a evapotranspiração de referência diária calculada pelo método de Penman-Monteith e a pelo método de Priestley-Taylor, para o ano de 2012.

CONCLUSÕES

Utilizar o método Priestley-Taylor em Mossoró, um ano seco, pode resultar em uma diferença de valor acumulado no ano, em mais de 440 mm, quando comparado com a ET_0 calculada pelo método padrão.

No ano considerado chuvoso, o método de Priestley-Taylor apresentou desempenho de “bom” a “ótimo” em quase todos os meses avaliados. Por outro lado, o método não apresentou desempenho satisfatório nos meses secos de ambos os anos.

No ano considerado seco, o método de Priestley-Taylor apresentou desempenho de mau a péssimo em todos os meses avaliados.

Havendo a indisponibilidade de dados de entrada, para o método PM-FAO, justifica-se a utilização de método Priestley-Taylor apenas para anos chuvosos, mais precisamente para o período chuvoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G.; PEREIRA, Luis Santos; RAES, Dirk; SMITH. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and Drainage Paper 56.

BORGES, Alisson Carraro; MENDIONDO, Eduardo Mario. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.3, p.293-300, 2007.

CAMARGO, André Pierro; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

HARGREAVES, George H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. Transactions of the ASAE, v.17, n.174, p.701-704, 1974.

MORAIS, Giuliana Mairana de; SOBRINHO, José Espínola; SANTOS, Wesley de Oliveira; COSTA Danniely Oliveira de; SILVA Saulo Tasso Araújo da; MANIÇOBA, Rudah Marques. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN. Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco, v. 7, n. 4, p. 746-754, 2014.

PENMAN, Howard Latimer. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society, v.193, n.1, p.454-465, 1948.

PRIESTLEY, Charles Henry Brian; TAYLOR, Robert Joseph. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, v.100, p.81-92, 1972.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues; BELO FILHO, Adelgicio Farias; SILVA, Bernardo Barbosa da; CAMPOS, João Hugo Baracuy Cunha. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.547-553, 2005.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues. On climate variability in Northeast of Brazil. Journal of Arid Environments, v.1, n.58, p.575-596, 2004.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v.38, n.1, p.55-94, 1948.