

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA LOCALIDADES DO NORDESTE DO BRASIL QUE NÃO DISPÕEM DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICAS

José Ivaldo Barbosa de BRITO¹, Pedro Vieira de AZEVEDO¹ & Célia Campos BRAGA¹

1. INTRODUÇÃO

Um dos parâmetros chave na relação água solo planta atmosfera é a evapotranspiração (ET), uma vez que, as necessidades hídricas de uma cultura são, em geral, expressas como taxa de ET, em mm/dia ou mm/período. O nível de ET está relacionado com a demanda evaporativa do ar, a qual pode ser expressa pela evapotranspiração de referência (ET_0) a qual, determina o efeito do clima sobre o nível de ET de uma cultura. Por outro lado, a ET_0 é definida como a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por uma grama verde pequena de 8 a 15 cm de altura, em ativo crescimento, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água. Existem vários métodos para o cálculo da ET_0 , como por exemplo, o de Penman (Doorenbos e Kassam, 1979).

Vale salientar que, em geral, os métodos empregados para calcular a ET_0 exigem um grande número de variáveis meteorológicas como dados de entrada, e muitas vezes, esses dados são disponíveis apenas nas localidades que dispõem de estações meteorológicas. Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo regional de estimativa da taxa diária média mensal da evapotranspiração de referência, para localidades do Nordeste do Brasil, que não dispõem de dados meteorológicos; para tanto, foram usadas técnicas de análises de regressão multivariada, tomando como base a taxa diária média mensal da evapotranspiração de referência, calculada pela equação da FAO-Penman-Monteith (FPM) - FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) - conforme Fennessey e Vogel (1996), e as coordenadas geográficas de 52 localidades que dispõem de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As equações de regressão foram estimadas, mês a mês, para cinco situações distintas: (1) anos de El Niño; (2) anos de La Niña; (3) anos com temperaturas das águas da superfície do Atlântico Sul mais elevadas que a média (ASP); (4) anos com temperaturas das águas da superfície do Atlântico Sul menores que a média (ASN); (5) anos em que não ocorreu nenhuma das quatro situações anteriores, denominados anos sem forçantes de grande escala oceano-atmosfera (SFGE);

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados os seguintes dados meteorológicos, médias mensais de insolação, direção e velocidade do vento, umidade relativa, temperatura (média, mínima e máxima) e pressão atmosférica à superfície de cinquenta e duas estações meteorológicas espacialmente distribuídas na Região Nordeste, pertencentes à rede de observações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 1961 a 1990. Esses dados foram gentilmente cedidos pelo INMET - 3º Distrito de Meteorologia com sede em Recife. Salienta-se que todos os dados necessitaram passar por um controle de qualidade, semelhante ao utilizado por de Brito et al. (1991).

No período de 1961 a 1990 foram observados os seguintes episódios de El Niño: 1965/66, 1972/73, 1982/83 e 1986/87, enquanto os de La Niña foram: 1964/65, 1970/71, 1973/75, 1976/77 e 1988/89 (Wolter, 2000). Os anos de anomalias de TSM negativas no oceano Atlântico Tropical Sul foram: 1966, 1970, 1979, 1980 e 1982 e, de anomalias positivas, 1964, 1971, 1974, 1985, 1986 e 1989, classificados de acordo com da Silva (1993) e Souza et al., (1999). Naturalmente, os anos considerados sem forçantes oceânicas de grande escala foram: 1963, 1967, 1968, 1969, 1978, 1981, 1984 e 1990.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi estimada para as localidades que dispõem de dados de estações meteorológicas do INMET, pela equação da FPM, conforme as análises de Fennessey e Vogel (1996) dada a seguir:

$$\lambda ET_0 = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{86,4 \rho c_p (e_s(z) - e(z))}{r_a}}{\left[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]} \quad (1)$$

onde λ [MJkg⁻¹] é o calor latente de evaporação da água, Δ [kPa°C⁻¹] é a derivada da pressão de saturação do vapor d'água em função da temperatura do ar ($d(e_s(T))/dT$), R_n [MJm⁻²d⁻¹] é o saldo de radiação, G [MJm⁻²d⁻¹] é o fluxo vertical de calor do solo, ρ [kgm⁻³] é a densidade do ar, c_p [kJkg⁻¹°C⁻¹] é o calor específico do ar a pressão constante, $e_s(z)$ [kPa] é a pressão de saturação de vapor do ar medido na altura z , $e(z)$ [kPa] é a pressão de vapor do ar medido na altura z , r_a [sm⁻¹] é a resistência aerodinâmica para a difusão do vapor d'água na camada limite superficial, r_c [sm⁻¹] é a resistência do dossel da vegetação à transferência do vapor d'água, γ é o parâmetro psicrométrico ($\gamma = 10^{-3} P c_p / (0,622 \lambda)$), $\lambda = 2,501 - 2,361 \times 10^{-3} T$, T temperatura do ar [°C], P pressão atmosférica na superfície [kPa] e 86,4 é o fator de conversão de [kJ s⁻¹] para [MJ d⁻¹].

O método proposto é semelhante ao de Fennessey e Vogel (1996) que elaboraram um procedimento de estimativa da ET_0 para qualquer local do Nordeste dos Estados Unidos da América, baseado no método de regressão linear múltipla, tendo como variáveis independentes as coordenadas geográficas, entretanto devido às características topográficas, à atuação de diferentes regimes de clima e à variação sazonal da ET_0 no Nordeste do Brasil, um método de regressão linear múltipla, baseado em coordenadas geográficas, torna-se inútil, pois o mesmo não apresenta estimativas confiáveis e aceitáveis de ET_0 . Portanto, o Nordeste foi dividido em 3 sub-regiões, a saber: Norte (área 1), Sul (área 2) e leste (área 3) e aplicado para cada área o método de regressão quadrática múltipla, equivalente ao elaborado por Cavalcanti e Silva (1994) para estimativa da temperatura do ar no Nordeste, com a seguinte estrutura:

$$ET_0 = a_0 + a_1 \mu + a_2 \varphi + a_3 h + a_4 \mu^2 + a_5 \varphi^2 + a_6 h^2 + a_7 \mu \varphi + a_8 \mu h + a_9 \varphi h \quad (2)$$

¹ Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal da Paraíba. Av. Aprígio Veloso, 882 58109-970 Campina Grande, PB. E-mail: ivaldo@dca.ufpb.br

3. RESULTADOS

Uma maneira de verificar se a ET_0 estimada difere ou não da calculada é determinando os coeficientes de correlação entre elas. Foram escolhidas, aleatoriamente, 3 localidades das sub-regiões norte (área 1) e sul (área 2) e duas da sub-região leste (área 3), não incluídas nos cálculos dos coeficientes de regressão da equação (2). Esses coeficientes foram usados para estimar a ET_0 das localidades excluídas do processo. O procedimento foi repetido até que todas as localidades fossem contempladas. Em seguida, fez-se uma análise de correlação linear entre a ET_0 obtida pelo modelo e a calculada. Os melhores e piores coeficientes de correlação para os meses do ano, condições climáticas e sub-regiões, são mostrados na Tabela 1. Observa-se que os coeficientes de regressão variaram de 0,78, em janeiro, nos anos de La Niña na sub-região norte, a 0,99, em abril nos anos de SFGE no leste. Como pode ser verificado, os coeficientes de correlação entre a ET_0 estimada pelo modelo e a calculada, pela equação FPM, são na pior situação, estatisticamente significativo ao nível de 99%, mostrando que o modelo é bom estimador da ET_0 .

Tabela 1 - Coeficientes de Correlação de ET_0 Calculada versus ET_0 Estimada – Os valores marcados com** são os menores coeficiente de correlação e* os maiores, para cada condição climática, os números entre parentes são os meses em que estes valores foram observados

	Área 1 - Norte		Área 2 - Sul		Área 3 - Leste	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
ASN	0,80** (12)	0,95 (7)	0,86 (2)	0,93 (9)	0,90 (2)	0,98* (4)
ASP	0,84 (12)	0,96* (5)	0,88 (3)	0,96* (2)	0,82** (1)	0,96* (11)
EL	0,83 (10)	0,95 (6)	0,86 (2)	0,94 (9)	0,81** (2)	0,97* (4)
LA NIÑO	0,78** (1)	0,97 (9)	0,88 (5)	0,96 (11)	0,83 (3)	0,98* (11)
SFGE	0,83** (2)	0,96 (8)	0,87 (1)	0,94 (8)	0,94 (3)	0,99* (4)

Uma outra maneira de se mostrar a diferença entre ET_0 calculada e estimada é através de gráficos de dispersão, onde a ordenada é a ET_0 estimada e a abscissa é a ET_0 calculada. Da tabela 1 observa-se que os coeficientes de correlação não diferem muito entre as diversas condições climáticas; entretanto, nas condições de La Niña verifica-se uma maior dispersão. Portanto, o gráfico de dispersão entre a ET_0 estimada e a calculada da condição climática de La Niña foi escolhido para ser apresentado na Figura 1. Verifica-se que os pontos estão disperso ao longo de um eixo de

45°. Isto significa que os valores estimados de ET_0 são equivalentes aos calculados.

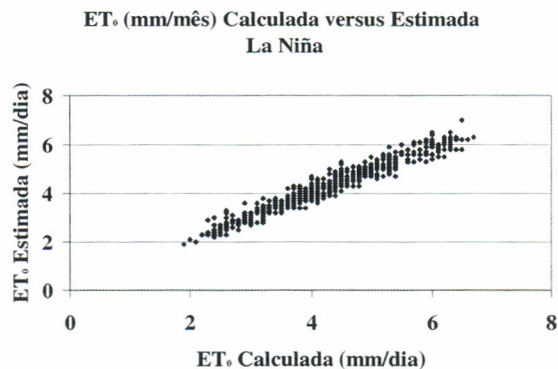


Figura 1 – ET_0 estimada versus calculada (mm/dia)

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que o modelo proposto é um bom estimador da evapotranspiração de referência para qualquer localidade do Nordeste do Brasil, desde que tenha em mãos dados das 52 estações meteorológicas.

5. REFERÊNCIAS

- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da Temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia**, 8, 1994, Belo Horizonte, **Anais**, v.1, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p.154-156.
- DA SILVA, A.M. **Atlas of surface marine data 1945-1989**. Algorithms and procedures. University of Wisconsin – Milwaukee. Milwaukee, 1993. 240p (UW-M v.1).
- DE BRITO, J.I.B.; NOBRE, C.A.; ZARANZA, A.R. A precipitação da pré-estação e a previsibilidade da estação chuvosa no norte do Nordeste. **Climanálise**, v.6, n.6, p.39-54, 1991.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. Rome: FAO, 1979. 306p.
- FENNESSEY, N.M.; VOGEL, R.M. Regional models of potential evaporation and reference evapotranspiration for the northeast USA. **Journal of Hydrology**, v.184, n.3-4, p.337-354, 1996.
- SOUZA, E.B.; ALVES, J.M.B.; XAVIER, T.M.B.S. Distribuição mensal e sazonal da precipitação no Semi-árido Nordestino durante os anos de predominância de aquecimento ou de resfriamento observados em toda a bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.14, n.1, p.1-9, 1999.
- WOLTER, K. **Multivariate ENSO Index (MEI)**. Climate diagnostics center NOAA. Washington, 2000, 6p.