

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração potencial é a quantidade de água máxima possível que a atmosfera exige de uma superfície com cobertura vegetal sem limitação de água. Em vista dessa definição, as formulações ou algoritmos para estimar a evapotranspiração potencial levam em conta apenas a demanda da atmosfera, expressa através de variáveis climáticas. Quando a superfície em questão é de água líquida (reservatório, por exemplo), a evaporação é próxima da potencial. Porém, a evapotranspiração real, ou seja, a quantidade de água que a vegetação realmente perde para a atmosfera depende, basicamente da disponibilidade de energia e de água. Quando água é fator limitante, o controle da perda d'água é exercido fisiologicamente pelo fechamento dos estômatos das folhas e os algoritmos tendem a superestimar as perdas na maior parte da vezes. Fisicamente, a remoção das moléculas de água da superfície evaporante, depende da energia disponível, do déficit de saturação do ar adjacente e da velocidade do vento, da interceptação da chuva pela folhagem e do grau de turbulência atmosférica. Entretanto, a representação dessas variáveis em um algoritmo apenas não é prática pois, na maioria das vezes, há falta de dados para quantificar a contribuição de cada variável. Os algoritmos de estimativa de evapotranspiração têm sido desenvolvidos, então, dentro da filosofia de se fazer uso de variáveis atmosféricas mais comumente observadas, minimizando seu número. Neste trabalho, procurou-se utilizar um algoritmo simples, dependente da temperatura do ar apenas, não esquecendo, porém, da física do fenômeno. O algoritmo de Linacre foi adaptado às condições locais e suas estimativas foram testadas contra as obtidas pelo algoritmo de Thornthwaite e tanque de evaporação classe A.

2. DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa, intensidade e direção do vento a 2 metros, precipitação, número de dias com chuva e evaporação do tanque classe A de 14 postos de observação da rede estabelecida pelo extinto Planalçucar. Os postos estão localizados entre 9°04' S e 10°17' S e entre 35°24' W e 36°35' W, dentro da zona canaveira do Estado de Alagoas. O período coberto pelas séries temporais de cada posto é variável e está compreendido entre 1972 e 1991. Os dados foram consistidos internamente e foi utilizada intercomparação, através de correlação espacial, para consistência entre postos. Dos problemas, o mais grave foi as observações do tanque classe A que apresentaram valores muito inferiores à média anual durante o inverno. É possível que isso seja devido a uma falha na rotina observacional. Ou seja, durante esse período, chuvas intensas tendem a repor a água perdida pela evaporação e, se os totais pluviométricos não forem levados em conta adequadamente ou se o tanque encher e derramar, os totais observados seriam inferiores às perdas reais.

O algoritmo de Thornthwaite (Berlato e Molion, 1981; Pereira et al., 1997) foi usado em sua forma clássica, sem modificação alguma, ou seja,

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T_a}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_1^{12} (0,2 T_a)^{1,514}$$

onde ETP é a evapotranspiração potencial mensal, dada em mm, e Ta é a temperatura do ar (Ta>0). I é o índice anual de calor, igual a de 12 índice "i", e a é dado pela expressão

Por sua vez o método de Linacre (Berlato e Molion, 1981; Pereira et al., 1997) foi adaptado às condições através do método dos mínimos quadrados, tomando a evaporação do tanque classe A como evapotranspiração potencial, ou seja,

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,492$$

onde T_m = T + 0.007h, T a temperatura do ar, T_d é a temperatura de ponto de orvalho, h a altitude e A a latitude. Essa equação é uma simplificação da equação de Penman, onde o primeiro termo representa a perda devida à energia disponível e o segundo termo, (T-T_d), representa o déficit de saturação do ar, i.e, o poder evaporante do ar. Porém, T_d não tinha sido observada e não estava disponível para os cálculos. Assim, fez-se uma estimativa de T_d admitindo, por hipótese, que a umidade relativa, observada às 9h locais, pudesse ser usada para estimar a pressão de vapor de saturação (e_s) dada, na forma polinomial (Richards, 1971, apud Brutsaert, 1982), por

$$ETP = \frac{600 T_m}{(100 - A)} + 50 (T - T_d) \over 80 - T$$

onde t_r = 1 - (373.15/T) e T é dada em graus Kelvin.

Essa expressão fornece quatro raízes, sendo duas delas imaginárias e outra negativa, que são eliminadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 é um diagrama de espalhamento entre o algoritmo modificado de Linacre e a evaporação do tanque classe A, mostrando a correlação existente entre as duas variáveis. Note-se que o coeficiente de correlação foi r = 0,49, sugerindo que o algoritmo ajustado estima bem a evaporação do tanque para a totalidade dos dados. O erro padrão da estimativa foi igual a 1,61. A formulação original de Linacre tem o fator 500 para o termo T_m e 15 para o termo (T-T_d). Os resultados obtidos com esses coeficientes subestimaram sistematicamente as observações do tanque, com um erro padrão de 2,55, embora o coeficiente de correlação tenha sido igual a 0,60. Foram feitos diagramas semelhantes para os períodos seco, com variação de 3,0 a 10,5 mm/dia e chuvoso, com variação entre 3,5 e 8 mm/dia, sugerindo, também, um bom acordo entre as duas variáveis. Essas estimativas concordaram com os valores obtidos por Lyra(1999) no experimento Micrometeorologia da Mata Atlântica Alagoana (MICROMA),

¹ Departamento de Meteorologia MET/CCEN/UFAL 57.072-970, Maceió, Al. E-mail: molion@ccen.ufal.br

Maceió (AL), usando o balanço de energia e razão de Bowen. Para o verão (DJF), ele obteve valores máximos entre 12,7 e 14,6 mm/dia, com média de 8 mm/dia enquanto, para o inverno (JJA), os valores máximos variaram entre 9,2 e 10,4 mm/dia, com média de 5,6 mm/dia. O coeficiente do termo (T-Td), 50, foi maior que o originalmente proposto por Linacre, 15, talvez pelo fato que, na zona canavieira, o vento apresenta uma intensidade média de entre 5 e 6 m/s, sugerindo que o poder evaporante do ar seja significativo para a costa leste do Nordeste.

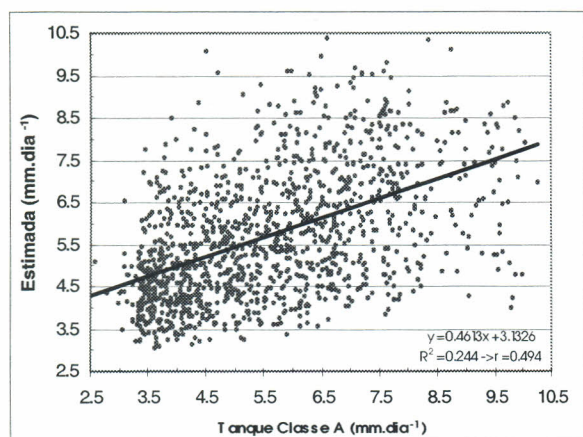


Figura 1 - Estimativas de evapotranspiração potencial pelo algoritmo de Linacre modificado (eixo vertical) vs a evaporação do tanque classe A (mm.dia⁻¹) para 14 postos meteorológicos da zona canavieira de Alagoas

Os resultados obtidos pelo algoritmo de Thornthwaite (Figura 2) estiveram entre 4,0 a 5,0 mm/dia, praticamente constante ao longo do ciclo anual. Isso sugere que o algoritmo de Thornthwaite não seja apropriado para se estimar, adequadamente, a evapotranspiração potencial da região estudada.

4. CONCLUSÃO

O algoritmo de Linacre é uma formulação que só depende da temperatura do ar e é, fisicamente, melhor que a de Thornthwaite, amplamente empregada no País, pois ela mantém os termos básicos, que são a evaporação devido à energia disponível e o poder evaporante do ar, propostos por Penman. Enquanto a formulação de Thornthwaite, aplicada à zona canavieira de Alagoas em que a amplitude

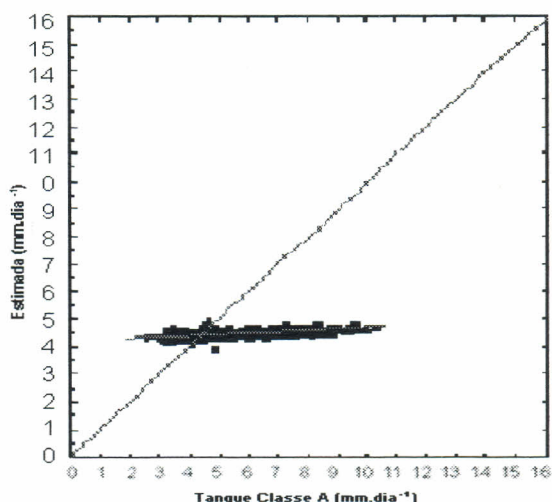


Figura 2 - Estimativas de evapotranspiração potencial pelo algoritmo de Thornthwaite (eixo vertical) vs a evaporação do tanque classe A (mm.dia⁻¹) para 14 postos meteorológicos da zona canavieira de Alagoas

da temperatura média do ar é pequena no ciclo anual, gerou valores praticamente constante durante o ano, entre 4,0 e 5,0 mm/dia, a de Linacre apresentou um ciclo anual bem definido, com estimativas variando entre 3,0 e 10,5 mm/dia e um erro padrão mais baixo. Essas estimativas concordaram com as perdas do tanque classe A e com os valores obtidos por Lyra (2001) através do experimento MICROMA.

Por ser fisicamente mais completa, e também depender apenas da temperatura do ar, a formulação de Linacre é fácil de ser aplicada e gera estimativas mais apropriadas para as regiões de clima tropical. Fica aqui a sugestão que ela seja empregada mais freqüentemente em lugar da de Thornthwaite.

5. REFERÊNCIAS

- Berlato, M.A. ; Molion, L.C.B.,**1981. EVAPORAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO, Boletim Técnico 7, 96p, IPAGRO, RS, Brasil.
- Brutsaert, W.H. ,** 1982. EVAPORATION INTO THE ATMOSPHERE, 299p., D. Reidel Pub. Co., Netherlands.
- Lyra, R.F.F,** 2001. Comunicação Pessoal
- Pereira, A.R.; Villa Nova, N.A.; Sedyama, G.C.,** 1997. EVAPO(TRANSP)IRAÇÃO, 183 p., FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil