

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Aline Rodrigues Ferreira

Email: aliner@pr.gov.br

Vínculo: FUNCAFE-IAPAR

Endereço: Rod. Celso Garcia Cid, km 375, Cx. Postal 481, 86001-970 Londrina-PR

Telefone: 43-376-2252

Rogério Teixeira de Faria

Email: rtfaria@pr.gov.br

Vínculo: IAPAR

Endereço: Rod. Celso Garcia Cid, km 375, Cx. Postal 481, 86001-970 Londrina-PR

Telefone: 43-376-2422

Resumo

O conhecimento da evapotranspiração potencial (ETP) é fundamental para se estimar a demanda hídrica de cultivos, que é um dado básico para trabalhos de irrigação, zoneamento agroclimático e determinação de riscos climáticos da produtividade. Desenvolveu-se um programa para estimativa da ETP composto de um módulo em fortran, para calcular a ETP pelos métodos FAO24-Penman e Ritchie-Priestley&Taylor, e de um módulo em delphi, para entrar os dados da estação, importar dados meteorológicos e armazenar os resultados em arquivos ou representá-los graficamente. Os dados meteorológicos podem ser importados de arquivos do tipo ASCII, de séries de pequena ou longa duração, com qualquer formato de colunas. Após o processamento, o programa ordena os dados meteorológicos diários de entrada, juntamente com os resultados de ETP, e calcula a média e desvio-padrão mensal e anual, além da probabilidade de ocorrência de valores mensais e anuais.

Abstract

Estimation of evapotranspiration (ETP) is fundamental for quantifying crop water demand, which is a basic parameter for application on irrigation, climate zoning, and risks of yield decrease due climate. A computer program for estimation of ETP was developed including a fortran module, for calculation of ETP using FAO24-Penman and Ritchie-Priestley&Taylor methods, and a delphi module, used to enter weather station characteristics, import climate data, and store the results in files or represent them graphically. Climate data from short or long duration series can be imported from ASCII file with any column format. The program ranks estimated ETP and daily climate data to calculate monthly and yearly mean and standard deviation, in addition to monthly and yearly cumulative probability functions for each parameter.

Palavras Chaves

Evapotranspiração; agrometeorologia

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um componente básico do ciclo hidrológico cuja quantificação é de fundamental importância na estimativa das necessidades hídricas de culturas, tendo aplicação direta em dimensionamentos e operações de projetos de irrigação, estudos de zoneamento agrícola e estimativas de riscos climáticos da produtividade.

Conceitua-se a Evapotranspiração Potencial (ETP) como sendo a transferência de água para a atmosfera, por transpiração ou evaporação, de uma superfície com vegetação em pleno crescimento e sem restrição hídrica (Penman, 1948). A partir da ETP, estima-se a demanda hídrica dos cultivos.

Na literatura é disponível um grande número de métodos para estimativa da ETP, sendo as equações vantajosas por usar dados meteorológicos padrões, coletados em tempo real ou histórico, e apresentar resultados confiáveis e a um baixo custo. Com a facilidade de processamento dos computadores, a escolha da equação para cálculo da ETP é limitada pela disponibilidade dos dados meteorológicos no cálculo.

Na publicação FAO-24, Doorenbos & Pruitt (1977) apresentaram a equação de Penman modificada, denominada FAO24-Penman, que é utilizada em larga escala e considerado como método padrão em um grande número de locais por apresentar resultados realísticos quando comparado com dados experimentais. Sua desvantagem é que requer dados de velocidade do vento e umidade do ar, usualmente de difícil obtenção. O método de Priestley & Taylor na adaptação de Ritchie, denominado de Ritchie-Priestley & Taylor (Ritchie, 1985), é mais simples e quase tão eficiente quanto o método anterior, porém requerendo dados de entrada de mais fácil obtenção. Nesse trabalho, apresenta-se um modelo computacional para o cálculo da ETP usando-se estes dois métodos.

2. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO

Método FAO24-Penman

Na versão FAO24, a ETP (mm) é expressa em função de um termo energético e outro aerodinâmico, como na equação original de Penman (Penman, 1948), porém com o termo aerodinâmico modificado, de acordo com a seguinte relação:

$$ETP = \frac{\Delta + \gamma}{\gamma} (H - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} * 2,7 W_f (VPD) \quad (1)$$

em que o parâmetro multiplicativo Δ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) corresponde à tangente à curva de saturação de vapor de água à temperatura do ar e γ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) corresponde à constante psicrométrica, sendo calculados em função da temperatura média do ar (T_d , em $^\circ\text{C}$), obtida pela média entre temperaturas máxima e mínima, e pressão atmosférica (P , em kPa), respectivamente, pelas seguintes relações:

$$\Delta = [0,2(7,38 \cdot 10^{-3} T_d + 0,8072)^7 - 0,000116] \quad (2)$$

e

$$\gamma = \frac{1,013 \cdot 10^{-3} P}{0,622 \lambda} \quad (3)$$

sendo λ o calor latente de vaporização (MJ kg^{-1}), dependente de T_d , e P é uma função da altitude (ALT, em m), de acordo com:

$$\lambda = 2,501 - 2,361 \cdot 10^{-3} T_d \quad (4)$$

e

$$P = 101,325 \left[\frac{288 - 0,065 ALT}{288} \right]^{5,257} \quad (5)$$

Na Equação 1, balanço de energia ao nível do solo (G , em MJ m^{-2}) é considerado nulo ao longo do dia e a radiação líquida na superfície (H , em MJ m^{-2}) é calculada por:

$$H = \frac{1}{\lambda} [(1 - ALB) RS - RB] \quad (6)$$

na qual ALB é o albedo (adimensional) e RS e RB são radiação solar e emissão de radiação de onda longa na superfície (ambos em MJ m^{-2}), respectivamente, calculados por:

$$RS = \left(a + b \frac{n}{N} \right) Q_o \quad (7)$$

e

$$RB = \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right) \left(0,34 - 0,139 \sqrt{e_{(T_n)}} \right) 4,9 \cdot 10^{-9} (273 + T_d)^4 \quad (8)$$

sendo a e b coeficientes de regressão, n é o número de horas de insolação (h), N e Q_o são duração do dia (h) e radiação extraterrestre (MJ m^{-2}) para cada dia do ano, respectivamente, e $e_{(T_n)}$ é a tensão de vapor na temperatura de orvalho (kPa), calculada pela Equação 9, em função da temperatura mínima (T_n , em $^{\circ}\text{C}$):

$$e_{(T_n)} = e^{\left[\frac{16,78 T_n - 116,9}{237,3 + T_n} \right]} \quad (9)$$

Finalmente a função de vento (W_f) é dada pela Equação 10:

$$W_f = 1 + 0,01 U \quad (10)$$

e o déficit de pressão de vapor (VPD, em kPa) pela Equação 11:

$$VPD = e_s \left[1 - \left(1 - \frac{UR}{100} \right) \right] \quad (11)$$

sendo U a velocidade do vento medida a 2m de altura (m s^{-1}), UR a umidade relativa (%) e e_s a tensão de saturação de vapor (kPa), calculada pela Equação 9, porém com a temperatura média diária (T_d).

O método requer como dados de entrada a latitude e altitude do local, valores de albedo e coeficientes a e b da Equação 7, e valores diários dos seguintes elementos meteorológicos: T_x , T_n , n , UR e U .

Método Ritchie-Priestley & Taylor

Na versão de Ritchie do método Priestley & Taylor, a ETP (mm) é calculada da taxa de evaporação de equilíbrio (EEQ), sob as seguintes restrições de temperatura:

$$\begin{aligned} ETP &= 1,1 EEQ & \text{para } T_x > 5^\circ C \\ ETP &= EEQ [1,1 + 0,05(T_x - 34)] & \text{para } T_x \geq 34^\circ C \\ ETP &= EEQ [0,01 e^{(0,18(T_d + 20))}] & \text{para } 5^\circ C \leq T_x < 34^\circ C \end{aligned} \quad (12)$$

sendo:

$$EEQ = RS (4,88 \cdot 10^{-3} - 4,37 \cdot 10^{-3} ALB)(T_m + 29) \quad (13)$$

e

$$T_m = 0,6 T_x + 0,4 T_n \quad (14)$$

em que T_m , T_x e T_n são temperaturas média, máxima e mínima diárias ($^\circ C$).

Os dados de entrada são os mesmos do método anterior, menos UR e U.

3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA ETP

A tela inicial do programa ETP apresenta a opção de método e período para o cálculo da ETP e o formulário de dados meteorológicos. Estes correspondem aos dados da estação (nome do local, código da estação, latitude, altitude), valores de coeficientes relativos à radiação solar (albedo e coeficientes a e b da Equação 7) e os elementos meteorológicos diários requeridos em cada método. Tem-se a opção de digitar os dados no formulário ou importa-los de um arquivo previamente gravado, além de se poder edita-los na tela.

Os dados meteorológicos digitados no formulário podem ser de uma nova estação ou de estação existente. Assim, tem-se a opção de cadastrar uma nova estação ou anexar os dados digitados aos já existentes em arquivo. Para facilitar a importação, o programa permite ao usuário visualizar o arquivo de dados originais, que deve estar em formato ASCII, em colunas de qualquer largura e de séries de pequena ou longa duração. Os elementos meteorológicos importados são consistidos contra valores previamente estabelecidos pelo usuário e o programa assinala valores que estão fora do limite estabelecido.

ETP Evapotranspiração Potencial

Método:
☒ FAO 24-PENMAN
☐ PRIESTLEY_TAYLOR

Data Inicial: 01/01/76
 Data Final: 01/01/96

Executar Interromper

Dados Meteorológicos

Local: Londrina
 Latitude: 23.5
 Longitude: 51.0
 Altitude: 600
 Albedo: 0.15

Vento: 777.7
 Unidade: m/s Km/d
 Altura: 2

Data	Temp Máxima	Temp Mínima	Umid Relativa	Vento	Insolação	Precipitação
01/01/1976	26.3	18.6	77	777.7	2.0	.4
02/01/1976	26.4	18.4	77	777.7	4.5	.0
03/01/1976	27.6	19.8	77	777.7	5.9	.0
04/01/1976	27.4	19.5	77	777.7	2.4	.2
05/01/1976	27.4	19.2	77	777.7	5.2	44.6
06/01/1976	25.5	20.4	77	777.7	.3	6.4

Figura 1 – Imagem da tela do menu de dados de entrada do programa ETP

Completados os campos do formulário de dados de entrada e escolhido o método de cálculo no formulário da Figura 1, executa-se o programa para se obter os resultados, que são apresentados conforme a tela da Figura 2, em que aparecem, em formato de tabela, os dados diários dos elementos meteorológicos e a ETP calculada. Além dos dados diários, pressionando-se os botões “Mês” ou “Ano” do formulário, pode-se visualizar novas telas com os dados mensais e anuais médios e desvios-padrão, além da probabilidade de ocorrência dos valores mensais e anuais. Estes resultados podem ser também visualizados em formato de gráfico, pressionando-se o botão “Gráfico” do formulário de resultados (Figura 2).

ETP Evapotranspiração Potencial

Método:
☒ FAO 24-PENMAN
☐ PRIESTLEY_TAYLOR

Data Inicial: 01/01/76
 Data Final: 01/01/96

Executar Interromper

Dados Meteorológicos Resultados

Tabela: Dia Mês Ano Gráfico

Data	Temp Máxima	Temp Mínima	Umid Relativa	Vento	Insolação	Precipitação	ETP	Método
01/01/1976	29.2	15.1	77.	251.0	11.3	0.0	8.1	1
02/01/1976	29.0	15.7	77.	315.5	10.2	0.0	8.2	1
03/01/1976	28.8	15.4	77.	278.0	7.5	0.8	7.4	1
04/01/1976	23.6	17.5	77.	199.5	0.0	12.2	5.3	1
05/01/1976	24.8	18.7	77.	258.0	1.0	0.0	5.9	1
06/01/1976	26.7	17.0	77.	290.5	11.9	0.0	8.6	1
07/01/1976	26.2	12.8	77.	274.5	11.2	0.0	7.9	1
08/01/1976	27.5	13.2	77.	195.0	12.0	0.0	7.9	1
09/01/1976	29.0	13.8	77.	166.5	11.9	0.0	8.0	1

Figura 2. Ilustração do formulário de dados meteorológicos

4. CONCLUSÕES

O programa ETP facilita o cálculo da evapotranspiração potencial para dois dos métodos mais utilizados. A sua interface amigável possibilita a importação de dados meteorológicos em diferentes formatos ASCII e disponibiliza os resultados em tabelas e gráficos.

5. REFERÊNCIAS

- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977). Guidelines for prediction of crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, 2nd Edition, FAO, Rome
- Ritchie, J.T. (1985) A User Oriented Model of the Soil water Balance. In *Wheat Growth and Modeling* (Eds. W. Day and R.K. Atykin), Plenum Press, Londres
- Penman, H.L. (1948) Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society, London, Series (A), London, 193:120-45