Capítulo 06
Quando faltam dados de entrada no método de Penman-Monteith, 1998 FAO para a evapotranspiração de referência ETo.

SUMÁRIO

Capitulo 06-Quando faltam dados de entrada no método de *Penman-Monteith*, 1998 FAO para a evapotranspiração de referencia ETo.

6.1 Introdução

Para o cálculo de ETo, isto é, da evapotranspiração é recomendado pela FAO que se use sempre a equação de *Penmam-Monteith* FAO, 1998, **mesmo que faltem dados.**

Os dados poderão ser estimados: velocidade do ar, umidade relativa do ar e radiação solar. Recomenda ainda a FAO que com a falta de dados, a equação seja validada regionalmente fazendo os devidos fatores de correção.

6.2 Vento

A velocidade do vento padrão adotado pela FAO é na altura de 2,00m acima do piso. Caso tenhamos velocidade "u_z" em uma altura z maior que 2,00m, a velocidade u_2 será obtida usando a seguinte equação:

$$u_2= u_z \times 4{,}87 / [\ln (67{,}8 \times z - 5{,}42] \quad \textbf{(Equação 6.1)}$$

sendo:
u_2= velocidade do vento a 2m do chão (m/s)
u_z= velocidade do vento na altura z (m/s)
z= altura em que foi medida a velocidade (m)
ln= logaritmo neperiano.

Exemplo 6.1

Achar a velocidade do vento u_2 em um local onde a 10m do chão foi medida a velocidade do vento de 4m/s.

$u_2= u_z \times 4{,}87 / (\ln (67{,}8 \times z - 5{,}42)$

$u_2= 4 \times 4{,}87 / (\ln (67{,}8 \times 10 - 5{,}42)= 3{,}0$m/s

Quando não temos nenhuma informação sobre a velocidade do vento, adotamos um **valor médio de 2m/s,** que é uma estimativa do vento em mais de 2000 estações de tempo em todo o mundo conforme a FAO, 1998.

Na aplicação da equação de Penmam-Monteith não deve ser aplicada vento menor que 0,5m/s.

Portanto, o vento deve ser maior ou igual a 0,5m/s.

A FAO apresenta a Tabela (6.1) onde estão os ventos médios.

Tabela 6.1- Classe de ventos mensais

Descrição	Média mensal do vento a 2m de altura
Vento leve	≤ 1,0m/s
Vento leve a vento moderado	1 a 3 m/s
Vento moderado a vento forte	3 a 5 m/s
Vento forte	Maior ou igual a 5,0m/s

Fonte: FAO, 1998

6.3 Quando faltam dados da radiação solar n/N

É fácil obter o valor de N, mas não de n. Isto torna-se um problema, pois não conseguimos calcular o valor de Rs, isto é, da radiação extraterrestre.

A FAO, 1998 usa uma alternativa para isto, baseada na equação de radiação de Hargreaves:

$$Rs= krs \times (Tmax - Tmin)^{0,5} \times Ra \quad \textbf{(Equação 6.2)}$$

Sendo:
Rs= radiação extraterrestre (MJ/m^2 x dia)
Ra= radiação extraterrestre (MJ/m^2 x dia)
Tmax= temperatura máxima do ar (ºC)
Tmin= temperatura mínima do ar (ºC)
krs= coeficiente de ajuste que pode ser 0,16 ou 0,19 (ºC $^{-0,5}$)

O coeficiente de ajuste krs é empírico e é adotado **krs=0,16 para regiões do interior** e **krs=0,19 para regiões litorâneas.**

Nota-se na Equação (6.2) que precisamos sempre da temperatura máxima e mínima, que são imprescindíveis na aplicação do método de Penman-Monteith FAO, 1998.

Exemplo 6.2

Calcular o valor de Rs em função de Ra para temperatura mínima de 16ºC e temperatura máxima de 32,6ºC referente ao mês de janeiro.

Em se tratando de cidade que está no interior krs=0,16.

$Rs= krs \times (Tmax - Timin)^{0,5} \times Ra$ (Equação 6.2)

$Rs= 0{,}16 \times (32{,}6 - 16)^{0,5} \times Ra = 0{,}65Ra$

Supondo que Ra= 42,46 MJ/m^2 x dia teremos
Rs= 0,65 x 42,46= 27,71 MJ/m^2 x dia

6.4 Quando falta a umidade relativa do ar UR (%)

Em alguns locais não possuímos o dado da umidade relativa do ar UR. Podemos então, conforme FAO, 1998, fazer uma estimativa usando como parâmetro a temperatura mínima.

e (T)= 0,611 x exp [17,27 x T/ (T+237,3)] (Equação 6.3)

A estimativa é que a temperatura do ponto de orvalho "Tdew" seja aproximadamente igual a temperatura mínima.

Ponto de orvalho (Dew point): é definido como o ponto em que o vapor de água presente no ar está preste a se condensar (Tdew).

Fazemos a hipótese que Tdew= Tmin

ea= 0,611 x exp [17,27 x Tmin/ (Tmin+237,3)] (Equação 6.4)

Sendo:
eo(T)= vapor da pressão estimada (kPa)
ea = vapor da pressão estimada (kPa)
T= temperatura escolhida (ºC)
Tmin=temperatura mínima (°C)
exp= exponencial

O valor da umidade relativa do ar UR é fornecida pela equação:

UR= 100 x ea / eo (T) (Equação 6.5)

Exemplo 6.3
Calcular o umidade relativa do ar em um local onde a temperatura mínima do mês de janeiro é 16ºC e a máxima de 32,6 ºC.
ea= 0,611 x exp [17,27 x Tmin/ (Tmin+237,3)]
ea= 0,611 x exp [17,27 x 16/ (16+237,3)]= 1,81kPa
Para a temperatura máxima:
eo (tmax)= 0,611 x exp [17,27 x T/ (T+237,3)] (Equação 6.3)
eo (tmax)= 0,611 x exp [17,27 x 32,6/ (32,6+237,3)] =4,92 kPa
Para a temperatura mínima:
eo (tmin)= 0,611 x exp [17,27 x T/ (T+237,3)] (Equação 6.3)
eo (tmin)= 0,611 x exp [17,27 x 16/ (16+237,3)] =1,81 **kPa**

A umidade relativa do ar UR (%) será a média da umidade relativa do ar mínima com a umidade relativa do ar máxima;
Umidade relativa do ar máxima:
UR= 100 x ea / eo (tmax)
URmax= 100 x 1,81/1,81= 100%
UR= 100 x ea / eo (tmin)
URmin= 100 x 1,81/ 4,92 = 36,84%
UR= (URmax + URmin)/ 2 = (100% + 36,84%)/2 = 68,4%

6.5 Radiação extraterrestre Ra

A radiação solar extra-terrestre Ra em (MJ/m^2 x dia) pode ser estimada por:

Ra= (24x60/PI) x dr x Gscx (ws x sen (Φ) x sen (δ)+ cos(δ) x cos(Φ) sen (ws).

Sendo:
Ra= radiação extraterrestre (MJ/m^2 x dia)
Gsc= constante solar= 0,0820 MJ/m^2 x min
ws= ângulo solar (rad)
Φ= latitude (rad)
δ =declinação solar (rad)
dr= distância relativa da Terra ao Sol.