

Capítulo 06

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

SUMÁRIO

Ordem	Assunto
6.1	Introdução
6.2	Vento
6.3	Quando faltam dados de radiação solar n/N
6.4	Quando falta a umidade relativa do ar UR (%)
6.5	Método de Hargreaves para ETo
6.6	Radiação extraterrestre Ra

Capítulo 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 Penman-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 u₂ será obtida usando a seguinte equação:

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

sendo:

u₂= 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 u₂ em um local onde a 10m do chão foi medida a velocidade do vento de 4m/s.

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

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

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 Penman-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:

$$R_s = k_{rs} \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times R_a \quad \text{(Equação 6.2)}$$

Sendo:

R_s= radiação extraterrestre (MJ/m² x dia)

R_a= radiação extraterrestre (MJ/m² x dia)

T_{max}= temperatura máxima do ar (°C)

T_{min}= temperatura mínima do ar (°C)

k_{rs}= coeficiente de ajuste que pode ser 0,16 ou 0,19 (°C^{-0,5})

O coeficiente de ajuste k_{rs} é empírico e é adotado **k_{rs}=0,16 para regiões do interior e k_{rs}=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 16°C e temperatura máxima de 32,6°C referente ao mês de janeiro.

Em se tratando de cidade que está no interior k_{rs}=0,16.

$$R_s = k_{rs} \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times R_a \quad \text{(Equação 6.2)}$$

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

Supondo que $R_a = 42,46 \text{ MJ/m}^2 \times \text{dia}$ teremos
 $R_s = 0,65 \times 42,46 = 27,71 \text{ MJ/m}^2 \times \text{dia}$

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.

$$e(T) = 0,611 \times \exp [17,27 \times T / (T+237,3)] \quad \text{(Equação 6.3)}$$

A estimativa é que a temperatura do ponto de orvalho "T_{dew}" 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 prestes a se condensar (T_{dew}).

Fazemos a hipótese que T_{dew} = T_{min}

$$e_a = 0,611 \times \exp [17,27 \times T_{min} / (T_{min}+237,3)] \quad \text{(Equação 6.4)}$$

Sendo:

e_o(T) = vapor da pressão estimada (kPa)

e_a = vapor da pressão estimada (kPa)

T = temperatura escolhida (°C)

T_{min} = temperatura mínima (°C)

exp = exponencial

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

$$UR = 100 \times e_a / e_o(T) \quad \text{(Equação 6.5)}$$

Exemplo 6.3

Calcular a umidade relativa do ar em um local onde a temperatura mínima do mês de janeiro é 16°C e a máxima de 32,6 °C.

$$e_a = 0,611 \times \exp [17,27 \times T_{min} / (T_{min}+237,3)]$$

$$e_a = 0,611 \times \exp [17,27 \times 16 / (16+237,3)] = 1,81 \text{ kPa}$$

Para a temperatura máxima:

$$e_o(t_{max}) = 0,611 \times \exp [17,27 \times T / (T+237,3)] \quad \text{(Equação 6.3)}$$

$$e_o(t_{max}) = 0,611 \times \exp [17,27 \times 32,6 / (32,6+237,3)] = 4,92 \text{ kPa}$$

Para a temperatura mínima:

$$e_o(t_{min}) = 0,611 \times \exp [17,27 \times T / (T+237,3)] \quad \text{(Equação 6.3)}$$

$$e_o(t_{min}) = 0,611 \times \exp [17,27 \times 16 / (16+237,3)] = 1,81 \text{ kPa}$$

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:

$$UR = 100 \times e_a / e_o(t_{max})$$

$$UR_{max} = 100 \times 1,81 / 4,92 = 36,84\%$$

$$UR = 100 \times e_a / e_o(t_{min})$$

$$UR_{min} = 100 \times 1,81 / 1,81 = 100\%$$

$$UR = (UR_{max} + UR_{min}) / 2 = (36,84\% + 100\%) / 2 = 68,4\%$$

6.5 Radiação extraterrestre R_a

A radiação solar extra-terrestre R_a em (MJ/m² x dia) pode ser estimada por:

$$R_a = (24 \times 60 / \pi) \times dr \times G_{sc} \times (ws \times \sin(\Phi) \times \sin(\delta) + \cos(\delta) \times \cos(\Phi) \times \sin(ws))$$

Sendo:

R_a = radiação extraterrestre (MJ/m² x dia)

G_{sc} = constante solar = 0,0820 MJ/m² x min

ws = ângulo solar (rad)

Φ = latitude (rad)

δ = declinação solar (rad)

dr = distância relativa da Terra ao Sol.