

Evapora??o

May 15, 2019

1 Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Sanamento - PP-GRHS

1.1 Hidrologia

Evaporação

Clebson Farias

1.2 Questão 1. Em 20 de maio de 2015, a estação meteorológica localizada no Aeroporto Zumbi dos Palmares em Rio Largo registrou as seguintes leituras: temperatura do ar de 17°C , umidade relativa de 83% e velocidade do vento de $0,9\text{m/s}$. Sabendo disso, determine a taxa de evaporação potencial pelo Método Aerodinâmico naquele dia.

1.2.1 Método Aerodinâmico

```
[1]: temp_ar = 17
      umidade_r = 0.83
      veloc_vento = 0.9
```

Método Aerodinâmico

$$E = B(e_s e_a) \quad (1)$$

Onde:

- E -> E = Evaporação (mm/dia);
- B -> Parâmetro em que é introduzido o efeito do vento por expressões empíricas;
- e_s -> Pressão de vapor saturado;
- e_a -> Pressão de vapor do ar.

Parâmetro em que é introduzido o efeito do vento por expressões empíricas

$$B = \frac{0.102u}{[\ln(\frac{z_2}{z_1})]^2} \quad (2)$$

Onde:

- B -> Parâmetro em que é introduzido o efeito do vento por expressões empíricas;

- u -> Velocidade do vento na altura z_2 (m/s);
- z_2 -> Altura da medição da velocidade do vento (geralmente é adotado 2 m a partir da superfície);
- z_1 -> Altura de rugosidade da superfície natural.

```
[4]: def tensao_vapor_saturado(temperatura, unidade_saida):
    """
    temperatura: Temperatura em °C
    unidade_saida: Unidade de Saída
    """
    A = {'mmHg': 4.58,
         'Pa': 610.8}

    return round(A[unidade_saida] * 10 ** (7.5 * temperatura / (237.3 +
    → temperatura)), 4)

pressao_sat = tensao_vapor_saturado(temp_ar, 'Pa')
print('Pressão de vapor saturado', pressao_sat, 'Pa')
```

Pressão de vapor saturado 1937.6501 Pa

```
[7]: def tensao_vapor_ar(umidade_relativa, tensao_vapor_sat):
    return round(umidade_relativa * tensao_vapor_sat, 4)

pressao_ar = tensao_vapor_ar(umidade_r, pressao_sat)
print('Pressão de vapor parcial: ', tensao_vapor, 'Pa')
```

Pressão de vapor parcial: 1608.2496 Pa

```
[19]: import math

altura_medicao_vento = 2
altura_rugo_superficie = 0.02

def parametro_efeito(velocidade_vento, altura_medicao_vento,
    → altura_rugo_superficie):
    b = (0.102 * velocidade_vento) / ((math.log10(altura_medicao_vento /
    → altura_rugo_superficie)) ** 2)
    return round(b, 4)

def evaporacao_aerod(pressao_sat, pressao_ar, velocidade_vento,
    → altura_medicao_vento, altura_rugo_superficie):
    e = parametro_efeito(velocidade_vento, altura_medicao_vento,
    → altura_rugo_superficie) * (pressao_sat - pressao_ar)
    return round(e, 4)
```

```

evaporacao = evaporacao_aerod(pressao_sat, pressao_ar, veloc_vento,
    ↪altura_medicao_vento, altura_rugo_superficie)
print('Evaporação: ', evaporacao, 'mm/dia')

```

Evaporação: 7.5433 mm/dia

1.3 Questão 2. No exemplo resolvido em sala de aula, calculamos a evaporação potencial pelo Balanço de Energia a partir de um valor de radiação média diária de $52W/m^2$ e temperatura do ar de $17^{\circ}C$. Use a Equação de Penman para determinar a evaporação potencial considerando que ambos os fatores aerodinâmico e energético foram importantes para definir o total evaporado naquele dia.

```

[20]: radiacao_m = 52
      temp_ar = 17

```

1.3.1 Balanço de energia, Equação de Penman

Equação de Penman

$$E = \left[\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) E_r + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) E_a \right] \quad (3)$$

Onde:

- E -> Evaporação (mm/dia);
- E_r -> Evaporação calculada pelo método do balanço de energia (mm/dia);
- E_a -> Evaporação calculada pelo método aerodinâmico (mm/dia);
- Δ -> Gradiente da curva de pressão de saturação de vapor (Pa/°C);
- γ -> Constante psicrométrica (66,8 Pa/°C);

```

[22]: def evaporacao_pen(evap_energia, evap_aero, grad_pressao_sat,
    ↪cons_psicrometrica):
      e1 = (grad_pressao_sat/(grad_pressao + cons_psicrometrica)) * evap_energia
      e2 = (cons_psicrometrica/(grad_pressao + cons_psicrometrica)) * evap_aero
      return round(e1 + e2, 4)

```

Gradiente da curva de pressão de saturação de vapor

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(237,3 + T)^2} \quad (4)$$

Onde:

- Δ -> Gradiente da curva de pressão de saturação de vapor (Pa/°C);
- T -> Temperatura (°C);
- e_s -> Pressão de vapor saturado (Pa);

```
[23]: def grad_pressao_vapor(pressao_vapor_sat, temperatura):  
      delta = (4098 * pressao_vapor_sat)/((237.3 + temperatura) * 2)  
      return round(delta, 4)
```

Evaporação calculada pelo método do balanço de energia (mm/dia)

```
[ ]:
```