

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO MILHO IRRIGADO PELO BALANÇO DE ENERGIA E RAZÃO DE BOWEN

Iêdo TEODORO¹, José Leonaldo de SOUZA², Erisson Cavalcante AMORIM³, Paulo Ricardo Teixeira da SILVA⁴, José Edmilson Deodato de BRITO³

1- INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), é cultivado em diversas regiões do planeta, com precipitações que variam de 250 a 5.000 mm por ano, sendo que a quantidade média de água consumida por essa cultura durante o seu total é 600 mm. Dessa forma, em localidades com chuva abaixo da quantidade requerida, a irrigação será de grande serventia na otimização da sua produtividade, pois dois dias de estresse hídrico no florescimento diminui o rendimento em mais de 20 %, e de quatro a oito dias diminui em mais de 50% (CRUZ et al., 1997).

A estimativa ou medida da evapotranspiração de uma cultura (ET_c) em suas diversas fases fenológicas é ponto básico para o uso racional da irrigação, sem deficiências nem excessos d'água. Porém, muitas dificuldades técnicas impedem a determinação da evapotranspiração de plantios comerciais, cabendo então à pesquisa determinar esse parâmetro em escala experimental e correlacioná-lo com a evapotranspiração de referência para obter coeficientes de cultura (K_c), para serem utilizados na determinação das necessidades hídricas dos cultivos.

A necessidade hídrica de um cultivo, baseada em sua evapotranspiração, geralmente, é expressa em milímetro por dia (ALBUQUERQUE, 2000). Diversos métodos podem ser utilizados para estimar ou medir a evapotranspiração de uma cultura e seus componentes. Dentre os quais, destacam-se o balanço de energia pela razão de Bowen (RB) e o balanço de energia (BE), através da resistência aerodinâmica (r_a)

O RB tem sido muito utilizado para determinar a ET_c em curtos intervalos de tempo (dia e até hora), produzindo resultados de campo que concordam bem com as medidas lisimétricas (PEREZ et al., 1999). O BE tem como principal fonte de erros a estimativa do r_a que, mesmo existindo, atualmente, equipamentos de alta tecnologia, ainda há várias dificuldades práticas para se obter valores precisos desse parâmetro.

Esse trabalho teve o objetivo de comparar os resultados da ET_c decendial obtida pelo BE , em função da r_a determinada de duas maneiras, com os resultados do RB .

2- MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental de Agrometeorologia do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em Rio Largo – AL (09° 28' S, 35° 49' W e 127 m de altitude).

O milho da variedade BR 106 foi cultivado no período de 1º de janeiro a 22 de abril de 2002, com uma população média de 70.000 plantas por hectare.

A ET_c foi estimada pela razão de Bowen (RB) e pelo Balanço de Energia, de duas maneiras: (BE_1), com base na resistência aerodinâmica (r_a) estimada em função das características aerodinâmicas do milho (r_{a1}) e (BE_2) baseada na (r_{a2}), obtida apenas pela velocidade do vento.

O fluxo de calor no solo (G) foi medido a 4,0 cm de profundidade, com uma placa de fluxo HFT – 3 da REBS. O saldo de radiação (R_n) e a radiação da superfície (R_s) foram medidos com um radiômetro da Kipp & Zonnen (NET CRN1, série 990170), composto de dois piranômetros e dois pignômetros, a 1,0 m da copa das plantas. A temperatura (T_a) e a umidade relativa do ar (UR) foram medidas a 2,0 m do dossel vegetativo com um sensor automático do modelo HMP 45C. Todos instrumentos foram acoplados a uma estação automática de aquisição de dados Micrologger-21XL da Campbell Scientific, programada para fazer medidas a cada dez segundos e armazenar médias de dez minutos.

A temperatura da superfície (T_o) foi obtida através da radiação de ondas longas, emitida pela superfície do cultivo, medida com pignômetro, pela expressão:

$$T_o = \sqrt[4]{\frac{E_o}{\epsilon_o \sigma}}, \text{ onde:}$$

T_o - temperatura da superfície em Kelvin;

E_o - emitância do cultivo de milho, em $MJ m^{-2} h^{-1}$;

ϵ_o - emissividade das folhas do milho, igual a 0,95;

σ - constante de Stefan-Boltzman ($MJ m^{-2} h^{-1} K^{-4}$).

A velocidade vento (U_2) foi medida a 2,0 m do dossel vegetativo do milho por um anemômetro CAT. N° 05103-5, Série WM44012 da R. M. Young Company.

O método da razão de Bowen (β) foi utilizado para determinar a ET_c decendial e por fase fenológica do milho, conforme as expressões:

$$R_n - \lambda E - H - G = 0, \quad \beta = \frac{H}{\lambda E} \text{ ou } H = \beta \lambda E, \text{ e}$$

$$\beta = \gamma \cdot \frac{(T_o - T_a)}{(e_o - e_a)}, \text{ Onde:}$$

γ = coeficiente psicrométrico ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$),

$e_o = e_s(T_o)$, é a pressão de saturação do vapor d'água (kPa);

$e_a = e(T_a)$, é a pressão do vapor d'água (kPa).

A ET_c pelo balanço de energia, através da obtenção do fluxo de calor sensível (H) foi calculada de duas formas: (BE_1) com H estimado com base na r_{a1} e (BE_2) com H em função do r_{a2} , conforme as expressões:

¹ Prof. M.Sc. da Escola Agrotécnica Federal de Satuba. Rua 17 de agosto s/n, Satuba - Alagoas. iedoteodoro@ig.com.br;

² Prof. Dr. do Departamento de Meteorologia, CCEN – MET;

³ Bolsista de iniciação científica do programa CNPq/PIBIC/UFAL

⁴ Mestrando do Curso de pós-graduação em Meteorologia, CCEN - MET/UFAL, Maceió-AL. paulo.ricardo@ccen.ufal.br

³ Bolsista de iniciação científica do programa CNPq/PIBIC/UFAL

$$R_n - \lambda E - \rho_a C_p (T_o - T_a) - G = 0$$

$$H_1 = \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{(T_o - T_a)}{r_{a1}} \quad \text{e} \quad H_2 = \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{(T_o - T_a)}{r_{a2}}$$

$$\rho_a = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{e} \quad C_p = 1,013 \cdot 10^{-3} \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1}$$

A ET_c foi estimada pela expressão:

$$ET_c = \frac{\lambda E}{\lambda} \quad (\text{mm dia}^{-1}), \text{ em que,}$$

λ = Calor latente de evaporação igual a 2,45 MJ m⁻²

$$r_{a1} = \frac{\ln \left[\frac{Z_n - d_o}{Z_{om}} \right] \ln \left[\frac{Z_h - d_o}{Z_{oh}} \right]}{K^2 U_z}, \text{ em que,}$$

r_{a1} = Resistência aerodinâmica (s m⁻¹);

Z_m = Altura de medida da velocidade do vento (m);

Z_h = Altura de medida da UR do ar (m);

Z_{om} = Comprimento da rugosidade para transferência de momento (m);

Z_{oh} = Comprimento da rugosidade para transferência de calor e vapor d'água (m);

K = Constante de Von Karman = 0,41;

U_z = Velocidade do vento na altura z (m s⁻¹).

d_o = Deslocamento do plano zero;

$$d_o = \left(\frac{2}{3} h \right), \text{ sendo } h \text{ a altura da cultura;}$$

$Z_{om} = 0,123 h$ e $Z_{oh} = 0,1 Z_{om}$

$$r_{a2} = \frac{250}{1 + 0,526 U_2} \quad (\text{s m}^{-1}), \text{ onde,}$$

U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹).

3- RESULTADOS

A resistência aerodinâmica, estimada em função dos parâmetros aerodinâmicos da cultura e da velocidade do vento (r_{a1}), aumentou de 102 para 111 s m⁻¹ entre o primeiro e segundo decêndio (**dec.**) porque nesse período as plantas tinham altura (L) inferior a 0,70 m e não exerciam influência na aerodinâmica da atmosfera. Com o aumento da L e do índice de área foliar (**IAF**) a r_{a1} diminuiu para uma faixa de 69 a 44 s m⁻¹ nos decêndios 3 e 5, respectivamente (Figura 01). No final do cultivo, quando o IAF diminuiu a r_{a1} apresentou um leve acréscimo.

Os valores da r_{a2} foram mais elevados, variando de 123 s m⁻¹ no 1º dec a 162 s m⁻¹ 10º dec.. Essa variação ocorreu apenas em função da velocidade do vento por ser o único parâmetro meteorológico utilizado nesse método.

A ET_c decendial (figura 02) obtida pelos métodos RB e B.E₁, foram de 37,01 a 53,46 mm e de 31,26 a 51,76 mm nos decêndios 2 e 9, respectivamente. Pelo B.E₁, a ET_c no 2º dec. Foi de 29,76 mm, aumentou para 38,50 mm no 3º dec., em seguida, em vez de aumentar diminuiu para uma faixa de 30,74 mm no dec. 4 a 23,77 mm no dec. 7. Essa diminuição é consequência da redução da r_{a1} que eleva o valor do H e, no balanço de energia, o λE diminui. No último decêndio a ET_c pelos três métodos diminuiu por conta da redução do IAF.

No decêndio 2, os valores da ET_c pelos três métodos foram praticamente iguais porque nesse

período as plantas ainda estavam baixas e não influenciavam a dinâmica da atmosfera.

A curva da ET_c pelo B.E₂ foi semelhante a curva obtida pelo RB porque esses métodos baseia-se apenas nas variáveis meteorológicas velocidade do vento, temperatura e umidade do ar, sem considerar as características aerodinâmicas da cultura, como ocorre com o B.E₁ que apresentou uma variação diferente dos demais.

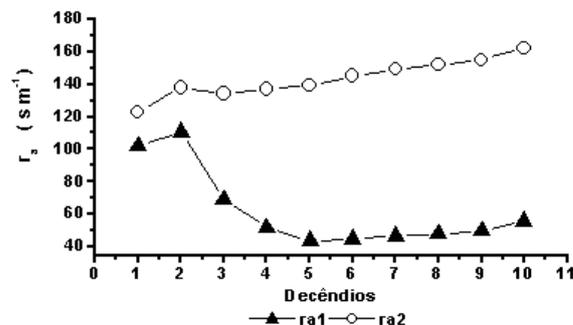


Figura 01 – Resistência aerodinâmica (r_a) da cultura do milho irrigado, estimada em função das características aerodinâmicas da cultura (r_{a1}) e baseada apenas na velocidade do vento (r_{a2}).

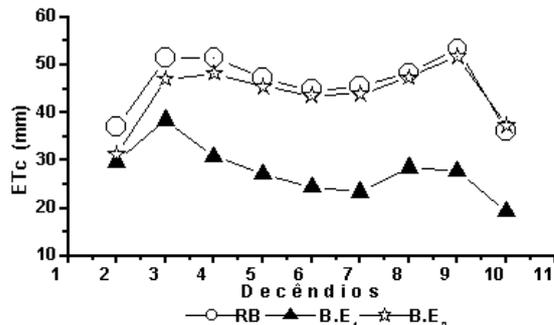


Figura 02 – Variação decendial da evapotranspiração da cultura (ET_c) do milho irrigado, pela razão de Bowen (**RB**), pelo balanço de energia em função da r_{a1} (**B.E₁**) e em função da r_{a2} (**B.E₂**).

4- CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pelo B.E₂, balanço de energia através da r_{a2} , determinada somente em função da velocidade do vento, concordaram melhor com razão de Bowen do que o B.E₁ que utilizou a r_{a1} , obtida em função dos parâmetros aerodinâmicos da cultura.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P. **Requerimento da água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas – MG: EMBRAPA/CN, 2000. 54p. (Circular técnica nº 1).
- CRUZ, J.C., MONTEIRO, J.A., SANTANA, D.P., GARCIA, J.C., BAHIA, F.G.F.T.C., SANS, L.M.A., PEREIRA FILHO, I.A. **Recomendações Técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA, 1997. 204 p.
- PEREZ, P.J., CASTELLVI, F., IBÁÑEZ, M., ROSELL, J.I. Assessment of reliable Bowen ratio method partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v 97, p. 141 - 150, 1999.

6. Agradecimentos

FAPEAL, CTPetro, PIBIC/UFAL.