

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA SOJA POR INTERMÉDIO DA RAZÃO DE BOWEN COMPARADO COM OS MÉTODOS DE PENMAN-MONTEITH E TANQUE CLASSE A

EDEMO J. FERNANDES

Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, fone (16) 32092637, ejfernan@fcav.unesp.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju - SE

RESUMO: A necessidade em se determinar com exatidão a quantidade de água consumida em uma cultura é importante para o sucesso do cultivo e, principalmente, para a preservação desse recurso inestimável. Para se obter o melhor regime de irrigação, existem determinações da necessidade hídrica de culturas baseadas em parâmetros meteorológicos, da planta e conteúdo de água no solo. O método da razão de Bowen utiliza apenas as diferenças das temperaturas de bulbo úmido e seco, em dois níveis acima da vegetação, para a determinação da evapotranspiração da cultura. Os dados foram obtidos de uma estação micrometeorológica localizada no interior de uma cultura de soja. Os resultados obtidos foram comparados com os dos métodos de Penman-Monteith e tanque Classe A. O método da razão de Bowen apresentou alta correlação com os métodos sugeridos pela FAO. Os valores obtidos com o método do tanque classe A superestimaram os dos outros dois métodos.

Palavras-chave: irrigação, soja, estação micrometeorológica.

DETERMINATION OF SOYBEAN CROP EVAPOTRANSPIRATION THROUGH BOWEN RATIO COMPARED WITH PENMAN-MONTEITH, AND CLASS A PAN METHODS.

ABSTRACT: The determination of crop water requirement is important for productivity, and preservation of water natural resources. To obtain the best irrigation regime, there are determinations of water requirement based on meteorological, plant e soil water content parameters. The meteorological method of Bowen ratio only use temperatures difference between two levels above the canopy for determining crop evapotranspiration. The evapotranspiration data were obtained from a meteorological station placed on the center of a soybean crop. Correlations were made between Penman-Monteith and Class A pan methods with Bowen ratio. The Bowen ratio presented significant correlations with Penman-Monteith e Classe A pan methods. The values of Class A pan method overestimated both values of the Penman-Monteith, and Bowen ratio methods.

Keywords: irrigation, soybean, micrometeorological station.

INTRODUÇÃO: O setor agrícola é responsável pelo maior desperdício de água e isso se deve à completa ausência de práticas de manejo da água em culturas irrigadas por parte dos usuários, tendo como consequência o dispêndio de duas a três vezes o volume que realmente seria

necessário. Com os recentes desenvolvimentos em tecnologia de sensores e sistemas de aquisição de dados, é possível, atualmente, fazer medidas diretas e pontuais da evapotranspiração da cultura com custo relativamente baixo e equipamentos portáteis. Segundo PIERI & FUCHS (1990) a razão de Bowen pode ser calculada de medidas de gradiente de temperatura e umidade em dois níveis acima da cultura. Quando se emprega o método da razão de Bowen deve existir uma extensa área sobre uma superfície homogênea de maneira que a distância da margem principal da predominância dos ventos, comparada com a altura da medida superior, seja da ordem de 1:100 (STANNARD, 1997). Isso assegura que os dois níveis de medidas para temperatura e umidade estão dentro da camada limite da superfície. BAUSCH & BERNARD (1992) compararam os dados obtidos pela razão de Bowen e por lisímetro em dois dias sem nebulosidades e verificaram que a evapotranspiração calculada pelo primeiro método foi 1,4% menor do que a do segundo. A maior diferença entre os dois métodos ocorreu no dia seguinte a uma irrigação, quando o valor obtido pela razão de Bowen foi 8% menor. Inúmeras comparações entre a técnica da razão de Bowen e lisímetros foram realizadas e diferenças menores do que 10% entre os valores obtidos pelos dois métodos tem sido relatadas (DENMEAD & McILROY, 1970; BAUSCH & BERNARD, 1992, PRUEGER et al., 1997).

MATERIAL E MÉTODOS: O ensaio foi instalado na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação, ADEI, da FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal, SP. Utilizou-se um sistema de irrigação por aspersão convencional, com espaçamento de 18x18 m, sendo instalada na área experimental a cultura da soja, cultivar Conquista. Foi construída uma estação micrometeorológica utilizando um mastro dotado de três suportes, que possibilitavam o deslocamento vertical do conjunto de sensores (radiação líquida, temperaturas, velocidade do vento e fluxo de calor) acima da cobertura vegetal, em função do desenvolvimento da cultura. Essa estação foi instalada no centro de uma área útil de 4752 m², com a finalidade de evitar efeitos da advecção local. Todos os sensores eram conectados, por meio de cabos, a um sistema de aquisição e armazenamento de dados.

A separação de energia entre fluxo de calor sensível (H) e de calor latente (LE) foi obtida pelo método da razão de Bowen (PEREZ et al, 1999): $\beta = H/LE$. A razão de Bowen é usada com o balanço de energia, o qual para superfícies uniformes (PEREZ et al., 1999) pode ser simplificado por: $R_n = G + H + LE$. Considerando o termos semelhantes entre as duas equações temos: $LE = (R_n - G)/(1+\beta)$ e $H = (R_n - G) \beta/(1+\beta)$, em que R_n é a radiação líquida ($W m^{-2}$), G o fluxo de calor no solo ($W m^{-2}$), H o fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$), LE o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$) e β a razão de Bowen. Em um período médio t , a relação empírica entre os fluxos e gradientes verticais pode ser formulada como: $H = \rho c_p K_h \partial T/\partial z$ e $LE = -(\rho c_p/\gamma) K_v \partial e/\partial z$. Assumindo que $K_h = K_v$ (VERMA et al, 1978) e medindo os gradientes de temperatura e pressão de vapor entre dois níveis dentro da camada limite da superfície, β é definido como:

$\beta = \gamma[(\partial T/\partial z)/(\partial e/\partial z)] = \gamma(\Delta T/\Delta e)$, em que ΔT e Δe são as diferenças entre as temperaturas ($^{\circ}C$) e pressões de vapor (kPa) medidas em dois níveis e γ é a constante psicrométrica ($kPa ^{\circ}C^{-1}$).

A evapotranspiração de referência foi determinada pela fórmula de Penman-Monteith e pelo método do tanque Classe A segundo metodologia proposta em (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Para a obtenção da evapotranspiração da cultura utilizando os métodos do tanque classe A e Penman-Monteith, E_{To} foi multiplicado pelos coeficientes da cultura sugeridos por DOORENBOS & KASSAN (1979), que são função dos estádios de desenvolvimento da planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A parcela recebeu durante o ciclo da cultura 393,9 mm de lâmina total de água, sendo 250,9 mm mediante irrigações e 143,0 mm por chuvas. Foram efetuadas nove irrigações nesse tratamento. Os dados diários da evapotranspiração da cultura calculados para cada método encontram-se na Figura 1, verificando-se que até aos 54 d.a.e. os valores mantiveram-se próximos. Dessa data até 96 d.a.e. ETct (método do tanque Classe A) discrepou dos demais apresentando valores superiores, concordando com os resultados obtidos por MAHRER & RYTWO (1991).

Dos 54 aos 81 d.a.e. ETcb (método da razão de Bowen) apresentou valores menores do que ETcp (método de Penman-Monteith), sendo que, após esse período até 102 d.a.e., os valores de ETcb suplantaram os da ETcp. Dos 103 até 109 d.a.e. os valores se equivaleram e após ETcb exibiu os maiores valores de evapotranspiração, possivelmente em função da maior evaporação do solo, em consequência das chuvas ocorridas e menor cobertura vegetal, e/ou aos valores de kc utilizados, que nesse período eram menores. Os valores médios das evapotranspirações e os respectivos desvios padrão foram de $2,73 \pm 1,00$ mm dia⁻¹ para ETcp, $2,99 \pm 1,03$ mm dia⁻¹ para ETcb e $3,55 \pm 1,29$ mm dia⁻¹ ETct, notando-se que a maior dispersão dos dados em relação ao valor central ocorreu com ETct. Os maiores valores de evapotranspiração obtidos foram 5,6 mm aos 77 d.a.e. (ETct), 5,0 mm aos 118 d.a.e. (ETcb) e 4,2 mm aos 74 d.a.e. (ETcp).

Considerando-se ETcp e ETct como variáveis independentes, em função de serem os métodos preconizados mundialmente pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), e ETcb como variável dependente (valores diários), foram efetuadas análises de correlação para verificar a tendência entre os métodos, desconsiderando os valores após 110 d.a.e. devido aos problemas da cobertura vegetal e valores de Kc utilizados após esse período. As regressões lineares entre ETcp e ETct com ETcb produziram as seguintes equações:

$$ETcp = 0,7524 ETcb + 0,6331 \quad r^2 = 0,593 (P < 0,01)$$

$$ETct = 0,6822 ETcb + 1,7151 \quad r^2 = 0,310 (P < 0,01)$$

Verifica-se que ambas correlações foram altamente significativas ($P < 0,01$). A melhor correlação de ETcb ocorreu com ETcp, em função de apresentar coeficiente angular da reta mais próximo da unidade, o que significa melhor ajustamento para a relação 1:1 e menor coeficiente linear. O coeficiente de correlação foi maior para a relação ETcp/ETcb do que para ETct/ETcb. As estimativas dos erros padrão (EEP) também mostram que a correlação de melhor ajuste foi entre ETcp e ETcb (0,90), indicando que esses métodos produziram valores com tendências semelhantes. Quanto menor o valor da EEP, melhor o ajuste, pois a EEP indica a real dimensão do erro produzido pelo modelo como relataram PERES et al. (1999), diferentemente do coeficiente de correlação, em que os erros podem ser mascarados pela magnitude dos desvios padrões das estimativas e observações. A EEP entre ETcb e ETct foi 1,39.

As evapotranspirações totais do período de 35 a 118 d.a.e. (84 dias) foram: 229,4 mm (ETcp), 250,8 mm (ETcb) e 298,5 mm (ETct). A diferença entre o valor total de ETcb e ETct foi 47,7 mm, o que corresponde a um valor de 0,6 mm dia⁻¹ e entre ETcb e ETcp foi 21,4 mm (0,3 mm dia⁻¹). Desconsiderando os valores após 110 d.a.e., os valores totais foram: 214,7, 221,4 e 281,4 mm, respectivamente, verificando-se uma diferença de 6,7 mm entre ETcp e ETcb (0,09 mm dia⁻¹) e 60 mm entre ETct e ETcb (0,9 mm dia⁻¹).

Analisando-se os dados acumulados das evapotranspirações (Figura 2) nota-se que os valores de ETcp e ETcb mantiveram a mesma tendência durante todo o período, com ETcp exibindo maiores valores (acumulados) entre 58 e 100 d.a.e. e menores após 107 d.a.e. ETct apresentou os maiores valores acumulados de evapotranspiração, como relataram MAHRER & RYTWO (1991). As correlações efetuadas entre os métodos foram altamente significativas ($P < 0,01$).

obtendo-se os seguintes coeficientes de correlação: $r^2 = 0,9961$ para ET_{cp}/ET_{cb} e $r^2 = 0,9972$ para ET_{ct}/ET_{cb} .

Portanto, o método da razão de Bowen utilizado para o cálculo da evapotranspiração real apresentou correlação altamente significativa, tanto em valores diários, como acumulados, quando comparado com os métodos padrões recomendados pela FAO, mostrando-se eficiente na determinação das necessidades hídricas da cultura e podendo, portanto, ser utilizado para o manejo da irrigação.

Por esse motivo, a utilização de um sistema automático para a determinação da evapotranspiração da cultura, utilizando o método da razão de Bowen, possibilitará o conhecimento das reais necessidades hídricas da cultura, facilitando o seu manejo e racionalizando o uso da água na irrigação.

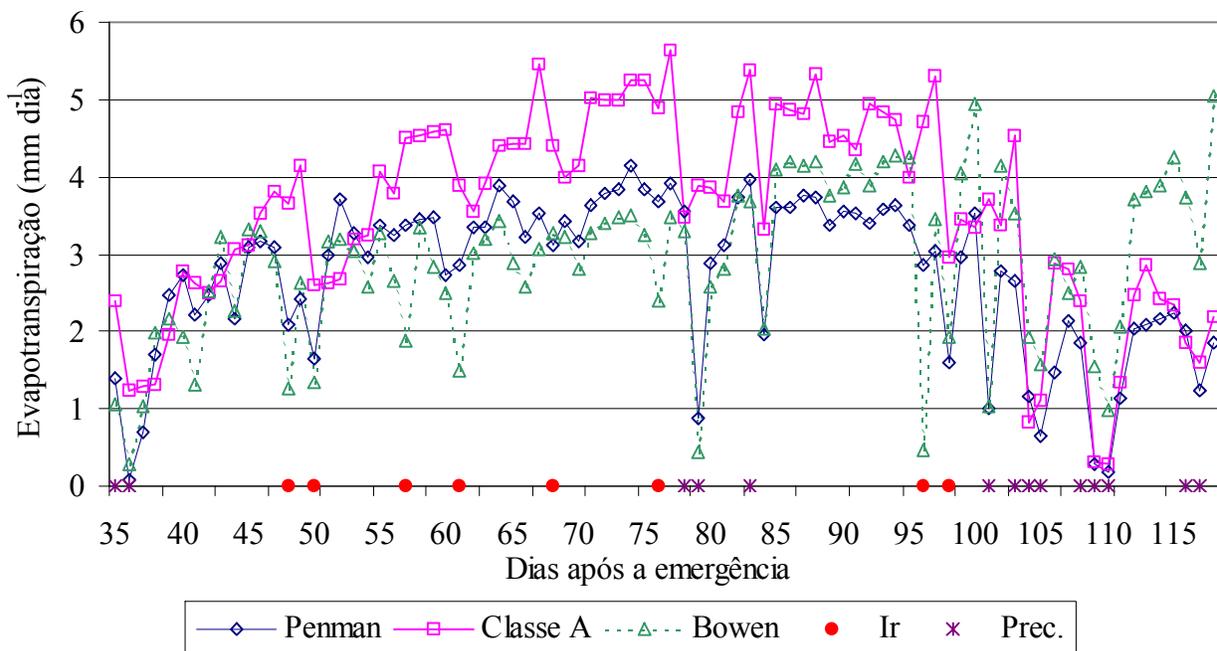


Figura 1. Valores diários da evapotranspiração da cultura calculados pelos três métodos, chuvas ocorridas (Prec) e irrigações efetuadas (Ir).

CONCLUSÕES: A evapotranspiração da cultura calculada pelo método da razão de Bowen mostrou correlação altamente significativa com o método de Penman-Monteith, revelando ser eficiente na determinação das necessidades hídricas da cultura. O método do tanque classe A superestimou a evapotranspiração da cultura em relação aos outros dois métodos.

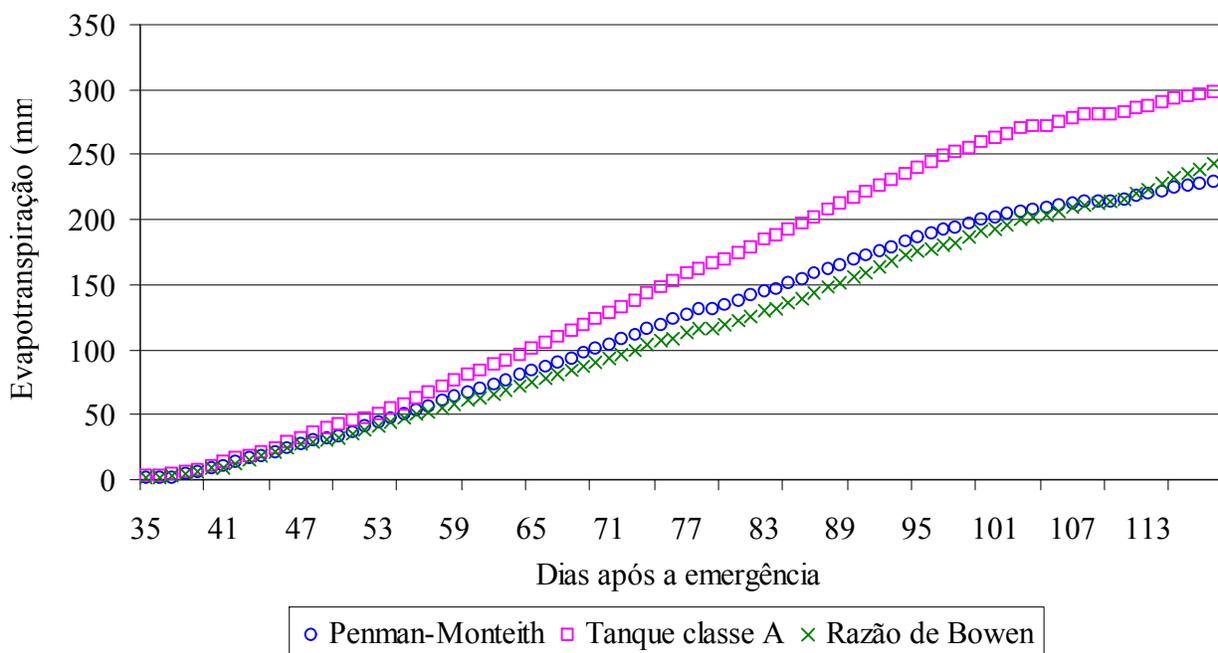


Figura 2. Valores acumulados da evapotranspiração da cultura calculada pelos métodos de Penman-Monteith, tanque Classe A e razão de Bowen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUSCH, W.C., BERNARD, T.M. Spatial averaging Bowen ratio system; Description and lysimeter calibration. *Transactions of the ASAE*, v.35, p.121-128, 1992.

DENMEAD, O.T., McILROY, I.C. Measurements of non-potential evaporation from wheat. *Agricultural Meteorology*, v.7, p.285-302, 1970.

DOORENBOS, J., KASSAN, A.H. *Yield response to water*. Rome, FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

MAHRER, Y., RYTWO, G. Modelling and measuring evapotranspiration in a daily drip irrigated cotton field. *Irrigation Science*, v.12, p.13-20, 1991.

PEREZ, P.J., CASTELLVI, F., IBAÑEZ, M., ROSELL, J.I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.97, p.141-150, 1999.

PIERI, P., FUCHS, M. Comparison of bowen ratio and aerodynamic estimates of evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.49, p.243-256, 1990.

PRUEGER, J.H., HATFIELD, J.L., AASE, J.K., PIKUL JR., J.L. Bowen-ratio comparisons with lysimeter evapotranspiration. *Agronomy Journal*, v.89, p.730-736, 1997.

STANNARD, D.I. A theoretically based determination of Bowen-ratio fetch requirements. *Bound. Layer Meteorol.*, v.83, p.375-406, 1997.

VERMA, S.B., ROSENBERG, N.J., BLAD, B.L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. *Journal of Applied Meteorology*, v.17, p.330-338, 1978.