

***ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL  
A PARTIR DA EQUAÇÃO DE PENMAN - MONTEITH,  
EM ITUIUTABA-MG***

***Estimate of the Potential Evapotranspiration of Penman-Monteith's  
Equation in Ituiutaba-MG***

Maria Eugênia Garcia Abrão e Sérgio Jerônimo de Andrade

**RESUMO**

O trabalho foi desenvolvido no período de maio de 2006 a julho de 2007, a partir de parâmetros físico-meteorológicos coletados nas Estações Climatológicas Principal e Automática, localizadas na Fazenda Experimental da Fundação Educacional de Ituiutaba, campus da Universidade do Estado de Minas Gerais, na cidade de Ituiutaba-MG, para um período de 20 (vinte) anos, compreendido entre janeiro de 1987 a dezembro de 2006, com o objetivo de estimar a evapotranspiração potencial utilizando-se a equação de Penman-Monteith, em Ituiutaba-MG. Utilizou-se do acervo de dados meteorológicos registrados em planilhas e arquivos eletrônicos e disponíveis no Setor de Climatologia da FEIT/UFGM. Em função dos resultados obtidos concluiu-se que a evapotranspiração potencial média diária estimada para Ituiutaba foi 2,1 milímetros por dia ( $\text{mmd}^{-1}$ ).

**Palavras-chave:** Dados Meteorológicos. Estações Climatológicas. Precipitação.

**ABSTRACT**

The present work was developed in the period from May 2006 until July 2007, from physical-meteorological parameters collected in the Principal and Automatic Climatological Stations, located in the Experimental Farmer of the Educational Foundation of Ituiutaba, campus of Minas Gerais University, in Ituiutaba-MG, during a period of 20 (twenty) years, between Janeiro 1987 through December 2006, aiming at estimate of the potential evapotranspiration of Penman- Monteith's equation, in Ituiutaba-MG. We used the collection of meteorological data registered on spreadsheets and eletronic files avaialable at the Climatological Departament of FEIT/UFGM. Based on the results obtained we concluded that the daily average potential evapotranspiration estimated for Ituiutaba was 2.1 millimeters per day ( $\text{mmd}^{-1}$ ).

**Keywords:** Meteorological Data. Climatological Stations. Precipitation.

## INTRODUÇÃO

O município de Ituiutaba, localizado na Região do Pontal do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais, possui uma economia baseada na agropecuária, sendo que nas últimas décadas tem-se verificado a expansão da agroindústria, com destaque para a suinocultura e o setor sucroalcooleiro.

O fortalecimento e a consolidação do agronegócio, na região, tem aumentado consideravelmente a demanda por informações climatológicas, nas fases de planejamento, implantação e operação dos mais diversos empreendimentos.

A estimativa da evapotranspiração potencial é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-planta-atmosfera e sua estimativa permite a utilização e o planejamento dos recursos hídricos da região, favorecendo projetos de irrigação e o cálculo do balanço hídrico.

Numa época em que as dificuldades do setor agrícola são notáveis, a busca por tecnologias mais avançadas aliadas às informações mais consistentes, são fundamentais para se alcançar maiores retornos nos investimentos realizados. Portanto, a tabulação dos parâmetros físico-meteorológicos torna possível a estimativa da evapotranspiração potencial fornecendo uma visão mais ampla sobre os fatores preponderantes para a sustentabilidade ambiental.

Em função do exposto, o trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração potencial utilizando-se a equação de Penman-Monteith, para a cidade de Ituiutaba-MG.

## Referencial Teórico

O termo evapotranspiração potencial significa a demanda máxima em água pela cultura e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, em processo de irrigação (OMETTO, 1981).

Evapotranspiração potencial (ETP) ou de referência (ETo) é a quantidade de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada

com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem restrição hídrica. É limitada apenas pelas condições do ambiente local podendo ser estimada por fórmulas teórico-empíricas desenvolvidas e testadas para várias condições climáticas, sendo um valor indicativo da demanda evapotranspirativa da atmosfera de um local, em um período (PEREIRA et al., 2002).

De acordo com Ometto (1981) a condição de evapotranspiração potencial estabelece o nível ideal de relacionamento entre planta, solo e atmosfera para surtir na planta a produção máxima possível.

Ometto (1981) acrescenta a importância de se determinar com maior cuidado possível a água total perdida pelo sistema, a fim de ser reposta e manter sempre o sistema em cultivo em condições de máximo relacionamento com o meio.

A partir de 1990 foi proposto um novo conceito de evapotranspiração de referência que foi amplamente adotado e se tornou o novo padrão FAO (Food Agriculture Organization), segundo Allen et al. (1998). A evapotranspiração potencial para uma cultura de referência passou a ser a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica nem nutricional (ótimas condições de desenvolvimento), com altura média de 0,12 m, albedo de 0,23 e resistência da superfície de  $70 \text{ sm}^{-1}$  (BERNARDO et al., 2006).

A determinação da evapotranspiração potencial pode ser feita utilizando-se métodos diretos e métodos indiretos.

São vários os métodos para a determinação direta da evapotranspiração, bem como os fatores que devem ser considerados na seleção destes métodos.

Um desses principais fatores é a fonte de água a ser usada pelo vegetal, se precipitação, irrigação por aspersão ou por superfície, ou se é água subterrânea. Os principais métodos diretos utilizados são: lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle de umidade do solo e método da “Entrada -

Saída", em grandes áreas, segundo Bernardo et al. (2006).

Os métodos indiretos estimam a evapotranspiração potencial a partir de elementos medidos na estação agrometeorológica. Os métodos utilizados para estimativa da evapotranspiração potencial são empíricos e os mais conhecidos são: Thornthwaite, Camargo, Tanque Classe A, Hargreaves e Samani, Priestley-Taylor e Penman-Monteith, segundo Pereira et al. (2002).

O modelo utilizado como padrão para estimar a evapotranspiração potencial passou a ser a equação de Penman-Monteith, pela sua consistência técnica (ALLEN, 1986; ALLEN et al., 1989) e pelos excelentes resultados nas mais distintas condições climáticas (JENSEN et al., 1990), de acordo com Bernardo et al. (2006).

Dentro deste contexto o presente estudo teve por objetivo estimar a evapotranspiração potencial, através do método de Penman-Monteith.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se os dados meteorológicos coletados nas Estações Climatológicas Principal e Automática de Ituiutaba, localizadas na Fazenda Experimental da Fundação Educacional de Ituiutaba/FEIT, Unidade da Universidade do Estado de Minas Gerais/UEMG, cujas coordenadas geográficas são: 18°58' 20" de latitude Sul, 49°26'50" de longitude Oeste e altitude de 560 metros. Os dados foram analisados no período de maio de 2006 a junho de 2007, e se referem a um período histórico de vinte anos, de janeiro de 1987 a dezembro de 2006.

Foram utilizados tabelas, planilhas e arquivos eletrônicos disponíveis no Setor de Climatologia da FEIT/UEMG, sendo levantados os seguintes parâmetros: temperatura, umidade relativa, pressão, velocidade do vento e insolação.

O método de Penman-Monteith, para o cálculo da evapotranspiração potencial, é dado conforme Equação 1, em milímetros por dia ( $\text{m m d}^{-1}$ ),

segundo Pereira et al. (2002):

Equação 1

$$ETP = \frac{0,408s (R_n - G) + \frac{Y 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + y (1 + 0,34U_2)}$$

Sendo que:

- $R_n$  é a radiação líquida total diária ( $MJ\ m^{-2}d^{-1}$ )

Ometo (1981) sugere uma relação empírica para estimativa da radiação líquida ( $R_n$ ) em locais onde se dispõe somente de medidas de horas de brilho solar ( $n$ ) ou seja medidas de insolação diária, conforme Equação 2, proposta por Angstrom-Prescott:

$$R_n = Q_0 (a + Bn/N) \text{ Equação 2}$$

Seu valor é tabelado em função da latitude e do mês (PEREIRA et al. 2002).

Onde:

- $Q_0$  é a irradiância solar global extraterrestre no dia desejado. Seu valor é tabelado e depende da latitude e do mês considerado (VIANELLO E ALVES, 1991).
- $N$  é o fotoperíodo do dia, representado pelo número máximo de horas com brilho solar no intervalo entre o nascer e o pôr do sol em um dado dia.
- $a$  e  $b$  são os coeficientes da equação empírica, determinados por análise estatística de regressão, sendo específicos para o local. Como os valores são tabelados e não existe valor próprio para a cidade de Ituiutaba-MG, foi adotado os valores propostos para Viçosa-MG, por ser um município do mesmo estado, e o único para o qual se determinou tais coeficientes ( $a = 0,23$  e  $b = 0,38$ ), segundo Pereira et al. (2002).

- $G = 0,14 (T_m - T_{-m})$  onde  $T_m$  é a temperatura média do ar do mês e  $T_{-m}$  a temperatura média do ar do mês anterior.
- $Y = 0,063 K P_a \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  é a constante psicrométrica
- $T$  é a temperatura média do ar em  $^\circ\text{C}$
- $U_2$  é a velocidade d vento a 2m de altura ( $\text{MS}^{-1}$ ), sendo 75% do valor da velocidade medida a 10m de altura em posto meteorológico.
- $e_s$  é a pressão de saturação do vapor (KPa)
- $e_a$  é a pressão parcial de vapor (KPa)
- $s$  é declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar ( $\text{KPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) dado por:

$$s = (4098e_s) / (T + 237,3)^2$$

$$e_s = (e_s^{\text{Tmax}} + e_s^{\text{Tmin}}) / 2$$

$$e_s^{\text{Tmax}} = 0,6108_e [(17,27^{\text{Tmax}}) / (237,3 + ^{\text{Tmax}})]$$

$$e_s^{\text{Tmin}} = 0,6108_e [(17,27^{\text{Tmin}}) / (237,3 + ^{\text{Tmin}})]$$

$$e_a = (\text{UR}_{\text{med}} e_s) / 100$$

$$\text{UR}_{\text{med}} = (\text{UR}_{\text{max}} + \text{UR}_{\text{min}}) / 2$$

$$T = (T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) / 2$$

Sendo  $T_{\text{max}}$  a temperature maxima do ar, em  $^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{min}}$  a temperatura mínima do ar, em  $^\circ\text{C}$ ;  $\text{UR}_{\text{Max}}$  a umidade relativa máxima, em %;  $\text{UR}_{\text{min}}$  a unidade mínima, em %.

### **Método de Penman-Monteith**

A equação de Penman-Monteith permite calcular a evapotranspiração umidade relativa do ar e da velocidade do vento. Os dados meteorológicos utilizados foram os que se verificaram dia a dia na Estação Climatológica situada na Fazenda Experimental da FEIT/UEMG, no período compreendido entre janeiro de 1987 a dezembro de 2006.

Após a realização dos cálculos, estimou-se a evapotranspiração potencial mensal para cada mês do ano do período de janeiro de 1987 a dezembro de 2006.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a determinação de cada parâmetro constante da equação proposta por Penman-Monteith e após a realização dos cálculos necessários estimou-se a evapotranspiração potencial média mensal e a evapotranspiração potencial média diária de cada mês, para o período de janeiro de 1987 a dezembro de 2006, conforme Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Uma vez que o termo evapotranspiração potencial significa a demanda máxima em água pela cultura, tornando-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, em processo de irrigação, conforme relatou Ometo (1981), observou-se na Figura 1 que o valor máximo mensal estimado para a evapotranspiração potencial foi 73,3 mm, ocorrido nos meses de abril e outubro.

Verificou-se ainda, na Figura 2, que o mês de fevereiro apresentou o menor valor estimado da evapotranspiração potencial diária (1,7 mm), significando que este período exige menor reposição da água total perdida pelo sistema solo-planta-atmosfera, nos sistemas de cultivo em condições de relacionamento com o meio (OMETO, 1981).

## CONCLUSÃO

A evapotranspiração potencial média diária estimada para a cidade de Ituiutaba - MG, no período de janeiro de 1987 a dezembro de 2006, foi de 2,1 milímetros por dia ( $\text{m m}^{-1}$ ).

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal* 81:650-652, 1989.

ALLEN, R.G.; et al. An updadte for the calculation of reference evapotranspiration. ICID **Bulletin** 43(2), 1994.

ALLEN, R.G. et al. ***Crop evapotranspiration- guidelines for computing crop water requirements.*** FAO, Roma, Paper 56, 1998.

BERGAMASCHI, H. et al. Automação de um lisímetro de pesagem através de estação meteorológica, a campo. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 10, Piracicaba - SP, 1997. p. 222-224.

BERNARDO, S. et al. ***Manual de Irrigação.*** 8.ed. Viçosa - MG: UFV, 2006.

JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. ***Evapotranspiration and irrigation water requeriments.*** New York - USA: ASCE, 1990. 332 p.

OMETTO, J.C. ***Bioclimatologia vegetal.*** São Paulo - SP: Ceres, 1981. 440p.

PEREIRA, A.R. et al. ***Agrometeorologia:*** fundamentos e aplicações práticas. Guaíba - RS: Agropecuária, 2002. 478p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. ***Meteorologia básica e aplicações.*** Viçosa - MG: UFV, 1991. 449p.

## AUTORES

**Maria Eugênia Garcia Abrão** é engenheira civil, professora adjunta dos Cursos de Ciências Biológicas, Engenharia Elétrica e Matemática da FEIT – UEMG, Campus de Ituiutaba-MG.

[maria.eugenia.abrao@gmail.com](mailto:maria.eugenia.abrao@gmail.com)

**Sérgio Jerônimo de Andrade** é engenheiro agrícola, doutor, professor adjunto dos Cursos de Agronomia e Pós-Graduação da FEIT – UEMG, Campus de Ituiutaba-MG.

[drsjandrade@gmail.com](mailto:drsjandrade@gmail.com)