

# RELAÇÃO ENTRE AS DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E DA RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE EM MINAS GERAIS

LUÍS CÉSAR DE AQUINO LEMOS FILHO<sup>1</sup>, LUIZ GONSAGA DE CARVALHO<sup>2</sup>, ADÃO WAGNER PÊGO EVANGELISTA<sup>3</sup>

1- Engº Agrônomo, Doutorando, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG, (35) 3822-5849, lcalfilho@yahoo.com.br

2- Engº. Agrícola, Dr., Professor, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG.

3- Engº. Agrícola, Dr., Professor, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG.

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**RESUMO:** As metodologias normalmente utilizadas e recomendadas para se estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em elementos climáticos, sendo a radiação solar o elemento com maior influência. O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre as distribuições espaciais da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) estimada por Penman-Monteith – FAO e da radiação solar incidente na superfície ( $R_s$ ) no estado de Minas Gerais. Os valores de  $ET_0$  foram estimados pelo método de Penman-Monteith, padronizado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), a partir de dados diários originados de registros de 42 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente a um período de 17 anos (1961 a 1978). Os dados de  $R_s$  também foram estimados desse mesmo banco de dados. Com auxílio do Sistema de Informação Geográfica foram gerados mapas geoespacializados da  $ET_0$  e da  $R_s$ . A distribuição espacial da  $R_s$  é bem semelhante à distribuição espacial da  $ET_0$ , mostrando, assim, que a radiação solar incidente na superfície terrestre ( $R_s$ ) se confirma como um elemento climático de grande influência na estimativa do valor de  $ET_0$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** correlação, distribuição espacial, sistemas de informações geográficas.

## RELATIONSHIP AMONG THE SPACE DISTRIBUTIONS OF EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE AND OF THE INCIDENT SOLAR RADIATION IN STATE MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** The methodologies usually used and recommended to esteem the application of water for the plants are based in climatic elements, being the solar radiation the element with larger influence. The objective of this work was to analyze the relationship among the space distributions of the evapotranspiration of reference ( $ET_0$ ) dear for Penman-Monteith - FAO and of the incident solar radiation in the surface ( $R_s$ ) in the state of Minas Gerais. The values of  $ET_0$  were dear for the method of Penman-Monteith, standardized by the Food and Agriculture Organization (FAO), starting from data originated diaries of registrations of 42 climatological stations of the National Institute of Meteorology (INMET) regarding a period of 17 years (1961 to 1978). The data of  $R_s$  were also dear of that same database. With aid of the System of Geographical Information maps geospatializeds of  $ET_0$  were generated and of  $R_s$ . The space distribution of  $R_s$  is very similar to the space distribution of  $ET_0$ , showing, like this, that the incident solar radiation in the terrestrial surface ( $R_s$ ) it is confirmed as a climatic element of great influence in the estimate of the value of  $ET_0$ .

**KEYWORDS:** correlation, space distribution, systems of geographical information.

**INTRODUÇÃO:** As metodologias normalmente utilizadas e recomendadas para se estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em elementos climáticos. Segundo PEREIRA et al. (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água para as plantas no solo. A demanda atmosférica por água é afetada de forma direta pela radiação solar, pois ela é a fonte de energia para todos os processos que ocorrem na atmosfera. CHANG (1971) afirma que a radiação solar é, sem dúvida, o elemento climático mais importante na estimativa da taxa de evapotranspiração. O mesmo autor define que a importância relativa da radiação líquida sobre a evapotranspiração é de 80%. AMATYA et al. (1992) relatam, em estudo realizado na Carolina do Norte (EUA), que a radiação foi o elemento climático mais importante no processo de evapotranspiração e que este depende do local (latitude), da topografia da região (altitude) e da época do ano. No caso de não se dispor de dados de radiação solar incidente ( $R_s$ ) medidos, pode-se lançar mão de estimativas a partir de dados de insolação ( $n$ ), da duração astronômica do dia ( $N$ ) e da radiação no topo da atmosfera ( $R_a$ ). Com exposto acima, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a relação entre as distribuições espaciais da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) estimada por Penman-Monteith – FAO e da radiação solar incidente na superfície ( $R_s$ ) estimada.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo foi o estado de Minas Gerais localizado entre os paralelos  $14^{\circ}13'57''$  e  $22^{\circ}55'22''$  de latitude Sul e os meridianos de  $39^{\circ}51'23''$  e  $51^{\circ}02'45''$  de longitude oeste. O banco de dados utilizado originou-se de registros de estações climatológicas principais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). São dados diários, referentes a um período de 17 anos, que vai de 1961 a 1978. Foram utilizadas 42 estações climatológicas. A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), foi estimada pelo método de Penman-Monteith - FAO (ALLEN et al., 1998). A radiação solar incidente na superfície foi determinada pela equação de Angström-Preussler, no qual a metodologia encontra-se descrita em PEREIRA et al., (1997). O conjunto de dados foi georreferenciado por meio das latitudes e longitudes em graus. O Datum das estações utilizadas no estudo foi South American Datum 1969 (SAD-69). O mapa vetorial do contorno do estado de Minas Gerais foi obtido por meio de importação de arquivos disponíveis na página da internet do Projeto Geominas ([www.geominas.mg.gov.br](http://www.geominas.mg.gov.br)). De posse dos arquivos tipo vetor dos pontos e de vários arquivos de atributos e valores, foi gerado o mapa interpolado propriamente dito. Esse mapa foi criado em um terceiro tipo de arquivo, no formato grade (ou grid, ou imagem, ou raster). O Método do Inverso Quadrado da Distância (MIQD), tomando os doze pontos de controle mais próximos (estações meteorológicas com valores medidos para o elemento climático em questão), foi o escolhido para a interpolação deste trabalho. Foi feita uma correlação matemática entre os valores de  $ET_0$  e  $R_s$ .

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nos mapas das Figuras 1 e 2 são mostradas as distribuições espaciais da média anual da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e radiação solar incidente na superfície ( $R_s$ ) durante o dia no Estado de Minas Gerais. Observa-se, pela análise destes mapas, que a distribuição espacial da  $R_s$  é bem semelhante à distribuição espacial da  $ET_0$  e que, de forma geral, quanto maiores forem os valores de disponibilidade de energia (na forma de radiação solar incidente -  $R_s$ ), maior foi a taxa de evapotranspiração de referência. Observa-se que os menores valores médios de  $ET_0$  diária média anual (Figura 1) foram registrados nas regiões Sul e Sudeste de Minas Gerais, chegando a valores da ordem de  $2,51 \text{ mm d}^{-1}$  no extremo sul e que os maiores valores médios de  $ET_0$  diária média anual foram registrados na região Norte, chegando a um valor máximo de  $4,59 \text{ mm d}^{-1}$  no extremo norte do estado. Observando-se a distribuição da radiação solar incidente na superfície da terra ( $R_s$ ) (Figura 2), verifica-se que a  $R_s$  apresentou o comportamento da distribuição espacial mais próximo possível do comportamento da distribuição espacial da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Assim, pode-se afirmar que a radiação solar incidente na superfície teve uma grande influência no resultado final da  $ET_0$ . Esses resultados correspondem às afirmações de autores, como CHANG (1971) e AMATYA et al. (1992), os quais afirmam que a radiação é o elemento mais importante na determinação da  $ET_0$ . No mapa da Figura 2, também pode ser visualizado que, de forma generalizada, as regiões que apresentaram os maiores valores de radiação solar incidente na superfície corresponderam às regiões onde ocorreram os maiores valores de evapotranspiração de referência (Figura 1). Observa-se, ainda no mapa da Figura 2, que os menores valores diários médios anuais de

Rs foram registrados nas regiões Sul e Sudeste (Zona da Mata), chegando a um valor de  $14,64 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  no extremo sul e que o valor médio da Rs apresenta um comportamento crescente partindo da região Sul, Zona da Mata e Noroeste, no sentido das regiões Sudoeste, Noroeste e Norte. Os maiores valores médios de Rs foram registrados nas regiões Norte e Triângulo Mineiro, chegando a um valor máximo de  $19,66 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  no extremo norte do estado. O comportamento crescente do sul para o norte é explicado pelas latitudes que diminuem também no mesmo sentido (sul-norte); quanto menor é a latitude de um local, mais próximo do Equador encontra-se e maior é a incidência de radiação solar nesse local. Quando se estuda o efeito da radiação solar na evapotranspiração, é preciso estar atento ao fato de que nem toda energia disponível que chega na Terra será usada para a evaporação da água. Parte dessa energia será usada para aquecer a atmosfera e o solo. Na Figura 3, pode ser visto uma correlação matemática entre a  $ET_0$  e a Rs. Observa-se nesta figura que o coeficiente de correlação  $R^2$  apresentou um valor satisfatório, demonstrando que existe uma boa relação entre  $ET_0$  e Rs. Pode ser visto também que a medida que se aumenta a Rs, existe uma tendência em se aumentar o valor de  $ET_0$  estimada, resultado já mostrado nos mapas.

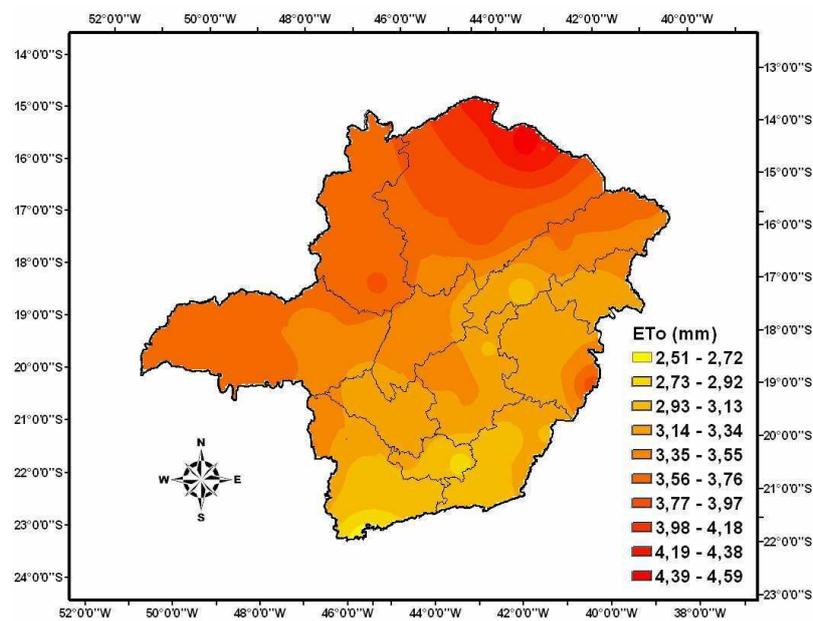


FIGURA 1 - Média anual da  $ET_0$  diária ( $\text{mm d}^{-1}$ ), para Minas Gerais.

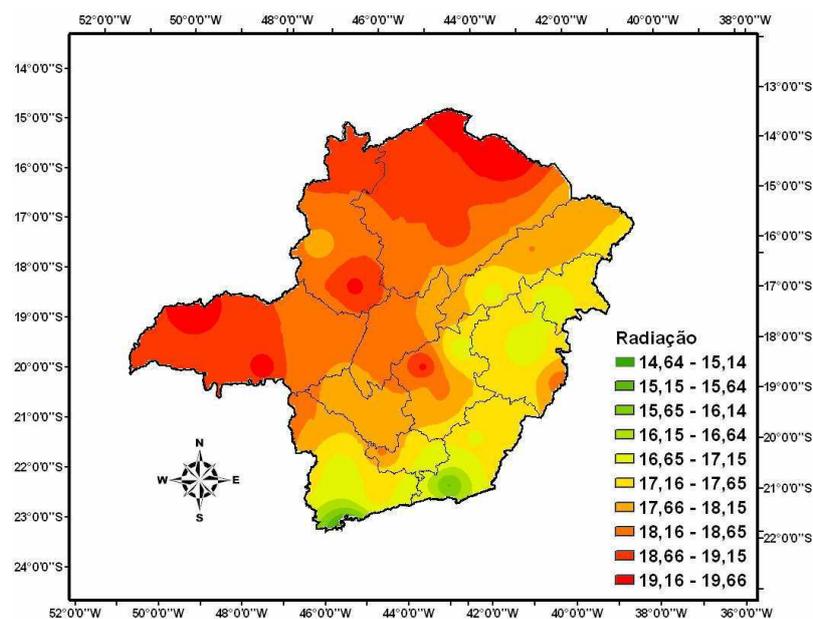


FIGURA 2 - Radiação solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) média anual, para Minas Gerais.

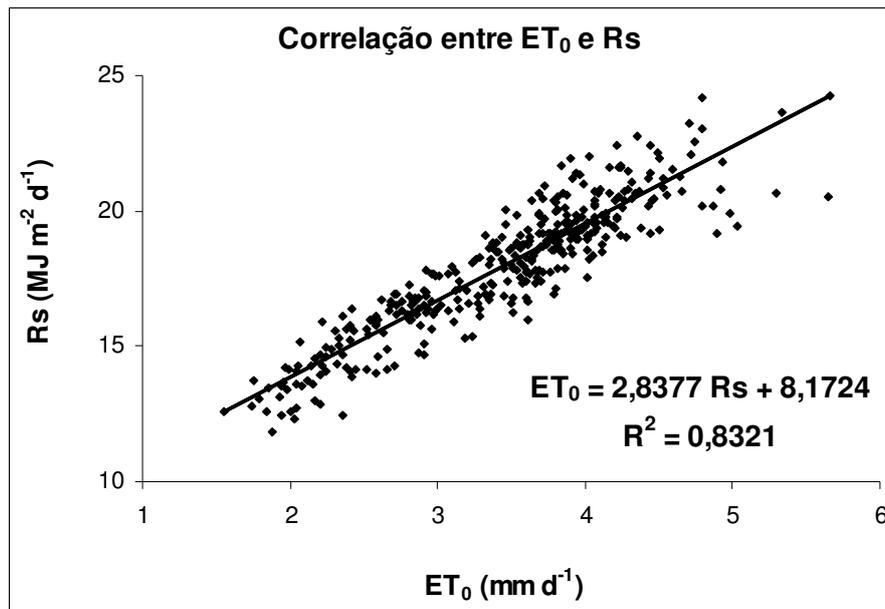


FIGURA 3 – Correlação entre os valores de ET<sub>0</sub> estimada e Rs (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

**CONCLUSÕES:** A distribuição espacial da radiação solar incidente na superfície (Rs) é bem semelhante à distribuição espacial da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>). Isso mostra que a Rs apresenta uma boa correlação com a ET<sub>0</sub>, confirmando, assim, a Rs como um elemento climático de grande influência na estimativa do valor de ET<sub>0</sub>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMATYA, D. M.; SKAGGS, R. W.; GREGORY, J. D. *Comparison of methods for estimating potential evapotranspiration*. St. Joseph: ASAE, 1992. 27 p. (ASAE. Paper, 92-2630)

CHANG, J. Evapotranspiration. In: \_\_\_\_\_. *Climate and agriculture: an ecological survey*. Chicago: Aldine Publishing, 1971. Cap. 13, p. 129-143.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapotranspiração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq pela bolsa de estudos fornecida.