

**08 a 11 de Outubro de 2018**

**Instituto Federal Fluminense**

**Búzios - RJ**

## **IMPLEMENTAÇÃO DOS MODELOS DAS PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO AR ÚMIDO E DA RADIAÇÃO SOLAR NO SCILAB**

**Nathalie Grigorio da Costa**<sup>1</sup> – nathaliegrigorio@id.uff.br

**Fábio Freitas Ferreira**<sup>2</sup> – fabiofreitasferreira@id.uff.br

**Gustavo Bastos Lyra**<sup>3</sup> – gblyra@gmail.com

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas, UFF, Niterói, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Ciências da Natureza, IHS, UFF, Rio das Ostras, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica, RJ, Brasil

**Abstract.** *A evapotranspiração é um dos fatores que interfere diretamente, na determinação dos níveis de infiltração de água no solo. A saturação de água no solo pode ser determinada pela Equação de Richards, que depende de parâmetros empíricos. A determinação desses parâmetros por métodos convencionais, pode ser custosa e/ou demorada. Tais parâmetros podem ser determinados de modelos matemáticos e computacionais com a mesma eficácia. Este trabalho apresenta a implementação dos modelos que determinam as propriedades termodinâmicas do ar úmido e a radiação solar, responsáveis pela evapotranspiração, afim de contribuir com o enriquecimento da solução da Equação de Richards.*

**Keywords:** *evapotranspiração, Scilab, radiação solar, equações psicométricas.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A evapotranspiração (ET) é um fator de extrema importância, ao se desenvolver estudos sobre a infiltração de água no solo. Tais estudos se justificam pela escassez de água potável, que vêm aumentando significativamente nos últimos anos, devido ao crescimento da população mundial e o uso inadequado deste recurso, segundo dados da Organização para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO*).

A evapotranspiração é resultante da ocorrência simultânea, de fatores físicos (evaporação) e biológicos (transpiração). Ela se dá pela transferência de água para a atmosfera através de

evaporação da umidade do solo e de vegetação úmida, e pela transpiração das plantas, influenciada por parâmetros climáticos, fatores da cultura e a gestão de condições ambientais.

Dentre os parâmetros climáticos que mais interferem na ET temos: radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento (ALLEN et al., 1998). Estes apresentam componentes específicas, que podem ser determinadas por meio, tanto de processos empíricos, que podem se revelar custosos e/ou demorados, quanto por modelos matemáticos.

As propriedades termodinâmicas do ar úmido, governam as trocas de energia entre a atmosfera e a superfície da Terra, seja ela vegetada ou não (PEREIRA et al., 2013). Elas podem ser quantificadas pelo conjunto de equações psicométricas, dadas as medidas da temperatura e umidade relativa do ar. Dentre as propriedades podemos estimar a pressão do vapor d'água.

A pressão de saturação do vapor é dada por

$$e_s = a 10^{\left(\frac{7,5T}{237,3+T}\right)}, \quad (1)$$

em que,  $a$  é uma constante que depende da unidade utilizada (0,6108 kPa) e  $T$  (°C) é a temperatura do ar.

Com a medida da umidade relativa ( $UR\%$ ) do ar determinamos a pressão parcial do vapor por

$$e_a = \frac{UR e_s}{100}, \quad (2)$$

A radiação solar é a principal responsável por todos os fenômenos atmosféricos e de processos físicos, químicos e biológicos (DAL PAI et al., 2010). Também conhecida como radiação de ondas curtas, ou ainda global, corresponde a quantidade de radiação que é transmitida na atmosfera, oriunda da radiação extraterrestre que foi particionada, ao atingir a atmosfera terrestre, tendo sido espalhada, refletida ou absorvida por poeira, gases atmosféricos e nuvens.

Em um dia sem nuvens, a radiação solar equivale em média a 75% da radiação extraterrestre, enquanto no caso de céu completamente nublado, apenas cerca de 25% dela incide a superfície (ALLEN et al., 1998). Ela varia ao longo do ano, devido aos movimentos de rotação e translação da Terra, que modificam a declinação solar, ângulo horário e fotoperíodo. A equação 3 apresenta o cálculo do ângulo horário

$$H = \arccos(-tg(\delta)tg(lat)), \quad (3)$$

em que,  $lat$  é a latitude do local pesquisado e  $\delta$  é a declinação solar.

Enquanto a radiação solar extraterrestre é determinada por

$$Ra = 37,58D(Hsen(lat)sen(\delta) + cos(lat)cos(\delta)sen(H)), \quad (4)$$

em que,  $D$  é a distância relativa da Terra ao Sol.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A solução numérica das equações foi realizada no Scilab, que é um ambiente de programação dedicado a resolução de problemas científicos e de engenharia. Ele está disponível, gratuitamente para vários sistemas operacionais tais como Windows, Linux e Mac OS X (<http://www.scilab.org/>).

Os dados meteorológicos necessários a resolução dos modelos foram coletados na Estação Meteorológica Automática (EMA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Viçosa-MG (lat:  $-20.762607^\circ$ ), ao longo do ano de 2013.

### 3. RESULTADOS

Utilizando os dados de temperatura e umidade relativa do ar diária, referente ao dia 25 de junho de 2013, foi possível determinar a pressão de saturação ( $e_s$ ) e a pressão parcial de vapor d'água ( $e_a$ ). A Figura 1 mostra a comparação entre os valores da  $e_s$  com a temperatura, essa expressão gráfica é comumente denominada de *Gráfico Psicométrico*. Observou-se que a pressão do vapor exercida à atmosfera aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura.

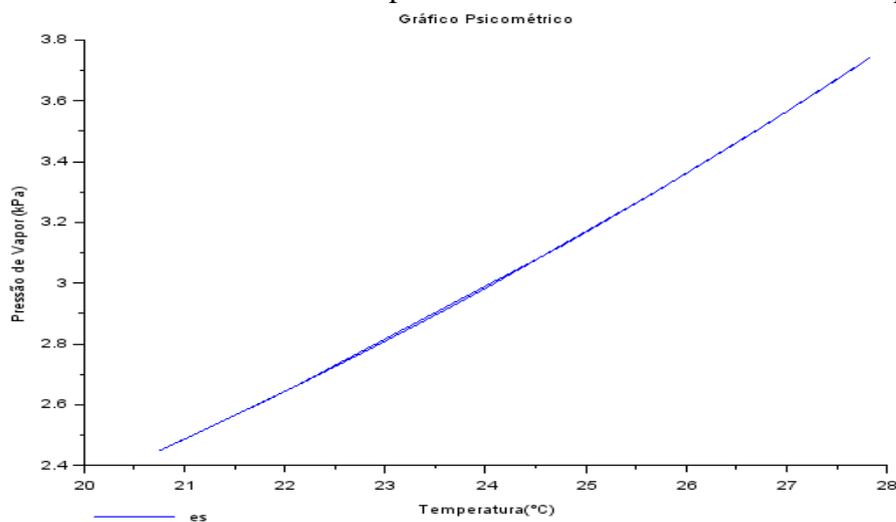


Figura 1 – relação de  $e_s$  em função da temperatura do ar.

Na Figura 2 temos os valores de  $e_a$  em comparação com a umidade relativa. O aumento da umidade do ar é consequência do aumento de vapor, gerado, entre outros, pela evaporação. Quanto maior for a quantidade de vapor, maior será a pressão exercida.

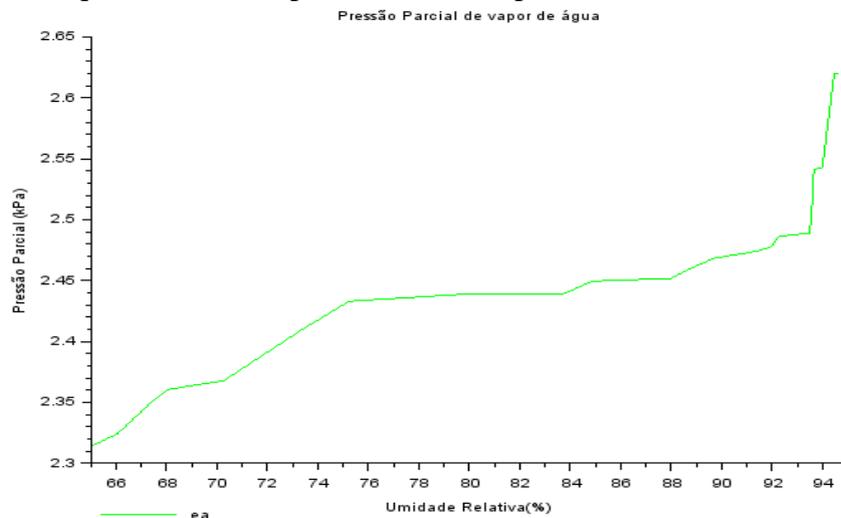


Figura 2 – relação de  $e_a$  em função da umidade relativa do ar.

No decorrer de um dia é comum, praticamente não haver variação de  $e_a$ , enquanto  $e_s$  varia exponencialmente com a temperatura do ar. Assim, a umidade relativa varia continuamente ao longo do dia, e chega ao valor mínimo quando a temperatura é máxima, e a um valor máximo quando a temperatura for mínima (ponto de orvalho). Pode-se observar o comportamento de  $e_s$  e  $e_a$  ao longo do dia, na Figura 3.

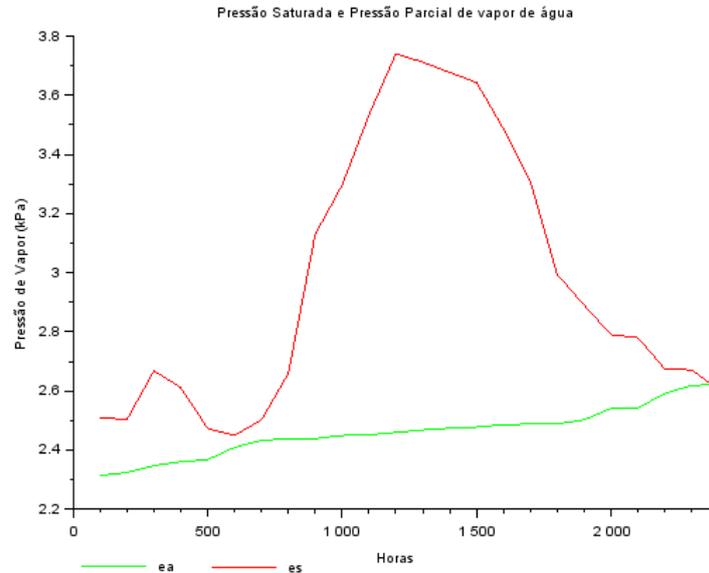


Figura 3 – comparação do comportamento de  $e_s$  e  $e_a$  ao longo do dia.

Também foram estimados o ângulo horário e a radiação extraterrestre ao longo do ano, para a região de Viçosa-MG, cuja latitude é de  $-20,762607^\circ$ . Na Figura 4 vemos os valores diários do ângulo horário, é possível observar que o ângulo horário apresenta uma leve variação, com valores máximos perto de  $1,75^\circ$  para o verão e valores mínimos perto de  $1,4^\circ$  para o inverno.

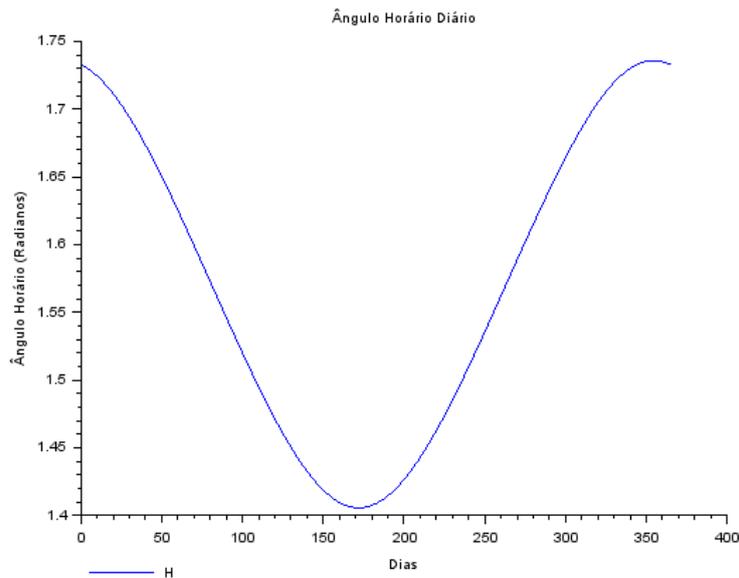


Figura 4 – Ângulo horário em Viçosa-MG.

Para a radiação solar extraterrestre, representada na Figura 5, assim como no ângulo horário, os maiores valores ocorrem durante os meses do verão e os menores valores para os meses de inverno.

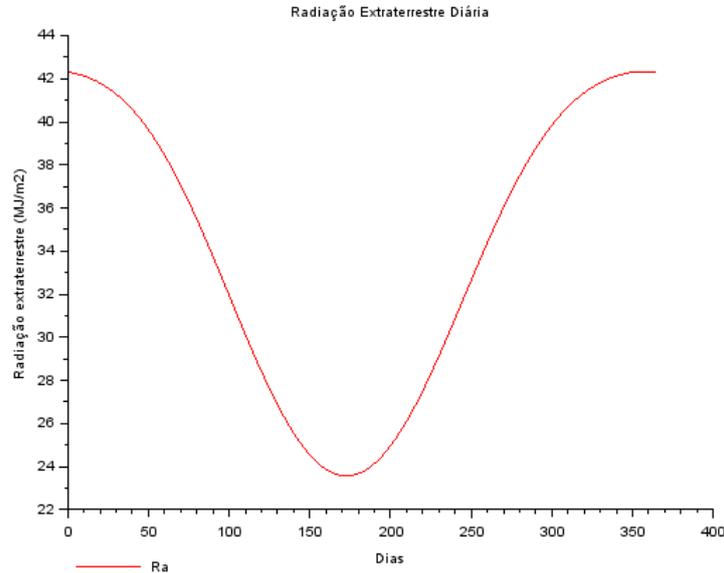


Figura 5 – Radiação Solar Extraterrestre em Viçosa-MG

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho foi possível determinar o comportamento de alguns dos parâmetros climáticos que interferem na evapotranspiração, com o auxílio do software Scilab, o que contribui positivamente para desenvolvimento dos estudos relativos a sua estimativa e relação com a infiltração de água no solo. Os demais parâmetros serão estimados em sequência.

Esta é a primeira etapa de um trabalho, que visa acoplar os processos da evapotranspiração na solução da Equação de Richards, a fim de estimar a infiltração de água no solo.

Precedente a este, vem sendo realizado um trabalho cujo o objetivo é determinar os parâmetros da curva de retenção com o auxílio de modelagem inversa, e desenvolver um solver capaz de resolver a Equação de Richards, e ao qual os dados deste trabalho serão implementados.

#### REFERENCES

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In: United Nations FAO, Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy: Ed. FAO, 1998.
- Barros, V. R. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 4, n. 2, p. 198-203, abr./jun. 2009.
- Dal Pai, A.; Dall'Antonia Junior, L. C.; Rodrigues, D.; Escobedo, J. F. Análise da atenuação das radiações solares global, direta horizontal e difusa horária em função da massa ótica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 3., 2010, Belém. Anais. Belém, PA: ABENS, 2010. 1 CD-ROM.
- Pereira, A. R.; Sediyaama, G. C.; Nova, N.A..Evapotranspiração. Campinas: Fundag, 2012. 323 p.
- Souza, A. P. Radiação solar difusa horária incidente em superfícies inclinadas: Fatores de correção, evolução diurna e modelos de estimativa. Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, 2012.

Teramoto, E. T.; Escobedo, J. F.. Análise da frequência anual das condições de céu em Botucatu, São Paulo. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. vol.16, n.9, pp.985-992, 2012.

## **APPENDIX A**

### **Abstract**

Evapotranspiration is one of the factors that directly interfere in the determination of water infiltration levels in the soil. The saturation of water in the soil can be determined by the Richards Equation, which depends on empirical parameters. The determination of these parameters by conventional methods can be costly and / or time consuming. Such parameters can be determined from mathematical and computational models with the same effectiveness. This work presents the implementation of models that determine the thermodynamic properties of humid air and solar radiation, responsible for evapotranspiration, in order to contribute to the enrichment of the Richards equation solution.

Key words: evapotranspiration, Scilab, solar radiation, psychometric equations.