

MODELOS FÍSICO-MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DO DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR A PARTIR DE DADOS DE TEMPERATURAS MÁXIMA E MÍNIMA DO AR PARA VIÇOSA-MG

RAFAEL COLL DELGADO ¹; GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA ²; EVALDO DE PAIVA LIMA ³; RICARDO GUIMARÃES ANDRADE ⁴; SADY JÚNIOR MARTINS DA COSTA DE MENEZES ⁵

¹ Meteorologista, M.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.
rcdelgado@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Titular Ph.D., Depto. de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

³ Meteorologista, D.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

⁴ Engenheiro Agrícola, D.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

⁵ Engenheiro Agrícola e Ambiental, M.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

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

RESUMO: Foram avaliados os modelos propostos por CASTELLVÍ et al. (1996) para a estimativa do déficit de pressão de vapor, na localidade de Viçosa, situada no Estado de Minas Gerais. Posteriormente, compararam-se as estimativas com dados obtidos em uma estação meteorológica automática durante o período de três meses (10/09/2006 a 10/12/2006). Os resultados dos modelos de déficit de pressão de vapor (DPV1, DPV2, DPV3 e DPV4) apresentaram elevados coeficientes de correlação quando comparado com os valores estimados pela metodologia proposta pela FAO 56. O modelo DPV1 que tem como variáveis de entrada a temperatura do ponto de orvalho e temperaturas máxima e mínima foi o que mais se ajustou à metodologia proposta pela FAO 56.

PALAVRAS-CHAVE: déficit de pressão de vapor, temperatura, modelos.

PHYSICAL-MATHEMATICAL MODELS FOR ESTIMATE OF THE RELATIVE HUMIDITY OF THE AIR STARTING FROM DATA OF TEMPERATURE OF THE AIR FOR VIÇOSA-MG

ABSTRACT: They were appraised the models proposed by CASTELLVÍ et al. (1996) for the estimate of the vapor pressure deficit, in the municipal district of Viçosa, located in the State of Minas Gerais. Later, the estimates were compared with data obtained in an automatic meteorological station during the period of three months (10/09/2006 to 10/12/2006). The results of the models of vapor pressure deficit (DPV1, DPV2, DPV3 and DPV4) it presented high correlation coefficients when compared with the values of the methodology proposed by the FAO 56. The DPV1 model that has as entrance variables the temperature of the dew point and maxim temperatures and minim was the more adjusted to the methodology proposed by the FAO 56.

KEYWORDS: vapor pressure deficit, temperature, models.

INTRODUÇÃO: O déficit de pressão de vapor (DPV) é um parâmetro climático importante, pois serve de entrada em muitos modelos de evaporação e crescimento de plantas. Esse parâmetro indica a capacidade de evaporação do ar e é dado pela diferença entre a pressão de

vapor de saturação média e a pressão parcial de vapor. CASTELLVÍ et al. (1996) relata que poucos registros de umidade do ar estão disponíveis, visto que na maioria das estações climatológicas são coletadas informações rotineiras de temperatura e precipitação. Diante dessa situação, CASTELLVÍ et al. (1996) desenvolveu métodos de estimativas do DPV para locais onde somente existiam registros de precipitação e de temperaturas (máxima e mínima). Vários métodos de cálculo do DPV são descritos na literatura (ALLEN et al., 1998; CASTELLVÍ et al., 1997; CUENCA e NICHOLSON, 1982; HOWELL e DUSEK, 1995; JENSEN et al., 1990; PEREIRA et al., 1997a; SADLER e EVANS, 1989). HOWELL e DUSEK (1995) relataram que os métodos propostos pelo manual nº 70 da American Society of Civil Engineers (JENSEN et al., 1990) apresentaram erros na faixa de 4,4 a 36,4%. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os modelos propostos por CASTELLVÍ et al. (1996) para a estimativa do DPV na localidade de Viçosa, MG.

MATERIAIS E MÉTODOS: Foram utilizados dados de umidade relativa (UR), temperaturas máxima e mínima, para um período compreendido entre 10/09/2006 a 10/12/2006, de uma estação meteorológica automática (A510) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esta estação localiza-se no município de Viçosa, Minas Gerais (Figura 1) e o clima predominante é o tropical de altitude. Informações referentes a estação pode ser encontrada na Tabela 1.



Figura 1 - Localização geográfica da estação automática do INMET.

Tabela 1 - Informações do código de identificação, coordenadas geográficas e altitude da estação automática localizada no município de Viçosa, MG

Localidade	Código	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Viçosa	A510	-20,77	-42,87	712,20

Foram utilizados quatro modelos que estimam o déficit de pressão de vapor, conforme proposto por CASTELLVÍ et al. (1996):

$$DPV_1 = \frac{e(T_x) + e(T_n)}{2} - e(T_{po}) \quad \text{Eq. 1}$$

$$DPV_2 = e(T_a) - e(T_{po}) \quad \text{Eq. 2}$$

$$DPV_3 = e(T_a) \left[1 - \frac{UR}{100} \right] \quad \text{Eq. 3}$$

$$DPV_4 = e(T_m) - e(T_{po}) \quad \text{Eq. 4}$$

em que,

$e(T_{po})$, é a pressão de vapor do ponto de orvalho;
 $e(T_x)$, a pressão de vapor da temperatura máxima;
 $e(T_n)$, a pressão de vapor da temperatura mínima;
 $e(T_m)$, a pressão de vapor de saturação da temperatura média;
 $e(T_a)$, é a pressão de vapor de saturação correspondente a uma temperatura calculada (T_a)

O déficit de pressão de vapor para a estação automática A510 foi estimado pela metodologia proposta pela FAO 56 conforme equações (5, 6 e 7).

$$e_a = \frac{UR}{100} \times e_s \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

(e_a), é a pressão atual de vapor [hPa],

(UR), é a umidade relativa do ar observada pela estação [%],

(e_s), é a pressão de saturação de vapor [hPa],

$$e_s = \frac{e(T_x) + e(T_n)}{2} \quad \text{Eq.6}$$

$$DPV = (e_s - e_a) \quad \text{Eq. 7}$$

A temperatura T_a é calculada avaliando a área total abaixo da função $e(T)$ conforme observado na Figura 2. A temperatura T_a permite calcular a pressão de vapor de saturação utilizando a temperatura máxima (T_x) e a temperatura mínima (T_n) por meio de um método numérico (trapezoidal).

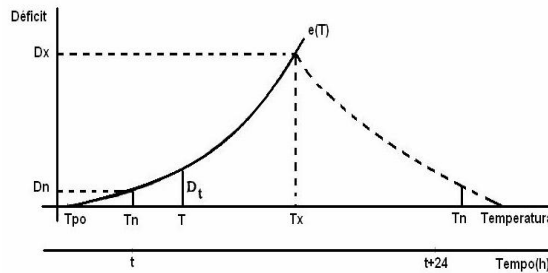


Figura 2 - Variação teórica da pressão de vapor durante um dia usando a hipótese do método numérico trapezoidal, para o cálculo da temperatura T_a .

Para o cálculo da temperatura T_a foi utilizado o software 'Matlab 6.5 RELEASE 13'. Neste software foi construído um modelo simplificado de algoritmo para o cálculo da integração do T_a usando o método numérico (trapezoidal). Avaliou-se o desempenho de cada método de estimativa do DPV comparando as metodologias propostas com a metodologia que utilizava dados observados na estação meteorológica. Para testar os modelos foram utilizados três índices estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r) e índice de concordância (d).

$$r^2 = \frac{\left[\sum P_i(O_i - \bar{O}_i) \right]^2}{\left[\sum_{n=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2 \sum_{n=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2 \right]} \quad \text{Eq.5}$$

$$r = \frac{\left[\sum P_i(O_i - \bar{O}_i) \right]}{\left[\sum_{n=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2 \sum_{n=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{Eq. 6}$$

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad \text{Eq. 7}$$

em que,

P_i , é o déficit de pressão de vapor estimado pelos modelos em estudo;

O_i , o déficit de pressão de vapor medido;

n , o número de observações;

e a barra sobre estes símbolos refere-se ao valor médio dos dados considerados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Os modelos de déficit de pressão de vapor foram avaliados pelo índice de concordância (Equação 7) proposto por WILLMOTT et al. (1985). O índice “d” indica o grau de exatidão entre os valores estimados e observados. Também foi utilizado o coeficiente “ r^2 ”, interpretado como a proporção de variação total da variável dependente que é explicada pela variável independente X, e o coeficiente “r”, que indica o grau de associação linear entre os valores observados e estimados (x,y). Assim, considerando os dados estimados pelos modelos de DPV propostos por CASTELLVÍ et al. (1996) e os dados observados na estação, obtiveram-se os gráficos que mostram os coeficientes de correlação e determinação entre o déficit de pressão de vapor estimado (DPV1, DPV2, DPV3 e DPV4) e o observado, conforme pode ser visto na Figura 3.

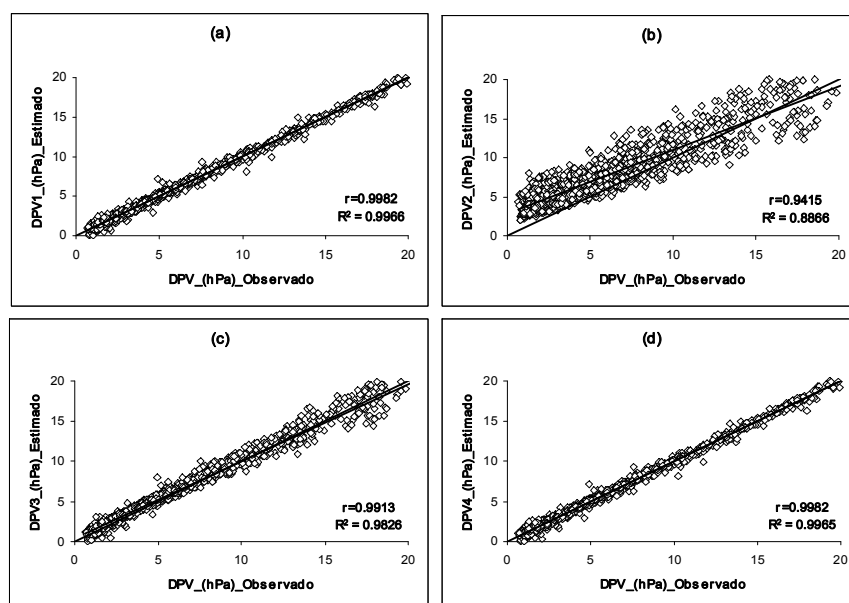


Figura 3 – Déficit de pressão de vapor estimado pelos modelos DPV1, DPV2, DPV3 e DPV4 versus déficit de pressão de vapor observado em escala horária na estação meteorológica automática (A510) do município de Viçosa, MG.

Na Figura 3, verifica-se que houve forte correlação entre os modelos DPV1, DPV2, DPV3 e DPV4 propostos por CASTELLVÍ et al. (1996) com os dados de déficit de pressão de vapor obtidos por meio do método padrão FAO 56. O DPV2 registrou o menor valor de correlação entre os modelos analisados, sendo da ordem de 0,94, o que ainda é um valor muito bom para o modelo. De um modo geral, a aplicação dos modelos de déficit de pressão de vapor foi bastante representativa. Na Tabela 2 encontra-se o índice de concordância (d) para os modelos DPV1, DPV2, DPV3 e DPV4, também nesse índice verifica-se que o DPV2 foi o que apresentou a menor concordância, contudo, verifica-se uma boa exatidão (0,834).

Tabela 2 - Índice de concordância (d) para os modelos de déficit de pressão de vapor

Localidade	DPV1	DPV2	DPV3	DPV4
Viçosa	0,996	0,834	0,980	0,996

CONCLUSÕES: Para a estação automática A510, o modelo DPV1 foi o que mais se ajustou aos dados observados, sendo o modelo DPV2 o de menor ajuste, entretanto, mesmo assim esse modelo teve uma boa correlação quando comparado com dados de déficit de pressão de vapor estimados pelo método padrão FAO 56.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

CASTELLVÍ, F.; PEREZ, P. J.; VILLAR, J. M.; ROSSEL, J. I. Analysis of methods for estimating vapor pressure deficits and relative humidity. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 82, p. 29-45, 1996.

CASTELLVÍ, F.; PEREZ, P. J.; STOCKLE, C. O.; IBÁÑEZ, M. Methods for estimating vapor pressure deficit at a regional scale depending on data availability. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, p. 243-252, 1997.

CUENCA, G. R.; NICHOLSON, M. T. Application of Penman equation wind function. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 108, p. 13-23, 1982.

HOWELL, T. A.; DUSEK, D. A. Comparison of vapor-pressure-deficit calculation methods – Southern High Plains. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 121, n. 2, p. 191-198, 1995.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manual nº 70).

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1997a. 183 p.

PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. S.; MARCHI, J. L. Estimativa do déficit de saturação médio diário. In: **Reunión Argentina y I Latinoamericana de agrometeorología**, 7., 1997, Argentina. **Anais...**, Buenos Aires, 1997b. p.15-16.

SADLER, E. J.; EVANS, D. E. vapor pressure déficit calculations and their effect on the equation combination equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 49, p. 55-80, 1989.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research-Oceans**, Ottawa, v. 90, p. 8995-9005, 1985.