

## Modelos para prognósticos da umidade relativa do ar em escala horária no município de Muriaé, MG<sup>1</sup>

Rafael Coll Delgado<sup>2</sup>  
Gilberto Chohaku Sedyama<sup>2</sup>  
Ricardo Guimarães Andrade<sup>2</sup>  
Sady Júnior Martins da Costa de Menezes<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Departamento de Engenharia Agrícola, Av. P. H. Rolfs, S/N,  
Campus Universitário - 36571-000 - Viçosa - MG, Brasil  
rcdelgado@hotmail.com  
g.sedyama@ufv.br  
rgandrade@vicosa.ufv.br  
sadmenezes@yahoo.com.br

**Abstract.** Three physical-mathematical models were appraised starting from data of temperature of the air for the estimate of the relative humidity of the air for the area of Muriaé, MG. The estimates were compared with data obtained in the automatic station during the period of three months (10/09/2006 to 10/12/2006). The results of the models of relative humidity of the air presented determination coefficients ( $r^2$ ) high when compared with the observed values, the model that more it was adjusted to the analyzed data was the model UR2, that has as entrance variables the temperature of the hourly dew point, hourly minimum temperature and the hourly medium temperature.

**Palavras-chave:** relative humidity of the air, temperature of the air.

### 1. Introdução

Nos dias atuais, tem crescido bastante a preocupação com relação aos recursos hídricos e as formas de se estabelecer o uso menos degradante e otimizado. O conhecimento da umidade relativa do ar e suas interações com outros elementos meteorológicos ajudam no planejamento, manejo e gestão dos recursos hídricos. E, a sua medição ou estimativa é fundamental em diversas áreas do conhecimento, como em estudos bioclimatológicos, agrometeorológicos (Amorim Neto et al, 1998; Beltrão et al., 2003; Turco et al., 2006), hidrológicos, etc. Os efeitos de valores extremos de umidade relativa, quando combinados com outras variáveis meteorológicas como, por exemplo, baixas temperaturas, chuvas fortes e ventos intensos, compõem um quadro “desagradável” ou mesmo extremamente danoso. Como no caso dos incêndios florestais, as condições climáticas, nos incêndios em vegetação, desempenham um papel fundamental na avaliação do comportamento do fogo, sobretudo por causa do dinamismo e da velocidade de suas variações, compondo quadros distintos a cada período de tempo, o que dificulta a sua análise.

A aplicação de equações para o cálculo da umidade relativa do ar é essencial na agricultura, visto que esta variável meteorológica extrema pode causar danos principalmente aos cultivos agrícolas. O uso de métodos de estimativa da umidade relativa do ar pode ser de grande utilidade, tanto ao setor agrícola como a qualquer outro.

De acordo com Sedyama et al. (1998), a escassez de dados meteorológicos em grande parte do território nacional é um dos fatores que mais limitam a realização de estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos de diversas regiões, principalmente quando as mesmas apresentam uma ampla extensão territorial.

---

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo CNPq

Nesse contexto, percebe-se o quão importante torna-se um estudo do comportamento da umidade relativa do ar principalmente a sua conseqüente influência nos requerimentos de água para as culturas agrícolas mais importantes da região, possibilitando que os agricultores programem suas atividades agrícolas, com menor risco de serem surpreendidos pelos efeitos extremos desta variável meteorológica. Diante das considerações apresentadas, este trabalho visa avaliar a aplicabilidade de modelos físico-matemáticos para o cálculo da umidade relativa do ar (UR) em escala horária a partir de dados de temperatura do ar no município de Muriaé, Minas Gerais.

## 2. Material e Métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se dados de temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar observadas e registradas nos arquivos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-5<sup>o</sup> DISME) da estação automática A517, localizadas no estado de Minas Gerais conforme Figura 1 e Tabela 1, durante o período de três meses (10/09/2006 a 10/12/2006).



**Figura 1.** Localização geográfica no mapa do estado de Minas Gerais da estação meteorológica automática do INMET utilizada no presente trabalho.

**Tabela 1.** Código de identificação e coordenadas geográficas da estação automática localizadas em Minas Gerais

Localidade	Código	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Muriaé	A517	-21,01	-42,38	270,00

Castellví et al. (1996) propôs três modelos diferentes para o cálculo da umidade relativa do ar para a Espanha, obtendo coeficientes de determinação ( $r^2$ ) aceitáveis na estimativa da umidade relativa do ar quando comparado com os dados observados. Procurou-se identificar

um modelo de umidade relativa do ar que se ajustasse melhor aos dados observados para as localidades estudadas no presente trabalho.

Com base na metodologia proposta por Castellví et al. (1996), foram utilizados três modelos físico-matemáticos distintos para estimativa da umidade relativa do ar denominados por: UR1, UR2 e UR3, cujas equações estão descritas a seguir:

$$UR1 = 100 * \frac{e_s(T_{po})}{e_s(T_a)} \quad \text{Eq. 1}$$

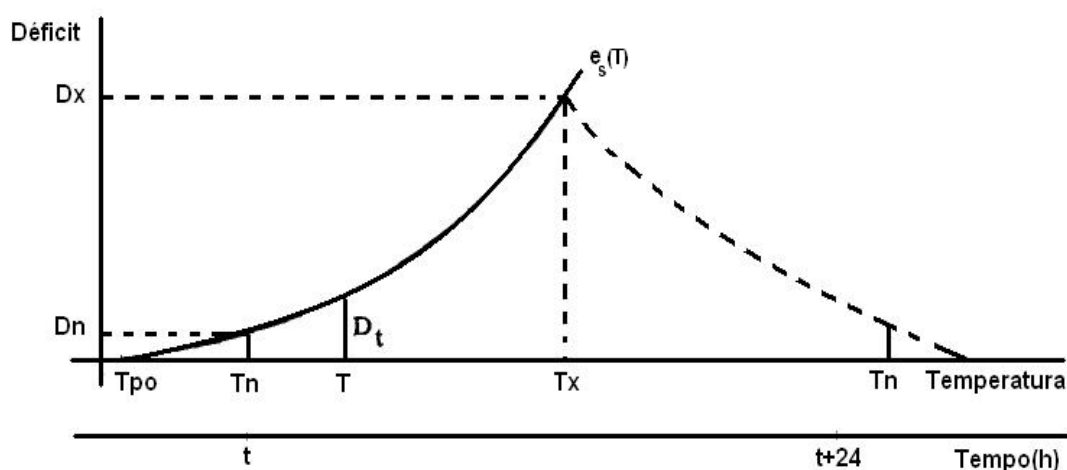
$$UR2 = 100 * \frac{e_s(T_{po})}{e_s(T_m)} \quad \text{Eq. 2}$$

$$UR3 = 100 * \frac{e_s(T_{po})}{1/2 * [e_s(T_a) + e_s(T_m)]} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que,  $e_s(T_{po})$ , pressão de saturação de vapor d'água do ar, avaliada à temperatura do ponto de orvalho, °C;  $e_s(T_m)$ , pressão de vapor de saturação a temperatura média horária, °C;  $e_s(T_a)$ , pressão de vapor de saturação correspondente a uma temperatura estimada  $T_a$ , °C.

A temperatura  $T_a$  foi computada avaliando-se numericamente a área compreendida a partir da base do gráfico da Figura 2 e a função  $e_s(T)$  avaliada entre os limites  $T_x$  (Temperatura máxima) e  $T_n$  (Temperatura mínima).

A integração da área situada entre os limites  $T_n$  e  $T_x$  foi realizada pelo método trapezoidal. O processo iterativo foi concluído quando as áreas situadas entre  $T_n$  e  $T_x$  e  $T_x$  e  $T_n$  do dia seguinte mostravam-se aproximadamente idênticas.



**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  $T_a$  estimada utilizou-se o software *Matlab 6.5 RELEASE 13*, onde foi construído um modelo simplificado de algoritmo para o cálculo da integração do  $T_a$  usando o método numérico do trapézio.

Objetivando avaliar o desempenho de cada modelo para a estimativa da umidade relativa do ar, estudos comparativos foram aplicados entre as metodologias propostas e os valores efetivamente medidos (observados) na estação automática (A517).

Para o teste dos modelos determinaram-se dois índices estatísticos de ajuste (coeficiente de determinação,  $r^2$ ) e de exatidão (índice de concordância,  $d$ ). Adicionalmente, estimaram-se os seguintes erros estatísticos: raiz quadrada do erro quadrado médio (RQEQM) e o erro absoluto médio (EAM). Foram empregadas as equações a seguir na estimativa de cada um dos índices e erros:

$$r^2 = \frac{[\sum P_i(O_i - \bar{O}_i)]}{\left[ \sum_{n=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2 \sum_{n=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2 \right]} \quad \text{Eq. 4}$$

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum \left( |P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right)^2} \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{RQEQM} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq. 6}$$

$$\text{EAM} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i| \quad \text{Eq. 7}$$

Em que,  $P_i$ , umidade relativa do ar estimada pelos modelos em estudo, %;  $O_i$ , umidade relativa do ar medida, %;  $N$ , número de observações; a barra sobre os símbolos das equações refere-se ao valor médio dos dados considerados.

Avaliaram-se os modelos de umidade relativa do ar pela concordância expressa pelo índice “ $d$ ” de Willmott et al. (1985), no qual indica o grau de exatidão entre os valores estimados e observados. Também se usou o coeficiente “ $r^2$ ”, interpretado como a proporção de variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável  $x$ .

Em razão dos índices estatísticos “ $r^2$ ” e “ $d$ ” não quantificarem os erros de exatidão e precisão, além disso, determinaram-se os indicadores RQEQM e EAM (equações 6 e 7).

De acordo com Jacovides e Kontoyannis (1995), a raiz quadrada do erro quadrado médio (RQEQM) fornece subsídios sobre o desempenho do modelo na estimativa da umidade relativa do ar.

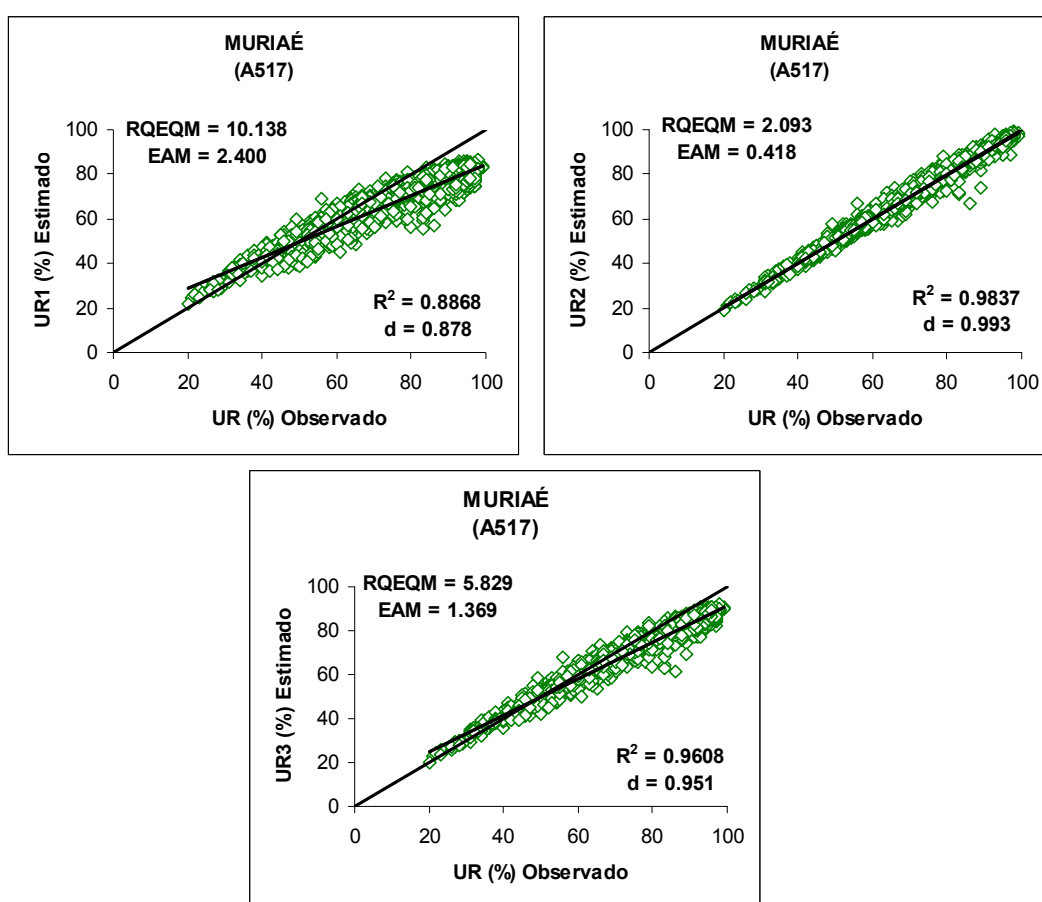
### 3. Resultados e Discussão

Considerando os dados estimados pelos modelos (UR) e os dados observados na estação de Muriaé, obtiveram-se os gráficos de regressões com a finalidade de se validar o modelo de umidade relativa do ar. A Figura 3 mostra graficamente a comparação entre os valores observados e estimados, a avaliação dos desvios dos valores horários de umidade relativa do ar estimada pelo modelo proposto por Castellví et al. (1996) em relação aos valores observados foi realizado por meio de índices estatísticos de desempenho, conforme descrito por Jacovides e Kontoyannis (1995).

A raiz quadrada do erro quadrado médio (RQEQM) fornece subsídios sobre o desempenho do modelo na estimativa da umidade relativa do ar em curto prazo. Na Figura 3 verifica-se que o modelo UR1 apresentou o valor máximo de RQEQM, de 10,138 %, e que o valor mínimo de RQEQM foi observado no modelo UR2, e é de 2,093 %. O maior erro

absoluto médio (EAM) foi encontrado no modelo UR1 (2,400 %), e o menor EAM foi constatado no modelo UR2 (0,418 %). Os modelos UR2 e UR3 tiveram os maiores  $r^2$ , 0,9837 e 0,9608, respectivamente. Já no modelo UR1 verifica-se o menor  $r^2$ , que foi de 0,8868.

De uma forma geral nota-se que os modelos tiveram bom desempenho, com exatidão acima de 90%, sendo o modelo UR2 o de maior índice de concordância, no qual tem como variáveis de entrada a temperatura do ponto de orvalho e a temperatura média do ar. Valores semelhantes de regressão linear foram encontrados também por (Buck, 1981; Castellví et al., 1996; Allen et al., 1994). Pode-se dizer que a aplicação dos modelos de umidade relativa do ar utilizado para a estação automática de Muriaé teve boa representatividade. Os valores de RQEQM e EAM indicam que os erros cometidos pelos modelos de umidade relativa do ar são erros predominantemente aleatórios, portanto os valores de RQEQM e EAM encontrados durante a validação dos modelos são plenamente aceitáveis.



**Figura 3. Umidade relativa estimada pelos modelos UR1, UR2 e UR3 versus umidade relativa observada em escala horária na estação automática A517.**

#### 4. Conclusões

Para as estimativas da umidade relativa do ar na estação automática A517 destaca-se o desempenho dos modelos propostos por Castellví et al. (1996).

O modelo de umidade relativa que mais se ajustou aos dados observados da estação foi o modelo UR2.

A aplicação dos modelos de estimativa da umidade relativa do ar tem relevância principalmente em locais onde se dispõe somente de dados de temperaturas máximas e

mínimas diárias, ou mesmo em locais com falhas nas observações rotineiras, tendo em vista a possibilidade de empregá-los também na reconstrução de séries com dados perdidos ou faltantes.

## 5. Referências Bibliográficas

- Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S. and Perrier, A., 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bull.*, 43(2): 1-29.
- Amorim Neto, M. da S.; Araújo, A.E. DE; Beltrão, N.E. de M. Clima e Solo. In: Azevedo, D. M. P. de & Lima, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 63-76, 2001.
- Beltrão, N.E. de M.; Araújo, A.E. de; Benassi, A.C.; Amaral, J.A.B.; Severino L.S.; Cardoso, G.D. Zoneamento e época de plantio para o algodoeiro no norte do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p. 99-105, 2003.
- Buck, A.L., 1981. New equations for computing vapor pressure and enhancement factor. **J. Appl. Meteorol.**, 20: 1527-1.532.
- Castellví, F.; Perez, P.J.; Villar, J.M.; Rosell, J.L. Analysis of methods for estimating vapor pressure deficits and relative humidity. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.82, p. 29-45. 1996.
- Jacovides, C.P.; Kontoyiannis, H. Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. **Agricultural Water Management**, v. 27, p. 365-371, 1995.
- Sediyama, G.C.; Melo Junior, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.1, p. 57-61, 1998.
- Turco, S.H.N.; Silva, T.G.F da; Santos, L.F.C. dos; Ribeiro, P.H.B; Araújo, G.G.L; Junior, E.V.H; Aguiar, M.A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 20-27, 2006.
- Willmott, C. J.; Ackleson, S. G.; Davis, R. E.; Feddema, J. J.; Klink, K. M.; Legates, D. R.; Odonnell, J.; Rowe, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research-Oceans**, Ottawa, v. 90, p. 8995-9005, 1985.