

CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DO NÚMERO DE HORAS COM UMIDADE RELATIVA IGUAL OU MAIOR DO QUE 90% PARA A ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS

VERONA O. MONTONE¹, PAULO C. SENTELHAS²

¹ Eng. Agrônoma, mestranda no Depto. de Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Flórida-USA;

² Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Depto. de Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba - SP,
Fone: (19-34294283- ramal 225), pcsentel@esalq.usp.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Um dos principais desafios da agricultura sustentável está relacionado ao uso racional dos insumos. Os sistemas de alerta-fitossanitário são uma das ferramentas que podem auxiliar na otimização da aplicação de fungicidas, sendo a duração do período de molhamento (DPM) uma das variáveis de entrada mais requeridas para sua utilização. Entretanto, a DPM não é normalmente mensurada mesmo nas estações meteorológicas automáticas. Com isso, uma das alternativas para sua obtenção seria por meio de sua estimativa. O modelo que tem apresentado resultados mais satisfatórios é o modelo físico de Penman-Monteith (P-M). Porém, seu uso é restringido pela complexidade de suas variáveis, geralmente de difícil obtenção. Por sua vez, os modelos empíricos requerem variáveis normalmente disponíveis para sua aplicação, mas podem necessitar de calibração para terem um bom desempenho. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da calibração no desempenho do modelo empírico de estimativa da DPM do número de horas de umidade relativa acima de 90% para diferentes regiões climáticas brasileiras. Observou-se que, de acordo com a região, o modelo apresenta resultados satisfatórios mesmo sem a calibração. Entretanto, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, notou-se que a calibração possibilita uma melhoria significativa na acurácia da estimativa da DPM.

PALAVRAS-CHAVE: SISTEMA DE ALERTA-FITOSSANITÁRIO, DOENÇAS FÚNGICAS, UMIDADE RELATIVA

CALIBRATION OF NUMBER OF HOURS WITH RELATIVE HUMIDITY EQUAL OR ABOVE TO 90% MODEL FOR ESTIMATING LEAF WETNESS DURATION IN DIFFERENT BRAZILIAN REGIONS

ABSTRACT: One of the main challenges in sustainable agriculture is to have a rational use of inputs. Disease-warning systems are tools that can optimize fungicide application and leaf wetness duration (LWD) is a variable often required for their use. However, LWD is not commonly measured in weather stations. So, one of the alternatives is to estimate the LWD through modeling. The model which has been showing satisfactory results is the physical model Penman-Monteith (P-M). However, it requires complex input variables, which are not commonly available. On the other hand, empirical models need variables that are easier to be obtained, but they have to be calibrated to improve your performance under certain conditions. Thus, the aim of this work was to compare the differences in the performance of the empirical model number of hours with relative humidity greater or equal than 90% (NHRH \geq 90%) when this model had no calibration and after calibration according to the climatic region. The study showed that depending on the region, the model can work well even without calibration. However, to the Midwest, Southeast and South regions of Brazil, the model had a great improvement on its performance after the calibration.

KEYWORDS: DISEASE WARNING-SYSTEM, FUNGAL DISEASES, RELATIVE HUMIDITY

INTRODUÇÃO: Um dos principais desafios da agricultura é a racionalização do uso de insumos. Os sistemas de alerta fitossanitário são uma das ferramentas que contribuem para o uso racional de fungicidas. Para sua utilização, as duas principais variáveis necessárias são a temperatura do ar, a qual influencia as fases do desenvolvimento das doenças, e a duração do período de molhamento (DPM), a qual exerce papel fundamental nos processos de infecção (germinação e penetração) e de liberação de esporos (GILLESPIE & SENTELHAS, 2008). Enquanto a temperatura é facilmente obtida, a DPM não é normalmente mensurada mesmo em estações meteorológicas automáticas, fazendo com que a sua estimativa por meio do uso de modelos seja a alternativa para sua obtenção. Em relação aos modelos de estimativa da DPM, aquele proposto por Penman-Monteith, baseado no balanço de energia, tem apresentado resultados bastante satisfatórios (SENTELHAS et al., 2006), porém tem como limitação a maior complexidade de suas variáveis de entrada, como o saldo de radiação e a velocidade do vento. Uma das alternativas para regiões em que essas variáveis não estão disponíveis é o uso de modelos empíricos, podendo ser destacado o número de horas com umidade relativa igual ou maior do que 90% (NHUR \geq 90%) como um dos mais facilmente aplicáveis. Apesar da maior facilidade de obtenção dos dados no uso desses modelos, eles muitas vezes podem requer calibração local para seu melhor desempenho. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho do modelo de estimativa da DPM pelo NHUR \geq 90% antes e após sua calibração em diferentes regiões brasileiras.

MATERIAL E MÉTODOS: A estimativa da duração do período de molhamento (DPM) por meio do número de horas com umidade relativa igual ou maior do que 90% (NHUR \geq 90%) se baseia no fato de que este valor é considerado o limite para a presença de orvalho (SENTELHAS et al., 2008), quando se empregam dados provenientes de estações meteorológicas, em que a umidade relativa é medida a uma altura entre 1,5 e 2,0 m. Assim, a DPM estimada por esse método corresponde ao número de horas em que a umidade relativa foi maior ou igual do que 90% acumuladas durante o período. Para se obter um valor de referência para a DPM, foi utilizado o modelo físico de Penman-Monteith (SENTELHAS et al., 2006), baseado no fluxo de calor latente (LE) para uma folha artificial, estimado para cada intervalo de tempo por meio da equação:

$$LE = - \frac{\left\{ sRn + \left[\frac{1200(e_s - e_a)}{(ra + rb)} \right] \right\}}{(s + \gamma^*)}$$

em que: s é a tangente à curva de pressão de saturação de vapor, e_s a pressão de saturação de vapor à temperatura do ar medida na estação meteorológica, e_a a pressão atual de vapor, γ^* a constante psicrométrica modificada ($= \gamma \text{ rv} / \text{rH}$), assumida como sendo 0,64 para período com orvalho ($\text{rv} = \text{rH}$, os dois lados da folha com molhamento), e 1,28 para períodos com chuva ($\text{rv} = 2 \text{ rH}$, apenas um lado da folha com molhamento), e rb a resistência da camada limite para o transporte de calor e ra a resistência aerodinâmica, calculada em função da velocidade do vento.

Por fim, para a estimativa do saldo de radiação (Rn) foi utilizado o seguinte modelo (MONTONE & SENTELHAS, 2010):

$$Rn = 18,7361 + 0,9418 \left[5,67 \times 10^{-8} (273 + T)^4 \right] - 0,2652 (0,77 \times Qg) + 24,2856 \times e_a$$

em que: Rn é o saldo horário de radiação (W.m^{-2}); T a temperatura média horária do ar ($^{\circ}\text{C}$); Qg a irradiância solar global média horária (W.m^{-2}); e e_a a pressão parcial de vapor, sendo:

$$ea = \frac{UR}{100} \times e_s$$

$$e_s = 0,611 \times 10^{\frac{(7,5 \times T)}{(273,3 + T)}}$$

em que: UR é umidade relativa média horária (%); e_s é a pressão de saturação de vapor média horária (kPa).

Foram utilizados dados meteorológicos provenientes das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) das seguintes localidades: Região Centro-Oeste – Águas Emendadas (DF), Carlinda (MT), Catalão (GO), Juti (MS); Região Nordeste / clima seco – Acarau (CE), Cabaceiras (PB), Mossoró (RN), Paranaíba (PI); Região Nordeste – Arapiraca (AL), Chapadinha (MA), Garanhuns (PE), Itabaianinha (SE), Serrinha (BA); Região Norte – Presidente Figueiredo (AM), Salinópolis (PA), Tartarugalzinho (AP); Região Sudeste – Águas Vermelhas (MG), Nova Venêcia (ES), Rancharia (SP), Resende (RJ); Região Sul – Clevelândia (PR), São Miguel do Oeste (SC), São Gabriel (RS). O período considerado foi de janeiro a dezembro de 2010. Apenas a Região Nordeste apresentou clima úmido-seco, considerando-se uma precipitação anual abaixo de 1000 mm para o clima ser classificado como seco. As demais regiões foram classificadas como clima úmido. O período considerado foi de janeiro a dezembro de 2010. Os dados dos vinte primeiros dias de cada mês foram utilizados para observar o desempenho do modelo sem calibração, sendo os dez últimos utilizados para se fazer o teste de melhoria da estimativa da DPM após a calibração para cada região.

Para a comparação do desempenho do modelo do $NHUR \geq 90\%$ antes e após a calibração, foram analisados os índices estatísticos: índice de concordância de Willmott (D) (WILLMOTT et al., 1985), o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997), o erro médio (EM), o erro absoluto médio (EAM) e o erro máximo (EMAX).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Após a calibração do método do $NHUR \geq 90\%$ para cada região, foram obtidos limites de umidade relativa, a partir dos quais seria computada a DPM, variando de 76,6% (Centro-Oeste) a 90,8% (Norte) (Tabela 1). Além disso, pode-se notar que apenas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste os valores limites não ficaram próximos do padrão de 90%. Nessas regiões, houve uma tendência de subestimativa do $NHUR \geq 90\%$, isto é, antes da calibração (Figura 1a, i, k). A partir da Figura 1, também se pode observar que o R^2 variou de 0,58 a 0,85 para antes da calibração e de 0,69 a 0,87 após a calibração para as regiões Centro-Oeste e Norte.

Ao serem analisados os índices estatísticos (Tabela 2), observa-se que antes da calibração havia uma tendência de subestimativa da DPM nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, o que é confirmado pelos valores dos erros médios (EM) de -3,7 h, -1,4 h e -1,3 h, respectivamente. Após a calibração, tal tendência foi eliminada, indicando a presença apenas de erros sistemáticos, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, as quais tinham seu erro médio absoluto (EMA) praticamente com o mesmo valor do EM. É importante ser ressaltado que para todas as regiões, exceto para a Centro-Oeste, o EMA ficou ao redor ou menor do que 2 h, sendo um indicativo de que o modelo do $NHUR$ apresenta potencial para estimar a DPM nessas localidades. Em relação ao índice de confiança, este variou de 0,61 (mediano – Centro-Oeste) a 0,88 (ótimo – Norte) antes da calibração e de 0,70 (bom – Sudeste) a 0,90 (ótimo – Norte). Quanto ao erro máximo (EMAX), este não sofreu grandes variações após a calibração para a maioria das localidades, decrescendo apenas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, e Sul.

Tabela 1: Caracterização climática da região e do limite de umidade relativa após a calibração (%) para a ocorrência de molhamento, nas diferentes regiões do Brasil.

Região	Clima	Calibração (%)
Centro-Oeste	Úmido	76,6
Nordeste	Seco	89,4
Nordeste	Úmido	89,7
Norte	Úmido	90,8
Sul	Úmido	82,8
Sudeste	Úmido	82,3

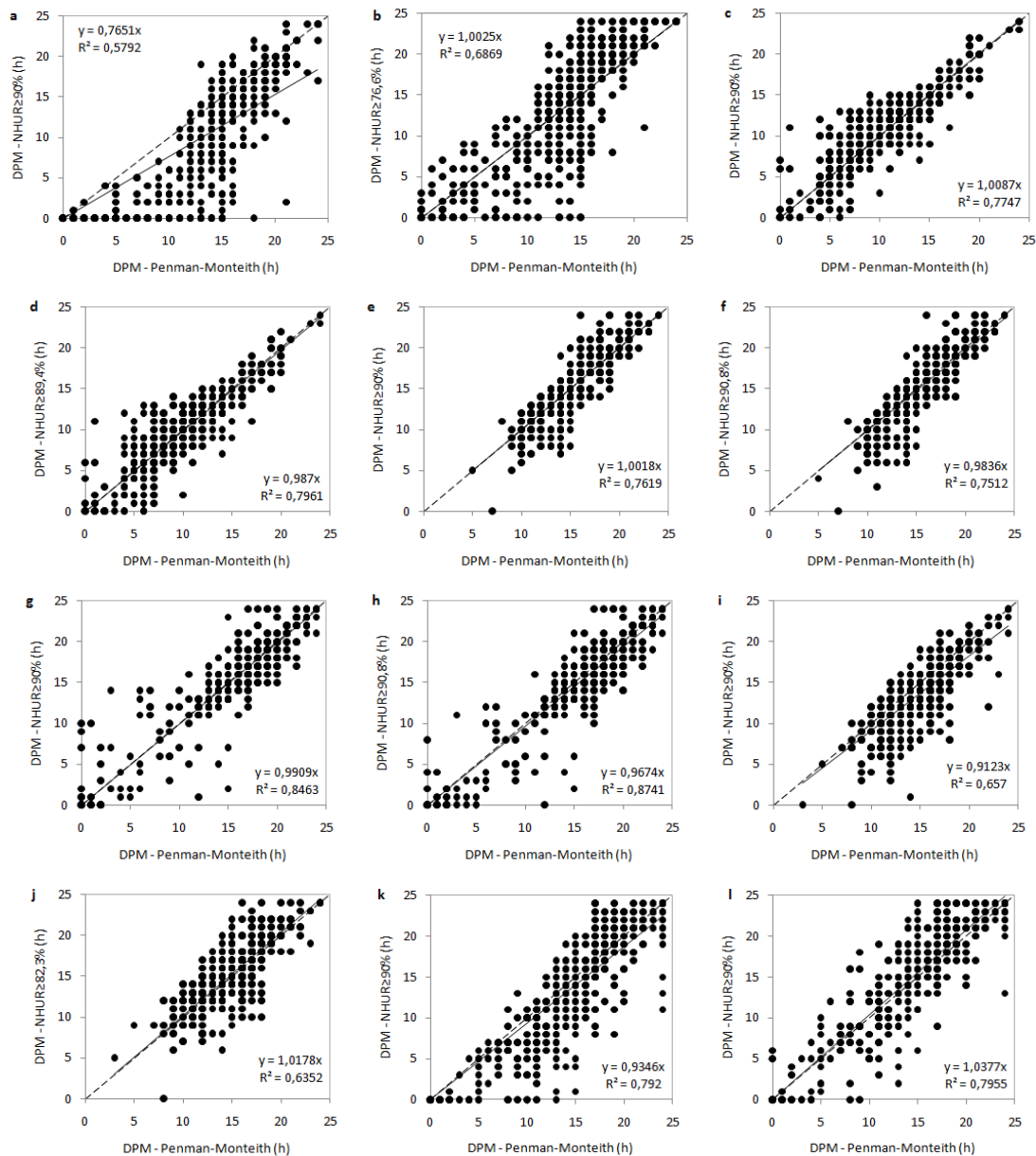


Figura 1: Relação entre a DPM diária obtida pelo método de Penman-Monteith e pelo modelo do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (NHUR ≥ 90%) antes e após a calibração, respectivamente, para as regiões Centro-Oeste (a,b), Nordeste / clima seco (c, d), Nordeste (e, f), Norte (g, h), Sudeste (i, j) e Sul (k, l).

Tabela 2: Índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), de correlação (R), índice de concordância (D), de confiança (c), erro médio (EM), erro médio absoluto (EAM) e erro máximo (EMAX) em horas (h) comparando a o modelo do $NHUR \geq 90\%$ com o método de Penman-Monteith antes e após a calibração para as regiões Centro-Oeste, Nordeste clima seco (S), Nordeste clima úmido (Ú), Norte, Sudeste e Sul.

Índices	Centro-Oeste		Nordeste (S)		Nordeste (Ú)		Norte		Sudeste		Sul	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
R^2	0,58	0,69	0,77	0,80	0,76	0,75	0,85	0,87	0,66	0,64	0,79	0,80
R	0,76	0,83	0,88	0,89	0,87	0,87	0,92	0,93	0,81	0,80	0,89	0,89
D	0,81	0,89	0,94	0,94	0,94	0,93	0,96	0,96	0,86	0,88	0,93	0,94
c	0,61	0,74	0,83	0,84	0,82	0,81	0,88	0,90	0,69	0,70	0,83	0,84
EM (h)	-3,7	-0,2	0,3	0,0	0,0	-0,3	0,0	-0,5	-1,4	0,3	-1,3	0,6
EAM (h)	4,0	2,9	1,5	1,4	1,2	1,2	1,6	1,5	1,8	1,6	2,4	2,3
EMAX(h)	19,0	15,0	10,0	10,0	8,0	8,0	13,0	13,0	13,0	8,0	14,0	11,0

CONCLUSÃO: A partir deste estudo, pode-se concluir que o modelo empírico do $NHUR \geq 90\%$ apresenta elevado potencial para a estimativa da DPM nas regiões de estudo, quando há limitação de dados meteorológicos para o emprego de modelos mais sofisticados. Entretanto, dependendo da região, pode haver a necessidade dele ser calibrado. Dessa forma, seu desempenho foi praticamente o mesmo quando o limite calibrado da umidade relativa foi bem próximo de 90%. Porém, apresentou diferença expressiva nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo, A.P.; Sentelhas, P.C. **Avaliação de modelos para a estimativa da evapotranspiração potencial mensal, em base diária para Campinas e Ribeirão Preto, SP.** In: IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Resumos. Campina Grande, 1995. p. 415 - 417.
- Gillespie, T. J., Sentelhas, P. C. **Agrometeorology and plant disease management - a happy marriage.** Scientia Agricola, v. 65, special issue, p. 71-75, 2008.
- Montone, V.O. ; Sentelhas, P. C. **Modelos de estimativa do saldo horário de radiação (R_n) para Piracicaba, SP.** In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010. v. 1.
- Sentelhas, P. C., Gillespie, T. J., Gleason, M. L., Monteiro, J. E., Pezzopane, J. R., & Pedro Júnior, M. J. . **Evaluation of a Penman-Monteith approach to provide reference and crop canopy leaf wetness duration estimates.** Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 141, n. 2-4, p. 105-117, 2006.
- Sentelhas, P. C., Dalla Marta, A., Orlandini, S., Santos, E. A., Gillespie, T. J., & Gleason, M. L. **Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration.** Agricultural and Forest Meteorology , v. 148, p. 392-400, 2008.
- Willmott, C.J. **On the validation of models.** *Physical Geography*, v.2, p. 1984 – 194. 1981.