

MODELAGEM ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR COM BASE NA UMIDADE RELATIVA DO AR

ALVES, M. C.¹; CARVALHO L. G.², POZZA E. A.³, OLIVEIRA M. S.⁴, SILVA F. M.⁵

¹ Eng^o. Agrônomo, Pesquisador Doutor, Depto. de Engenharia, Campus da UFLA, caixa postal 37, cep. 37200-000, Lavras - MG, tel. (0xx35) 3829-1494/1481, e-mail: marcelocarvalhoalves@gmail.com.

¹ Eng^o. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia, Campus da UFLA, caixa postal 37, cep. 37200-000, Lavras - MG, tel. (0xx35) 3829-1678/1481, e-mail: lgonsaga@ufla.br.

³ Eng^o. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Fitopatologia, Campus da UFLA, caixa postal 37, cep. 37200-000, Lavras - MG, tel. (0xx35) 3829-1791/1289, e-mail: epozza@ufla.br.

⁴ Eng^o. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Ciências Exatas, Campus da UFLA, caixa postal 37, cep. 37200-000, Lavras - MG, tel. (0xx35) 3829-1373, e-mail: marcelo.oliveira@ufla.br.

⁵ Eng^o. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia, Campus da UFLA, caixa postal 37, cep. 37200-000, Lavras - MG, tel. (0xx35) 3829-1494, e-mail: famsilva@ufla.br.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GrandDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi verificar a relação entre a média mensal da duração de umidade relativa do ar maior ou igual a 90% ($NHUR_{\geq 90}$) e médias mensais de umidade relativa do ar (UR) por meio de modelagem estatística e geoestatística. Para tanto, dados de UR referentes ao período de anos de 2000 a 2006 em Lavras, MG, foram utilizados para contabilizar dados de UR e $NHUR_{\geq 90}$ extraídos de termohigrogramas. Por meio de modelos estatísticos de regressão linear foi possível estimar a $NHUR_{\geq 90}$ a partir de observações mensais de UR, com maior precisão nos períodos úmidos do que nos secos. Posteriormente, com o uso de metodologia de análise geoestatística representaram-se a variabilidade espacial da UR e da $NHUR_{\geq 90}$ no estado de Minas Gerais, Brasil, com base em dados de UR das Normais Climatológicas (1961-1990) do Instituto Nacional de Meteorologia, referentes aos meses de junho e dezembro, constatando-se semelhança do padrão espacial da UR e da $NHUR_{\geq 90}$ de acordo com a análise de covariogramas esféricos e estimativas de krigagem simples.

PALAVRAS-CHAVE: Regressão linear, krigagem simples, orvalho, chuva.

STATISTICAL AND GEOSTATISTICAL MODELING LEAF WETNESS DURATION BASED ON AIR RELATIVE HUMIDITY

ABSTRACT: The present study aimed to establish the relationship between the average number of hours with relative humidity equal or higher than 90% ($NHUR_{\geq 90}$) in the month and monthly average air relative humidity (UR) through Statistical and Geoestatistical modeling. UR data from 2000 to 2006 in Lavras, Minas Gerais State, Brazil were used to determine UR and $NHUR_{\geq 90}$ data, obtained from termohigrograms. Using linear regression statistical models it was possible to estimate $NHUR_{\geq 90}$ from UR observations, with higher precision in the wet than the dry period. Later, using geostatistical analysis it was possible to represent UR and $NHUR_{\geq 90}$ spatial variability in Minas Gerais state, Brazil, based on UR Normal data (1961-1990) from the National Meteorological Service. June and December months were analyzed in order to verify its pattern of similarity, based on spherical covariograms and simple kriging estimates analysis.

KEY WORDS: Linear regression, simple kriging, dew, rainfall.

INTRODUÇÃO:

O período de molhamento foliar pode ser estimado por sensores ou por meio do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (SENTELHAS et al., 2008; HUBER & GILLESPIE, 1992; SUTTON et al., 1984). SENTELHAS et al. (2008) ao estudar modelos empíricos utilizados para estimar período de molhamento foliar em 4 regiões da superfície terrestre com diferentes condições climáticas, observaram que o número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90% possibilitou obter acurácia satisfatória da duração do período de molhamento foliar quando comparado a dados de sensores testados e calibrados sob condições de laboratório. Com isso, muitos modelos de previsão de doenças consideraram esse limiar como indicativo da duração do período de molhamento foliar, em função da disponibilidade dessa medida em estações meteorológicas.

Com isso, considerando-se a importância da determinação do período de molhamento foliar para estudos agrícolas e ambientais, a dificuldade em se analisar termohigrogramas e a ausência dessa informação prontamente disponível em estações meteorológicas, observou-se a necessidade de testar a hipótese da existência de relação entre a média mensal do número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR_{\geq 90}$) e médias mensais de umidade relativa do ar (UR), a fim de se tornar possível estimar essa variável como indicativo do período médio de molhamento foliar mensal. Assim, objetivou-se com o presente estudo verificar a relação estatística entre as variáveis $NHUR_{\geq 90}$ e UR e ainda, avaliar a possibilidade de utilizar uma metodologia de análise geoestatística para implementar os modelos em outras estações climatológicas.

MATERIAL E MÉTODOS:

Os dados utilizados no presente estudo foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, pertencente à rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizada no campus da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras (Convênio UFLA/INMET), cujas coordenadas geográficas são 21° 14' S, 45° 00' W e 918,841 m, de latitude, longitude e altitude, respectivamente. A região apresenta clima caracterizado como Cwa segundo a classificação climática de Köppen, com chuvas predominantes de verão e inverno relativamente seco, sendo o total anual de precipitação pluvial equivalente a 1530 mm e temperatura média anual de 19,4 °C (BRASIL, 1992). Foi utilizado o termo-higrógrafo para a coleta dos dados na estação climatológica. Contabilizaram-se os valores médios mensais de umidade relativa por meio de um psicrômetro, bem como informações diárias do número de horas contínuas ao longo do mês com umidade relativa maior ou igual a 90%, extraídas de termohigrogramas, referentes ao período entre 2000 a 2006. As informações extraídas dos termohigrogramas foram contabilizadas 2 vezes a fim de se minimizar erros de análise visual. No caso de haver período contínuo de umidade relativa maior ou igual a 90% entre um mês anterior e outro posterior, considerou-se o período como pertencente ao mês anterior. Procedeu-se a soma do total de horas contínuas no mês com umidade relativa maior ou igual a 90%, seguido por divisão dessa variável pelo número de dias em cada mês analisado, de forma a gerar a média mensal do número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR_{\geq 90}$). E por sua vez, a partir da soma das médias diárias de umidade relativa do ar dividida pelo número de dias em cada mês analisado, gerou-se a média mensal de umidade relativa do ar (UR).

A variável $NHUR_{\geq 90}$ foi submetida à análise de variância e no caso de ter apresentado significância no teste F ($p \leq 0,05$) foi submetida à análise de regressão de forma a obter uma equação para representar a relação entre a $NHUR_{\geq 90}$ ao longo do ano em função da UR, no período chuvoso (outubro a março) e no período seco (abril a setembro). Utilizaram-se os valores do coeficiente de determinação (R^2) e o padrão da dispersão das observações nos

respectivos diagramas como critério de ajuste dos modelos de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados.

De posse do modelo de regressão referente à relação mensal entre a $NHUR_{\geq 90}$ e a UR ao longo do ano, estimaram-se a $NHUR_{\geq 90}$ para outras 39 estações Climatológicas Principais de Minas Gerais e estados circunvizinhos a partir de dados de UR das Normais Climatológicas (1961-1990) (BRASIL, 1992) geo-referenciados na projeção cartográfica Albers de Igual Área. Nesse caso, adotaram-se observações referentes aos meses de junho e dezembro como referência para as outras 38 estações climatológicas. Em seguida, a dependência espacial da $NHUR_{\geq 90}$ estimada e da UR observada foi analisada por meio de ajustes de covariogramas e mapas de krigagem simples, de acordo com a metodologia de OLEA (1999), a fim de caracterizar o padrão espacial e verificar a relação entre essas variáveis no estado de Minas Gerais. Para isso, consideraram-se as variáveis $NHUR_{\geq 90}$ e UR de junho e dezembro como realizações de uma variável $Z(x)$, em que x denotou uma localidade climatológica localizada em uma malha regular no espaço bidimensional R^2 . A função aleatória foi considerada como estacionária de segunda ordem e, portanto, dependente somente da distância euclidiana (OLEA, 1999). Portanto, caracterizou-se a dependência espacial dos dados por meio da equivalência entre o semivariograma e o covariograma e pressuposição de estacionariedade de ordem 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Efetuada as análises de regressão linear, com base nos valores dos coeficientes de determinação dos modelos (R^2) constatou-se relação estatística significativa pelo teste F entre as variáveis $NHUR_{\geq 90}$ e UR em todas as situações analisadas ($p < 0,01$), com melhor ajuste de funções lineares para descrever a relação entre $NHUR_{\geq 90}$ e UR ao longo do ano, no período chuvoso e no seco (Figura 1). Observaram-se melhor qualidade de ajuste no período chuvoso do que no seco. Para todos os modelos ajustados, observou-se aumento da $NHUR_{\geq 90}$ com o aumento da UR. Possivelmente, a melhor qualidade de ajuste dos modelos no período chuvoso se deve ao fato de que na estação chuvosa, a fonte de molhamento é chuva e ou orvalho, enquanto que no período seco, é principalmente orvalho. A relação entre a umidade relativa e outras variáveis meteorológicas também foi observada nos estudos de GLEASON et al. (1994) e KIM et al. (2002), pois segundo esses autores, o período de molhamento foliar é influenciado pela umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento e, segundo CROWE & COAKLEY (1978), a umidade do solo associada com a duração da umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura mínima do ar também foram fatores determinantes para a duração do orvalho. Com base nos modelos de covariogramas esféricos isotrópicos ajustados aos dados de $NHUR_{\geq 90}$ e de UR, observou-se dependência espacial dessas variáveis, pois o valor absoluto da diferença entre as observações aumentou com a distância, até um valor no qual os efeitos locais não apresentaram mais influência, culminando na estabilidade do modelo até separar o universo estruturado do aleatório, de forma a satisfazer as suposições de estacionariedade (Figura 1). Além disso, observou-se semelhança dos parâmetros e coeficientes dos semivariogramas referentes à $NHUR_{\geq 90}$ e UR, pois provavelmente, fatores semelhantes do ambiente influenciaram no padrão de dependência espacial dessas variáveis no mês de junho. Por meio dos mapas de krigagem simples constatou-se semelhança entre o padrão de variabilidade espacial das variáveis $NHUR_{\geq 90}$ e UR, tanto para junho quanto para dezembro (Figura 2). Assim, observaram-se para junho, valores mais elevados da $NHUR_{\geq 90}$ e UR principalmente na Zona da Mata, extremo sul do Alto São Francisco e extremo sul do Sul de Minas, sul do Campo das Vertentes e parte oeste e norte do Rio Doce. Em dezembro, observaram-se valores mais elevados de $NHUR_{\geq 90}$ e UR em parte do Triângulo Mineiro, Alto São Francisco, Sul de Minas e Zona da Mata (Figura 3).

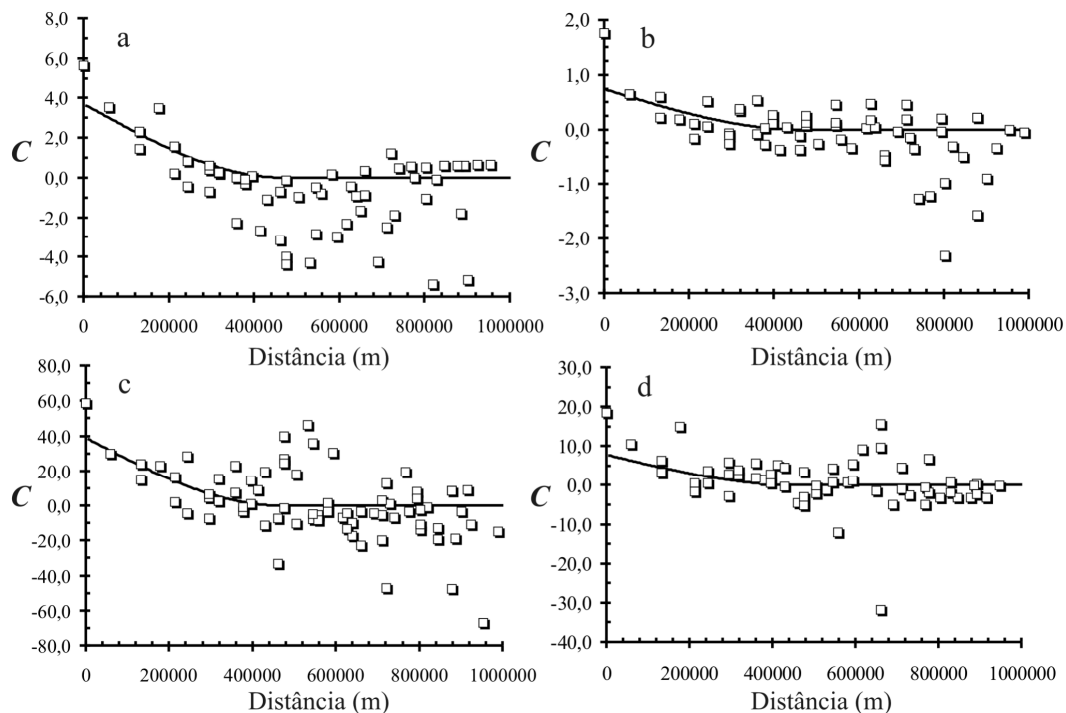


Figura 1. Relação entre a duração mensal média da umidade relativa do ar maior ou igual a 90% (NHUR \geq 90) e a média mensal da umidade relativa do ar (UR) ao longo do ano (a), no período chuvoso (b), no período seco (c), referente aos anos de 2000 a 2006, para Lavras, MG.

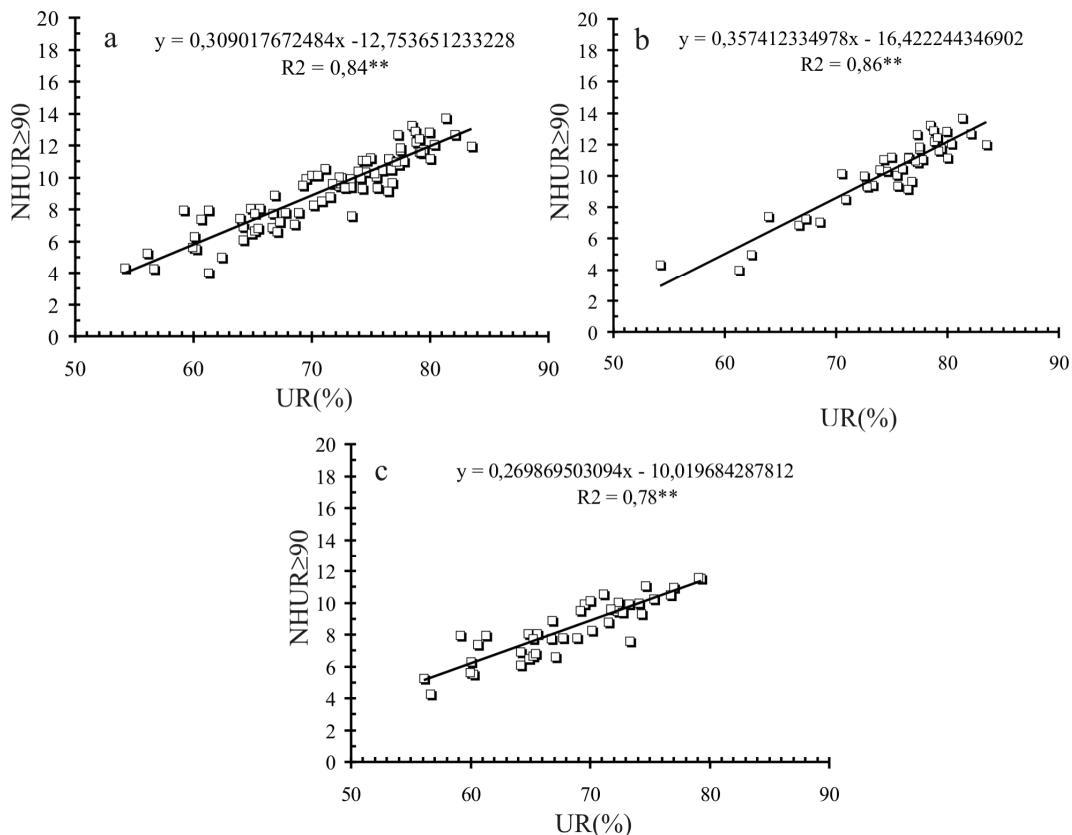


Figura 2. Covariogramas isotrópicos esféricos (a, b, c, d) da duração mensal média da umidade relativa do ar maior ou igual a 90% (NHUR \geq 90) dos meses de junho (a) e dezembro (b) e umidade relativa mensal média do ar (UR) de junho (c) e dezembro (b) referente ao período médio de 1961 a 1990, no estado de Minas Gerais.

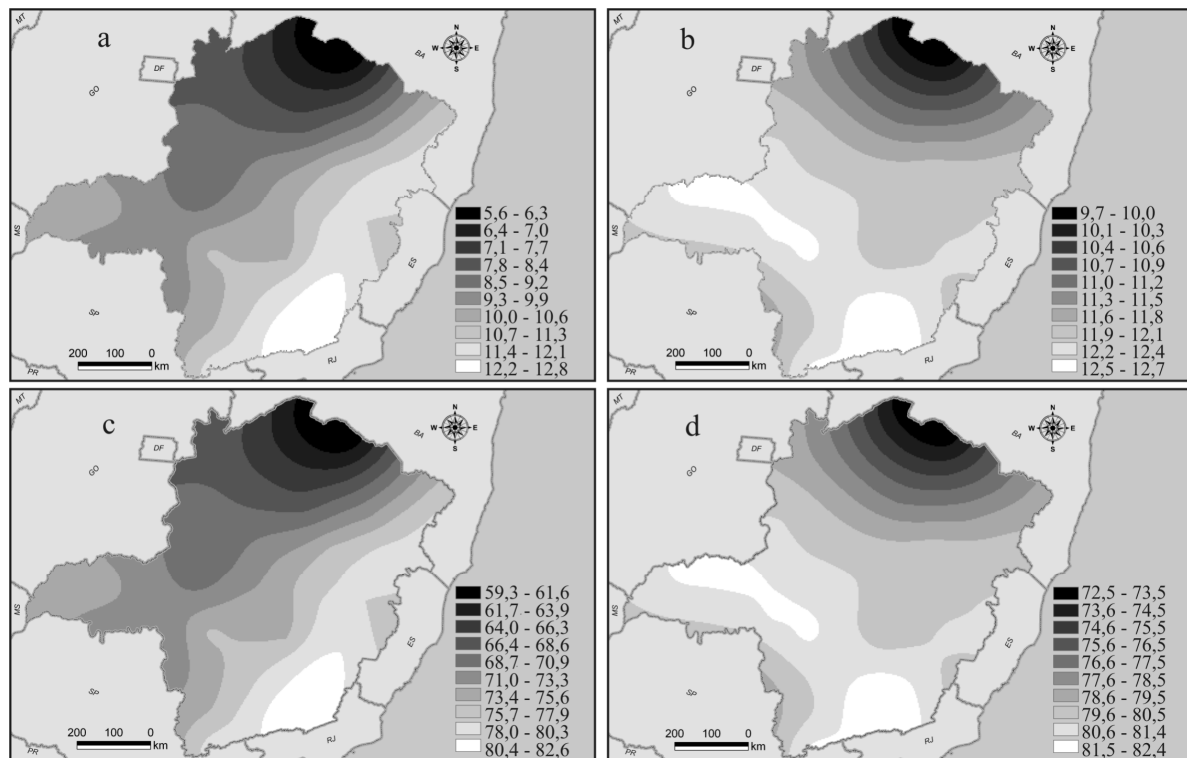


Figura 3. Mapas de krigagem simples (a, b, c, d) da duração mensal média da umidade relativa do ar maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90$) nos meses de junho (a) e dezembro (b) e a umidade relativa mensal média do ar (UR) de junho (c) e dezembro (d) referente ao período médio de 1961 a 1990, no estado de Minas Gerais.

CONCLUSÕES: Foi possível utilizar observações diárias e mensais de UR para estimar a $NHUR \geq 90$ a partir de modelos de regressão linear, com maior precisão das estimativas nos períodos mais úmidos do que nos secos. Com o uso de metodologia de análise geoestatística foi possível representar a variação da UR e da $NHUR \geq 90$, nos meses de junho e dezembro, no estado de Minas Gerais e constatar semelhança no padrão espacial dessas variáveis por meio de covariogramas esféricos e mapas de krigagem simples.

REFERÊNCIAS:

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.
- CROWE, M. J.; COAKLEY, S. M. Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations. **Journal of Applied Meteorology**, v.17, p.1482-1487, 1978.
- GLEASON, M. L.; TAYLOR, S. E.; LOUGHIN, T. M.; KOEHLER, K. J. Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. **Plant Disease**, v.78, n.10, p.1011-1016, 1994.
- HUBER, L.; GILLESPIE, T. J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.553-577, 1992.
- KIM, K. S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L.; KOEHLER, K. J. Model to enhance site-specific estimation of leaf wetness duration. **Plant Disease**, v.86, n.2, p.179-185, 2002.
- OLEA, R. A. **Geostatistics for Engineers and Earth Scientists**. Ed. Springer; 1 ed., 2007. Hardcover, 324p.
- SENTELHAS, P. C.; MARTA, A. D.; 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.