

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DO POTENCIAL MÁTRICO DA ÁGUA NO SOLO EM SEQUENCIAS DE CULTURAS SOB O SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

JOSÉ MARCOS GARRIDO BERALDO¹, OLE WENDROTH², JOSÉ EDUARDO CORÁ³, PAULO ESTEVÃO CRUVINEL⁴

¹ Eng. Agrônomo, Pesquisador Doutor, IFSP / Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP, (0XX16) 2107.2826, jmgberaldo@ifsp.edu.br

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Plant and Soil Sciences, University of Kentucky, Lexington-KY.

³ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

⁴ Eng. Eletricista, Pesquisador Doutor, Embrapa Instrumentação, São Carlos - SP.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O sistema de semeadura direta é considerado um sistema conservacionista de grande importância para a sustentabilidade da agricultura. O objetivo foi avaliar o potencial mátrico da água no solo e aplicar técnicas de análise espaço-temporais para entender a dinâmica no espaço e no tempo, e identificar as relações entre diferentes sequências de culturas sob o sistema de semeadura direta. Foi analisada uma transecta, constituída por vinte e uma parcelas experimentais. A transecta foi constituída pela rotação soja/milho intercalando o cultivo durante o verão e no período de inverno cultivada por sete culturas de inverno (milho, girassol, nabo forrageiro, milheto, guandu, sorgo e crotalaria) em três repetições. Foram instalados no centro das parcelas experimentais e na entre linha das culturas, três tensiômetros nas camadas de 0,2; 0,4 e 0,6 m, espaçados de 40 metros entre as parcelas experimentais. Para avaliar a estrutura de correlação espacial foram construídos autocorrelogramas e semivariogramas que serviram de subsídio para a seleção de variáveis em cada um dos modelos autoregressivos de espaço de estados. Os resultados mostram que o potencial mátrico da água no solo apresentou uma estrutura de dependência no tempo e no espaço.

PALAVRAS-CHAVE: autocorrelação, modelos em espaço de estados, variabilidade espacial.

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF SOIL WATER PRESSURE HEAD IN CROP SEQUENCES UNDER NO-TILL SYSTEM

ABSTRACT: No-till system is considered a conservation system of great importance to the sustainability of agriculture. The objective was to evaluate the soil water pressure head and apply spatial and temporal analysis in field data, understand how soil water pressure head change in space and over time and establish the relationship with different crop sequences under no-till system. One transecta was analyzed. The transect consisted of twenty-one plots of a soybean/maize rotation, both intercropped every other year (summer) combined with seven winter crops, sown in February–March of each year in the same plots, were corn, sunflower, oilseed radish, pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke], pigeon pea, grain sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]; and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.). The soil water pressure head was measured at 0,2 m, 0,4 m and 0,6 m using tensiometers, installed in the center of each plot and the line between the crops. Autocorrelograms and semivariograms was using to assess the structure of spatial and time correlation. The results show that the soil water pressure head showed a dependency structure in time and space.

KEYWORDS: autocorrelation, state space models, spatial variability.

INTRODUÇÃO: A variabilidade do solo pode ser caracterizada pela mudança de uma propriedade do solo em função do espaço ou tempo. De acordo com WARRICK et al. (1986) as variações das propriedades do solo tendem a ser correlacionados no espaço ou no tempo. A modelagem do transporte do conteúdo de água e de solutos no solo através da zona vadosa é complexo por causa da variabilidade temporal e espacial das propriedades hidráulicas do solo que geralmente mudam ao longo de ordens de magnitude na escala de campo (NETTO et al., 1999). WENDROTH et al. (2006) demonstraram que os modelos de espaço de estado incorporam observações do comportamento de autocovariância espacial, esse resultado pode proporcionar maior precisão para descrever o processo espacial das propriedades hidráulicas do que o alcançado somente pelas funções de pedotransferência. O conhecimento da função de autocorrelação é uma expressão especial da autocovariância (WENDROTH et al., 2011). NIELSEN & WENDROTH (2003) calcularam o autocorrelograma do conteúdo de água no solo, os autores observaram que observações separadas por uma distância menor do que 4 metros seria esperado originar valores aproximadamente semelhantes do conteúdo de água no solo. Para observações que são temporalmente ou espacialmente independentes, métodos estatísticos paramétricos e não paramétricos podem ser utilizados. Para aquelas observações que manifestam uma dependência temporal ou espacial, métodos derivados da análise das variáveis regionalizadas devem ser utilizados e aplicados nas séries temporais. Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial mátrico da água no solo e aplicar técnicas de análise espaço-temporais para entender a dinâmica no espaço e no tempo, e identificar as relações entre diferentes sequências de culturas sob o sistema de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, localizado no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo, com latitude de 21°15'22" S, longitude de 48°18'58" W e altitude média de 595 metros. Foi selecionado uma transecta constituída por 21 parcelas. A transecta foi constituída por uma sequência de culturas de verão combinadas com sete culturas de inverno, em três repetições. A sequência de culturas de verão foi caracterizada pela rotação soja/milho, com cultivos intercalados ano a ano de soja e milho. As culturas de inverno foram: milho, girassol (*Helianthus annuus* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), feijão guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e crotalária comum (*Crotalaria juncea* L.), semeadas em fevereiro-março (safrinha), repetindo-se a cada ano agrícola a mesma cultura de inverno na mesma parcela. Após a emergência das sequências de culturas de verão foram instaladas no centro das parcelas experimentais e na entrelinha das culturas um tensiômetro de punção e leitura digital por parcela experimental na camada de 0,2; 0,4 e 0,6 m. A distância de separação entre os tensiômetros nas parcelas experimentais foi de 40 m. A unidade de leitura de tensão fornecida pelo tensiômetro digital foi em cbar por meio de um visor digital. Com o objetivo de avaliar a confiabilidade dos valores de potencial mátrico da água no solo obtidos pelo tensiômetro digital, procedeu-se sua calibração em laboratório, cuja descrição detalhada foi apresentada por BERALDO et al. (2012). Os valores do potencial mátrico medidos por ambos os sistemas de leitura foram equivalentes, indicando confiabilidade nos valores obtidos pelo tensiômetro digital. Os autocorrelogramas foram obtidos utilizando a análise estatística de séries temporais conforme descrito por (SHUMWAY & STOFER, 2000). Para avaliar a dependência das amostras em relação ao espaço, bem como identificar se as variações são sistemáticas ou aleatórias, foi utilizada a análise geoestatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 são apresentados os autocorrelogramas do potencial mátrico da água no solo para as sequências de culturas. Observa-se uma estrutura de dependência espacial entre as observações. De acordo com Nielsen e Wendroth (2003), o cálculo da função de autocorrelação é um primeiro diagnóstico para verificar o potencial de aplicação de modelos locais, como os modelos em espaço de estados, para o estudo da distribuição espacial de uma variável ao longo de uma transeção. Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes da autocorrelação (λ) do potencial mátrico da água no solo. Verifica-se que no domínio do tempo (dias) maior valor na camada de 0,20 m quando comparado com as camadas 0,40 e 0,60 m. Isso indica que as observações são separadas por um período maior quando comparado com as outras camadas, isto é, foi possível

determinar o número de dias em que as observações são mais semelhantes entre si. Na Tabela 2 são apresentadas os modelos e o alcance de dependência espacial para as variáveis estudadas. O grau de dependência no espaço da grandeza medida variou entre as diferentes datas nas camadas avaliadas, sugerindo que as observações são espacialmente independentes uma das outras.

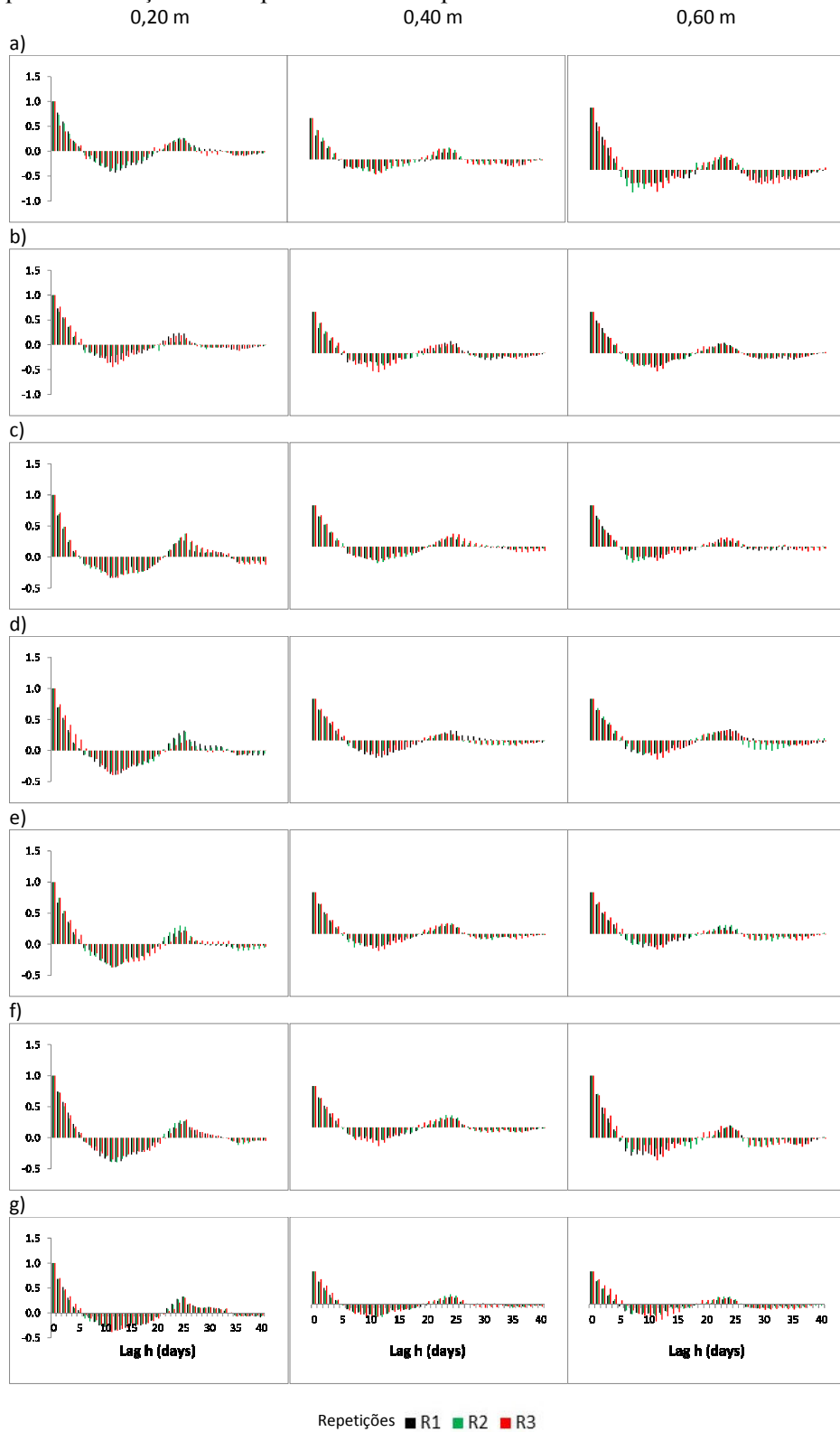


FIGURA 1. Autocorrelograma do potencial mátrico da água no solo para as seqüências de culturas a) milho, b) girassol, c) nabo forrageiro, d) milheto, e) feijão-guandu, f) sorgo e g) crotalaria nas camadas de 0,20; 0,40 e 0,60 m.

TABELA 1. Coeficiente de autocorrelação (λ) do potencial mátrico da água no solo para as sequências de culturas no domínio do tempo (dias) nas camadas 0,20; 0,40 e 0,60 m.

Média Parcelas	Domínio do tempo (dias)		
	0,20 m	0,40 m	0,60 m
Milho	2,43	2,09	2,19
Girassol	2,54	2,14	2,32
Nabo	2,08	2,28	1,99
Milheto	2,48	2,50	2,39
Guandu	2,56	2,14	2,32
Sorgo	2,57	2,09	2,03
Crotalaria	2,28	2,07	2,20
Média	2,42	2,19	2,20

TABELA 2. Parâmetros do semivariograma do potencial mátrico da água no solo para as sequências de culturas no domínio do espaço (metros) nas camadas 0,20; 0,40 e 0,60 m.

Dia Juliano	Modelo	Alcance (m)	Modelo	Alcance (m)	Modelo	Alcance (m)
	-----	0,20 m -----	-----	0,40 m -----	-----	0,60 m -----
62	Exp	51	Gaus	270	Pure Nugget	-
63	Gaus	44	Pure Nugget	-	Pure Nugget	-
64	Sph	86	Sph	158	Exp	13
65	Sph	93	Gaus	277	Gaus	221
68	Exp	16	Exp	64	Sph	48
69	Gaus	104	Gaus	125	Gaus	43
70	Pure Nugget	-	Sph	178	Exp	21
71	Sph	270	Pure Nugget	-	Exp	67
72	Exp	24	Exp	336	Exp	96
75	Pure Nugget	-	Gaus	41	Sph	120
76	Sph	265	Pure Nugget	-	Gaus	41
77	Exp	55	Pure Nugget	-	Exp	30

CONCLUSÕES: O potencial mátrico da água no solo variou no espaço e no tempo. Houve maior dependência entre os dados considerando o domínio do tempo quando comparado com o domínio do espaço. As observações foram espacialmente independentes uma das outras.

REFERÊNCIAS

- BERALDO, J. M. G.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, E. J. Measurement systems of soil water matric potential and evaluation of soil moisture under different irrigation depths. *Engenharia Agrícola*, v. 32, p. 467-478, 2012.
- NETTO, A.M.; PIERITZ, R.A.; GAUDET, J.P. Field study on the local variability of soil water content and solute concentration. *Journal of Hydrology*, v.215, p.23-37, 1999.
- NIELSEN, D.R., WENDROTH, O. 2003. Spatial and temporal statistics. Catena Verlag GMBH, 35447 Reiskirchen, Germany.
- SHUMWAY, R.H.; STOFFER, D.S. Time series analysis and its applications. New York: Springer-Verlag, 2000.
- WARRICK, A.; MYERS, D.; NIELSEN, D.R. 1986. Geostatistical methods applied to soil science. p. 53-82. In Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI.
- WENDROTH, O.; KOSZINSKI, S.; PENA-YEWTHUKHIV, E. Spatial association among soil hydraulic properties, soil texture, and geoelectrical resistivity. *Vadose Zone Journal*, v.5, p.341-355, 2006.
- WENDROTH, O.; KOSZINSKI, S.; VASQUEZ, V. 2011. Soil spatial variability. p.10,1-10,25, In Huang et al. (ed.) *Handbook of Soil Sciences Properties and Processes*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.