



## Análise da variabilidade espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo<sup>(1)</sup>

**Letícia da Silva Ribeiro<sup>(2)</sup>; Ismênia Ribeiro de Oliveira<sup>(3)</sup>; Jussara Silva Dantas<sup>(3)</sup>; James Ribeiro de Azevedo<sup>(3)</sup>; Camila Vieira da Silva<sup>(4)</sup>; Grazieli Brito da Silva<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado no CCAA/UFMA e é parte do TCC da primeira autora.

<sup>(2)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal do Maranhão; Chapadinha, MA; leticia.s.ribeiro@hotmail.com.br; <sup>(3)</sup> Professor, Universidade Federal do Maranhão; Chapadinha, MA; ismenia@ufma.br; jussarasd@yahoo.com.br; jamesazevedo@hotmail.com; <sup>(4)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal do Maranhão; Chapadinha, MA; camillavieira\_milla@hotmail.com; grazibs96@gmail.com.

**RESUMO:** A região leste maranhense ocupa lugar de destaque em relação à alta produtividade de soja, no entanto informações a respeito do seu solo são escassas ou mesmo inexistentes. Este trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. O estudo foi desenvolvido no município de Anapurus, MA, localizado na mesorregião leste do Maranhão. O solo estudado foi classificado como Latossolo Amarelo distrocóeso formado por sedimentos areoargilosos do Grupo Barreiras. Foram instaladas duas malhas regulares, uma em área com sistema de manejo convencional e a outra com sistema direto, ambas cultivadas com soja. Cada malha consistiu de 50 pontos de coleta, distanciados a 40 m entre si. O solo foi coletado na profundidade de 0,00-0,20 cm. A variabilidade espacial da densidade do solo foi analisada por meio dos parâmetros do semivariograma e pelo interpolador geoestatístico krigagem ordinária. A umidade apresentou dependência espacial moderada para os sistemas de manejo convencional e direto. De acordo com os mapas de krigagem ordinária, o sistema de manejo influenciou na umidade do solo.

**Termos de indexação:** Latosso Amarelo, krigagem ordinária, geoestatística.

### INTRODUÇÃO

Os sistemas de manejo do solo têm grande influência nas características físicas do solo, uma vez que atuam diretamente em sua estrutura, causando modificações na porosidade e densidade e consequentemente afetando a retenção de água (Santos et al., 2012). A umidade exerce uma influência sobre importantes processos no solo e na planta tais como: movimento de água, compactação do solo, aeração do solo e desenvolvimento radicular, sendo o principal fator que estabelecerá o momento em que a resistência do solo se tornará limitante ao crescimento e à produtividade das plantas (Mion et al., 2012). Para corrigir problemas relacionados aos atributos físicos do solo, as

medidas corretivas que usualmente não consideram a inerente dependência espacial das propriedades físicas dos solos (Ramirez-Lopez et al., 2008).

A umidade, assim como muitas outras propriedades do solo, apresenta grande variabilidade no espaço (Zanette et al., 2007, Mion et al., 2012). A identificação de padrões espaciais de distribuição da umidade do solo por meio de ferramentas geoestatísticas, como a krigagem ordinária, permite o manejo localizado de acordo com a necessidade do solo e da cultura (Oliveira et al., 2013). Desta forma, a utilização da geoestatística na região do Leste Maranhense, permitirá entender a variabilidade espacial dos atributos do solo e identificar regiões de manejo específico, evitando-se prejuízos de ordem econômica e ambiental.

Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade espacial da umidade do solo sob dois sistemas de manejo.

### MATERIAS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Anapurus, MA, na Fazenda Unha de Gato, localizado na mesorregião leste do Maranhão, microrregião de Chapadinha, MA nas coordenadas geográficas de 3°45'46"S 43°10'56"W (Figura 1). O clima, segundo a classificação climática de Köppen-Gerger, é do tipo Aw. A estação chuvosa está concentrada entre os meses de janeiro a junho e a estação seca do período de julho a dezembro, com precipitação pluvial média de 1,704 mm, temperatura média anual acima de 26,9 °C, umidade relativa anual entre 70% e 73% (Governo do Estado do Maranhão, 2002).

As áreas escolhidas como experimentais são cultivadas com soja há mais de 20 anos, sendo o relevo de plano a suave ondulado, característico dos solos dos Tabuleiros Costeiros. O solo estudado foi classificado como Latossolo Amarelo distrocóeso (Embrapa, 2006) formado por sedimentos areoargilosos do Grupo Barreiras, característico da unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros (Jacomine et al., 1975).



Foram instaladas duas malhas: uma em área na qual foi utilizado o sistema convencional com área desmatada há vinte anos, utilizando no preparo do solo grade pesada, intermediária, niveladora e subsolagem; outra na qual foi utilizado o sistema de plantio direto utilizando milheto na formação da palhada. Cada malha regular consistiu em 50 pontos de coleta com espaçamento de 40 m na profundidade de 0,00-0,20 cm. (Figura 1).

Para a determinação da umidade do solo foi usado o método termogravimétrico, conforme Embrapa (1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido ( $M_u$ ) e em seguida secá-lo em estufa a 105 °C por 24 horas, e após, determinar sua massa seca ( $M_s$ ).

Inicialmente, foi feita a estatística descritiva dos valores observados de umidade (média, desvio-padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose).

A dependência espacial das amostras foi caracterizada por meio do variograma (Soares, 2006). A modelagem do variograma experimental, seguindo os princípios estabelecidos pela hipótese intrínseca (Isaaks & Srivastava, 1989), foi realizada visando à captação da variabilidade espacial da umidade do solo. O variograma experimental foi determinado por meio do cálculo da variância em razão da distância de separação entre amostras (Equação 1).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Em que,  $\hat{\gamma}(h)$  é a semivariância experimental para uma distância de separação  $h$ ,  $z(x_i)$  é o valor da propriedade no ponto  $i$ , e  $N(h)$  é o número de pares de pontos separados pela distância  $h$ . A escolha do melhor modelo ajustado ao variograma, baseou-se na soma de quadrado dos resíduos (SQR) e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Após a construção dos variogramas, foi utilizada a técnica krigagem ordinária (KO) para a interpolação de valores de umidade em locais não mostrados. A técnica da KO é baseada em uma média móvel ponderada das amostras vizinhas (Equação 2). Os pesos ( $\lambda_i$ ) de cada vizinho são determinados utilizando o modelo de variograma ajustado, resultando em uma estimativa de variância mínima:

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i), \text{ com } \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1,$$

em que,  $\hat{z}(x_0)$  é o valor estimado no ponto 0;  $N$  é o número de valores utilizados na estimação;  $\lambda$  é o

peso associado a cada valor observado, e  $z(x_i)$  é o valor observado no ponto  $i$  (Soares, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, os coeficientes de variação (CV) da umidade do solo, em ambos os sistemas de manejo, foram classificados como variabilidade baixa -  $CV < 12\%$  (Warrick e Nielsen, 1980). Porém o CV dessa variável no sistema de preparo convencional apresentou valor maior se comparados ao do encontrado no sistema de preparo direto. Zanette et al. (2007) também identificaram CV com baixa variabilidade para este atributo nos dois sistemas de manejo. De acordo com Sampaio et al. (2011) o CV, quando utilizado individualmente, não é um bom indicador da variabilidade espacial dos atributos do solo, pois em alguns casos pode mascarar a real interpretação da heterogeneidade espacial sobre os valores médios. Nesse caso, é recomendada a utilização da análise geoestatística.

O atributo analisado apresentou dependência espacial, ajustando-se ao modelo esférico em ambos os sistemas de manejo (Tabela 2). Esse modelo tem sido o mais utilizado para descrever o comportamento de atributos do solo por diversos autores (Cambardella et al., 1994; Oliveira et al., 2013, Oliveira et al., 2014). A umidade, nos dois sistemas de manejo, apresentou grau de dependência espacial (GDE) moderada, segundo classificação de Cambardella et al. (1994). Mesmo resultado obtido por Santos et al. (2012) ao avaliar a variabilidade espacial da umidade após cultivo com soja.

De acordo com o alcance dos variogramas (Tabela 2), verifica-se que a umidade apresentou maior valor de alcance para o solo com preparo convencional, o que indica uma menor variabilidade dessa variável para este sistema de manejo. Assim, a análise dos alcances contradiz a variabilidade inferida unicamente por meio da estatística descritiva, que demonstrou que a maior variabilidade ocorreu no manejo convencional.

O cálculo das áreas correspondentes aos intervalos de valores interpolados, obtidos dos mapas de krigagem, (Figura 2) permitiu uma análise mais detalhada da umidade nos dois sistemas de manejo. A maior área calculada para a umidade, nos dois sistemas de manejo, foi para os valores pertencentes ao intervalo 10,0-10,8%, sendo que esta área foi maior para o preparo direto (Tabela 3). Assim, podemos inferir que o solo submetido ao manejo direto apresentou maior percentual de umidade em relação ao solo submetido ao manejo convencional. Esse fato decorre devido à proteção da superfície do solo por camada de cobertura



morta não revolvida, além disso, o solo no plantio direto permanece, após uma chuva, com graus mais elevados de umidade por maior período de tempo (Vieira & Muzilli, 1984).

## CONCLUSÕES

A umidade apresenta dependência espacial moderada para os sistemas de manejo convencional e direto.

De acordo com os mapas de krigagem ordinária, o sistema de manejo influencia na umidade do solo.

## REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. & KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 58:1.501-1.511, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Universidade Federal do Maranhão. Atlas do Maranhão. São Luís: GEPLAN, 2002. 39p
- ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R. M. A introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, 1989. 592 p.
- JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; PESSOA, S.C.P. & SILVEIRA, C.O. Levantamento exploratório. Reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, Embrapa, Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975. 531p. (Boletim Técnico, 35).
- MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.
- OLIVEIRA, I. R.; TEIXEIRA, D. B.; PANOSSO, A.R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Modelagem e quantificação da incerteza espacial do potássio disponível no solo por simulações estocásticas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.49, n.9, p.708-718, 2014.
- OLIVEIRA, I. R.; TEIXEIRA, D. B.; PANOSSO, A.R.; CAMARGO, L.A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Modelagem geoestatística das incertezas da distribuição espacial do fósforo disponível no solo, em área de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.1481-1491, 2013.
- RAMIREZ-LOPEZ, L.; REINA-SANCHEZ, A.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. Variabilidad espacial de atributos físicos de un Typic Haplustox de los Llanos Orientales de Colômbia. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.55-63, 2008.
- SAMPAIO, M.S.P.; ALVES, M.C.; SILVA, F.M.; POZZA, E.A. & OLIVEIRA, M.S. Avaliação do comportamento da variabilidade espacial do fósforo remanescente no solo de lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., Curitiba, 2011. Anais... Curitiba, Sociedade Brasileira de Sensoriamento Remoto, 2011. p.9203-9210.
- SANTOS, D.; SOUZA, E.G.; NÓBREGA, L. H. P.;BAZZI,C. L.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho após cultivo de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.8,p.843–848, 2012.
- SOARES, A. Geoestatística para ciências da terra e do ambiente. 2. ed. Lisboa: IST Press, 2006, 214 p.
- Vieira, M. J.; Muzilli, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, 1984.
- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed.Applications of soil physics. New York, Academic, 1980. p. 319-344.
- ZANETTE, S. V., SAMPAIO, S.C, SILVESTRE M.G, BOAS M. A. V., URIBE-OPAZO, M. A., QUEIROZ, M. M. F, Análise Espacial da Umidade Do Solo Cultivado Com Soja Sob dois Sistemas de Manejo *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola Ambiental*, v.11, n.3, p.239–247, 2007.

Tabela 1. Estatística descritiva da umidade para os sistemas de manejo convencional e direto.

Atributo	N	Média	CV	Ass.	Curt.
Umidade MC <sup>(1)</sup>	50	1,506	1,217	0,26	0,02
Umidade MD	50	1,591	0,796	-0,07	0,15

Umidade MC= umidade para o manejo convencional; umidade MD= Umidade para manejo direto; N=número de dados; DP=desvio-padrão; CV=coeficiente de variação (%); Ass.=coeficiente de assimetria; Curt.=coeficiente de curtose.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para os sistemas de manejo convencional e direto.

Atributo	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	Alcance	GDE (%)	R <sup>2</sup>	SQR
Umidade MC <sup>(1)</sup>	Esférico	0,003	0,0064	134,3604	48,2057	0,8900	3,93E-07
Umidade MD	Esférico	0,0033	0,0082	104,8215	40,4982	0,86650	8,74E-07

Umidade MC= umidade para o manejo convencional; umidade MD= Umidade para manejo direto; C<sub>0</sub>=efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>=patamar; GDE=grau de dependência espacial  $(C_0/(C_0+C_1))*100$ ; R<sup>2</sup>=coeficiente de determinação; SQR=soma de quadrado dos resíduos; (1) transformação logarítmica.

Tabela 3. Cálculo de área dos mapas de krigagem para os valores de umidade

Escala da umidade (%)	Area MC, m <sup>2</sup>	Area MD, m <sup>2</sup>
8,4-9,2	291	4
9,2-10,0	17.719	6.876
10,0-10,8	31.963	37.504
10,8	7.627	13.216

MC= manejo convencional; MD= manejo direto

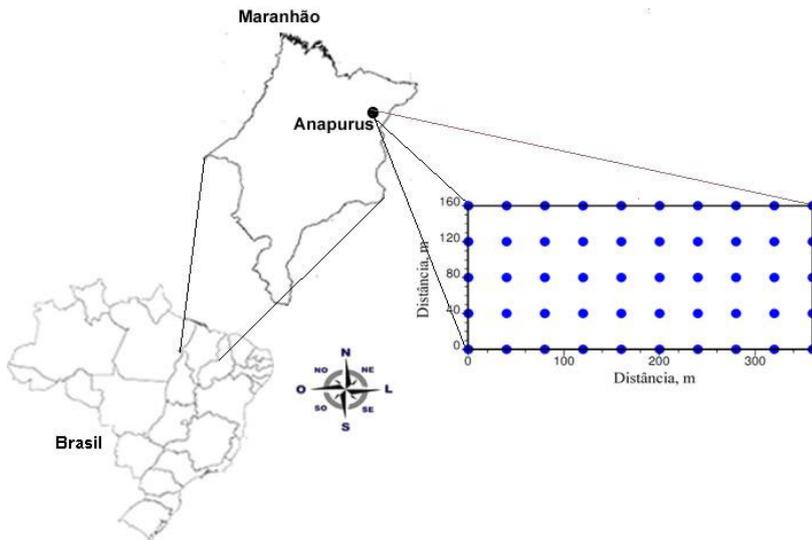


Figura 1. Localização da malha amostral utilizada.

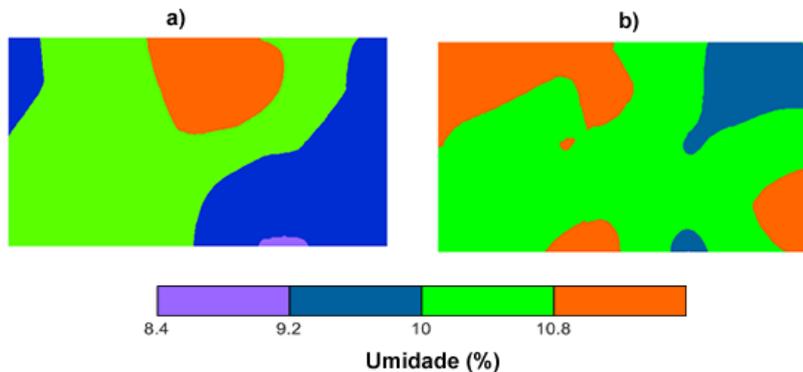


Figura 2. Mapas de krigagem: umidade do solo (%) para os sistemas de manejo convencional (a) e direto (b)