



## Variabilidade espacial da densidade relativa de um Latossolo Vermelho sob cultivo mínimo<sup>(1)</sup>.

**Lucas de Souza Ferreira<sup>(2)</sup>; Fabricio Tomaz Ramos<sup>(3)</sup>; João Carlos de Souza Maia<sup>(4)</sup>; Rivanildo Dallacort<sup>(5)</sup>; Márcio William Roque<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho custeado pela Fundação de Apoio à Cultura da Soja (FACS) em parceria com a Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso (APROSOJA);

<sup>(2)</sup> Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT, Tangará da Serra-MT, lucas-jna@hotmail.com;

<sup>(3)</sup> Pós-graduandos em Agricultura Tropical - UFMT, Cuiabá-MT, fabricio.tomaz@hotmail.com;

<sup>(4)</sup> Professor, pesquisador, UFMT, Cuiabá-MT, jotace@terra.com.br;

<sup>(5)</sup> Professor, pesquisador, UNEMAT, Tangará da Serra-MT, rivanildo@unemat.br.

**RESUMO:** O estudo da variabilidade espacial da densidade relativa do solo é importante para visualizar possíveis camadas compactadas e auxiliar nas tomadas de decisões. A densidade relativa quando comparada a outros métodos usualmente utilizados para diagnosticar possíveis camadas compactadas permite determinar o grau de compactação do solo, além de ser facilmente interpretada. Deste modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da densidade relativa um Latossolo Vermelho Distrófico tipo manejado sob cultivo mínimo. O trabalho foi realizado na Fazenda Espigão localizada no município de Diamantino do Estado de Mato Grosso nas latitudes de 14°07'40'' S, longitude de 56°58'39'' W e altitude de 539 metros. Foram coletadas 117 amostras deformadas de solo em uma malha irregular estratificada na camada de 0-0,20 m, os dados foram analisados pela estatística descritiva e análise geoestatística. Verificou-se que a variabilidade espacial da densidade relativa pode ser utilizada como um indicador do solo para quantificar o seu grau de compactação na área, sendo uma alternativa para o manejo localizado do solo. Os dados ajustaram-se ao modelo do semivariograma experimental exponencial com forte dependência espacial e alcance de 75 m.

**Termos de indexação:** Atributos físicos do solo, manejo do solo, plantio direto.

### INTRODUÇÃO

A compactação do solo em áreas agrícolas é um dos entraves para maximização da produção. Dentre as técnicas para avaliar a compactação do solo a densidade relativa (Dr) tem sido uma alternativa promissora, pois permite conhecer o real grau de compactação do solo (Beutler et al. 2005), além de ser facilmente interpretada.

Carter (1990) verificou que Dr entre 0,77 e 0,84 é favorável para o desenvolvimento de cereais em solo de textura média e franco arenoso, respectivamente. Lindstron & Voorhees (1994)

verificaram que a maioria das culturas desenvolve bem com Dr abaixo de 0,86, por não causa resistência à penetração das raízes e favorecer a aeração e a infiltração de água no solo, já valores de Dr abaixo de 0,80 pode diminuir a retenção de água no solo por aumentar a macroporosidade. Em Latossolo Vermelho sob plantio direto Rosset et al. (2012) verificaram que Dr acima de 0,86 reduziu a produtividade de soja.

Nesse sentido, o estudo da variabilidade espacial da Dr pode ser uma alternativa para identificar área com diferentes graus de compactação, sendo de fundamental importância para que as tomadas de decisões possam ser realizadas de forma racional, isto é, realizar operações agrícolas apenas em sítio específico, minimizando os custos de produção e impacto ambiental.

Assim, objetivou-se no presente trabalho a variabilidade da densidade relativa de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, manejado sob cultivo mínimo.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Local de estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Espigão localizada no município de Diamantino do Estado de Mato Grosso nas latitudes de 14°07'40'' S, longitude de 56°58'39'' W e altitude de 539 metros. O solo da unidade experimental foi classificado LATOSSOLO VERMLHO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo plano (Santos, 2013).

#### Procedimentos de amostragem

Foi delimitada uma área 9,99 ha de um talhão de 56 ha cultivado com soja e milho em sucessão sob cultivo mínimo a 12 anos. Os pontos amostrais foram georreferenciados por meio do sistema de posicionamento por satélites "Glonass", utilizando o equipamento modelo Topcon Hiper Lite® com a coletora FC200, com erro máximo de 5 mm, em esquema de amostragem do tipo irregular



estratificada, isto é, com uma direção definida, totalizando 117 observações.

Nesses pontos foram coletadas amostras do tipo indeformadas utilizando um amostrador de "kopeck", as quais foram transportadas para o laboratório de física do solo da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso (FAMEV/UFMT) onde foi determinar a densidade do solo conforme Embrapa (2011). Para determinar a curva de compactação coletou-se 9 kg de solo em um transecto com auxílio de um trado holandês de 0,20 m, a sua determinação foi realizada utilizando um Proctor normal conforme a norma NBR 7182 (ABNT, 1986). Assim, a Dr foi obtida pela relação entre a densidade do solo e máxima obtida no ensaio de Proctor normal (Klein, 2006).

#### Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à estatística descritiva (mínima, média, máxima, desvio-padrão e coeficiente de variação) através do software ASSISTAT versão 7.5 beta (Silva & Azevedo, 2009). Em seguida, os dados foram analisados quanto à dependência espacial. O ajuste do semivariograma foi realizado utilizando-se os parâmetros de efeito pepita (Co), o alcance (Ao) e o patamar (Co + C). Os critérios para ajuste e seleção do melhor modelo foram: a) menor soma de quadrados de resíduos (SQR) e, b) maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). A decisão final do modelo que representou o melhor ajuste foi realizada pela validação cruzada, utilizando o *Gamma Design Software* (GS<sup>+</sup>) (Robertson, 2008).

O grau de dependência espacial dos semivariogramas foi avaliado conforme sugestões de Cambardella et al. (1994). O mapa de distribuição espacial foi realizado no programa Surfer © 9.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentaram distribuição assimétrica a direita ( $C_s > 0$ ) e curtose platicúrtica ( $C_k < 0$ ). Mesmo os dados sendo assimétrico, estes foram normais pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) ao nível de 5% ( $P > 0,05$ ) de erro (Tabela 1). Segundo Landim (2006) dados normais em geoestatística apresenta melhor resultado no processo de krigagem, uma vez que se trata de um estimador linear. Verifica-se ainda que o coeficiente de variação (CV) indica homogeneidade dos dados conforme critérios de Warrick e Nielsen (1980).

Na Tabela 2, observa-se que os dados ajustaram ao modelo exponencial do semivariograma experimental com coeficiente de determinação

maior que 90% de explicação e alcance de 75 m. Segundo Panosso et al. (2008) o alcance é a distância máxima de variabilidade espacial, sendo importante para o planejamento de futuras amostragem caso as condições sejam as mesmas do solo em estudo.

Ainda analisando a Tabela 2, nota-se forte dependência espacial ( $E\% < 25\%$ ) de acordo com os critérios proposto por Cambardella et al. (1994). O modelo foi avaliado pela validação cruzada, mesmo verificando coeficiente de determinação ( $r^2$ ) relativamente baixo a regressão foi altamente significativa sendo uma dos critérios para proceder ao processo de krigagem.

Na Figura 1, é apresentado o mapa de variabilidade espacial da Dr, verificou-se que os maiores valores ocorrem na região oeste (0,87) e os menores valores na região sudeste do mapa (0,78). Já a maior abrangência do mapa foi com Dr de 0,81. A variabilidade da Dr na área pode estar relacionada com o tráfego de máquinas agrícolas durante as operações de semeadura e colheita, sobretudo com umidade do solo inadequada. Para Silva et al. (2003) o aumento da densidade no solo depende do tipo de pneu, pressão de inflagem, pressão de contato, umidade do solo, profundidade de trabalho e especificações técnicas dos implementos utilizados.

Em áreas de cultivo com citricultura, Lima et al. (2004) verificaram que a heterogeneidade da compactação do solo aumenta na linha de plantio, entre rodado, rodado das máquinas e implementos agrícolas e projeção da copa das plantas cítricas.

De acordo com a classificação proposta por Lindstron & Voorhees (1994) os valores de Dr apresentado no mapa são considerados favorável para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas. Porém, são importantes trabalhos futuros que comprovem se realmente estes valores são favoráveis para as condições em estudo, pois Torres e Saraiva (1994) relatam que a Dr crítica para o desenvolvimento das culturas cultivadas pode variar com o tipo de solo, clima e com a espécie cultivada.

Contudo, fica evidente que por meio do estudo da variabilidade espacial da densidade relativa do solo é possível identificar sítio específico com diferente grau de compactação do solo. Assim, na comprovação de algum desses sítios que prejudique o desenvolvimento das culturas é possível realizar ações de manejo localizado, visando minimizar custo de produção com menor impacto ambiental.

## CONCLUSÕES

A variabilidade espacial da densidade relativa pode ser utilizada como um indicador do solo para



quantificar o seu grau de compactação na área, sendo uma alternativa para o manejo localizado do solo. Os dados ajustaram-se ao modelo exponencial com forte dependência espacial e alcance de 75 m.

### AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio Cultura da Soja (FACs), pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor. Os agradecimentos são extensivos ao Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso (FAMEV), por ceder o espaço físico para realização da pesquisa e a Fazenda Espigão pela concessão da área experimental.

### REFERÊNCIAS

- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. et al. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 29:843-849, 2005.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1501-1511. 1994.
- CARTER, M. R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Canadian Journal of Soil Science*, 70:5-433, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. revista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 225p.
- KLEIN, V. A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 5:26-32, 2006.
- LANDIM, Paulo M. Barbosa. Sobre Geoestatística e mapas. *Terrae didática*, 2006, 2:19-33, 2006.
- LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. et al. heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-amarelo solúcio pomar de laranja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 409-414, 2004.
- LINDSTRON, M. J & VOORHEES, W. B. Response of temperate crops to soil compaction. In: Soane BD, Van Ouwerkerk C. *Soil compaction in crop production*, London: Elsevier. p. 265-286, 1994.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> em Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. *Engenharia Agrícola*, 28:227-236, 2008.
- ROBERTSON, G. P. GS<sup>+</sup>: GeoStatistics for the environmental sciences. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA, 2008. 71p.
- ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F.; OLIVEIRA, P. R. et al. Atributos Físicos nos Tempos de Adoção de Manejos em Latossolo Cultivado com Soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:367-376, 2012.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. Sistema Brasileira de classificação do solo. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- SILVA, R. B.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A. M. et al. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:973-983, 2003.
- TORRES, E. & SARAIRA, O. F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Tiragem: Embrapa soja (Circular técnica, 23), 1994.
- 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 Press, 1980. 350p.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da densidade relativa do solo, Fazenda Espigão em Diamantino, MT.

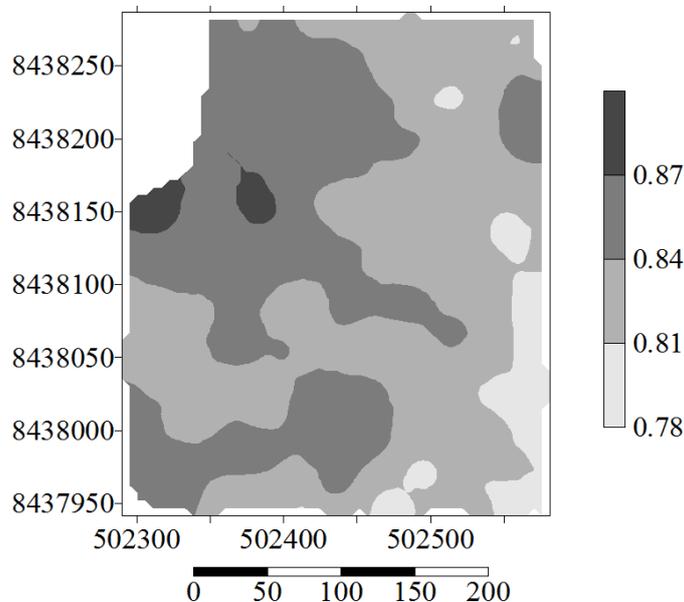
Atributo	Máxima	Média	Mínima	DP	CV (%)	Cs	Ck	p-valor
Dr	0,904	0,835	0,726	0,030	3,624	0,10	- 0,44	0,341 (w)

Dr – Densidade relativa DP – desvio padrão, CV (%) – coeficiente de variação, Cs - Assimetria (Cs > 0 tem-se a distribuição assimétrica à direita, se Cs < 0 a distribuição é assimétrica à esquerda; e se Cs = 0 a distribuição é simétrica), Ck - Curtose (Ck = 0 a distribuição é mesocúrtica, se Ck < 0 é platicúrtica e se Ck > 0 é leptocúrtica) e e p-valor - teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) ao nível de 5% (P > 0,05) de erro.

**Tabela 2.** Modelos e parâmetros estimados pelos semivariogramas experimentais e validação cruzada da densidade relativa do solo, Fazenda Espigão em Diamantino, MT.

Variáveis	Modelos	R <sup>2</sup>	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A (m)	E (%)	Validação cruzada	
							r <sup>2</sup>	P Teste F
Dr	Exponencial	0,932	0,00015	0,00072	75,000	20,833	0,243	< 0,0001

Dr – Densidade relativa do solo, R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação, C<sub>0</sub> – efeito pepita, C<sub>0</sub>+C – patamar, A – Alcance e E (%) – coeficiente de efeito pepita (E% < 25; 25 < E% < 75 e E% > 75 indica forte, moderada e baixa dependência espacial, respectivamente), r<sup>2</sup> - coeficiente de determinação da validação cruzada e P Teste F - probabilidade de Fcalculado>Ftabelado ao nível de 5% de erro pelo teste F



**Figura 1.** Mapa da variabilidade espacial da densidade relativa do solo, Fazenda Espigão em Diamantino, MT.