

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM CULTIVO DE TIFTON 85

**EUDOCIO RAFAEL O. DA SILVA<sup>1</sup>, STEPHANY DA COSTA SOARES<sup>2</sup>, JOÃO H. GAIA GOMES<sup>3</sup>, MURILO MACHADO DE BARROS<sup>4</sup>, MARCOS GERVASIO PEREIRA<sup>5</sup>, LUISE MARIA M. DOS SANTOS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mestrando em Eng<sup>o</sup> Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica – RJ, Fone: (21) 97234.5249, eudociootavio@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica – RJ

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola e Ambiental, Doutorando em Ciências do Solo, IA/UFRRJ, Seropédica – RJ

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia, IT/UFRRJ, Seropédica - RJ

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Ciências do Solo, IA/UFRRJ, Seropédica - RJ

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** A resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) tem sido frequentemente utilizada como indicador da compactação do solo e está diretamente relacionada ao desenvolvimento das plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da RMSP em cultivo de Tifton 85. A área experimental localiza-se na UFRRJ, Município de Seropédica/RJ, sendo cultivada Tifton 85. Foram distribuídos na área 50 pontos georreferenciados, sob uma malha irregular, para a realização de ensaios de RMSP, nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. E a partir destes parâmetros foram realizadas análises de estatística descritiva, geoestatística e geração de mapas de variabilidade. Foi possível verificar que os valores médios de RMSP demonstraram um aumento de acordo com a profundidade, sendo classificados como altos (2 – 4 Mpa). O grau de dependência espacial foi forte e os parâmetros estudados se ajustaram ao semivariograma de modelo exponencial. A elaboração de mapas permitiu a observação da variabilidade espacial da RMSP em uma área cultivada com o capim Tifton 85. Estes fatores podem servir e serem utilizados para futuros estudos e na elaboração de zonas de manejo.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, compactação do solo, krigagem ordinária.

### SPATIAL VARIABILITY OF MECHANICAL RESISTANCE OF SOIL TO CULTURE PENETRATION OF TIFTON 85

**ABSTRACT:** Soil mechanical resistance to penetration (RMSP) has often been used as an indicator of soil compaction and is directly related to the development of plants. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of RMSP in Tifton 85 cultivation. The experimental area is located at UFRRJ, in the municipality of Seropédica / RJ, being cultivated Tifton 85. A total of 50 georeferenced points were distributed in the area under an irregular mesh, for the realization of RMSP tests, in the depths of 0-0,20 and 0,20-0,40 m. From these parameters, descriptive statistics, geostatistics analysis and generation of variability maps were performed. It was possible to verify that the mean RMSP values showed an increase according to the depth, being classified as high (2 - 4 Mpa). The degree of spatial dependence was strong and the parameters studied fit the exponential model semivariogram. The mapping allowed the observation of the spatial variability of AMSY in an area cultivated with Tifton 85 grass. These factors can serve and be used for future studies and the elaboration of management zones.

**KEYWORDS:** precision agriculture, soil compaction, ordinary kriging.

**INTRODUÇÃO:** A Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é uma gramínea que foi desenvolvida para atingir altos níveis de produtividade e qualidade forrageira (GOMES et al., 2015). Entretanto, seu cultivo pode ser comprometido devido ao intensivo uso dos solos e a utilização de máquinas e equipamentos pesados que podem levar à degradação das condições físicas e, principalmente ao incremento da compactação do solo. A resistência do solo à penetração tem sido frequentemente utilizada como indicador da compactação do solo e está diretamente relacionada ao desenvolvimento das plantas, sendo influenciada pelo conteúdo de água (umidade), textura e pela condição estrutural do solo (CAMPOS et al., 2012). Neste contexto, técnicas da Agricultura de precisão tem procurado explicar e estabelecer as relações existentes entre atributos do solo e da planta por meio da geoestatística. Esta ferramenta busca a identificação das variáveis dependentes que apresentam variabilidade espacial e que podem influenciar na tomada de decisão quanto às práticas de manejo do solo e da cultura (BASSO et al., 2011; MONTANARI et al., 2015). Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração do solo em cultivo de Tifton 85.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área experimental localiza-se na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Município de Seropédica/RJ. A área de estudo é de 39.067,71 m<sup>2</sup> (3,91 ha) no qual é cultivado o capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.). O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (SANTOS et al., 2018). Foram amostrados 50 pontos georreferenciados utilizando a estação total Leica TPS 33 Basic. Para a caracterização da Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP) retirou-se 4 subamostras por ponto. A RMSP foi mensurada até a profundidade de 0,40 m utilizando um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de cone de 30°. Os dados foram subdivididos em camadas de 0,2 em 0,2 m, nas profundidades de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. A umidade média do solo no momento da análise era de 26,7%. Os resultados obtidos foram submetidos à estatística descritiva e análise geoestatística utilizando-se o sistema computacional estatístico R. No estudo da estatística descritiva, utilizou-se a biblioteca *agricolae* (DELGADO, 2018). Para a análise geoestatística, utilizou-se as bibliotecas *gstat*, *sp*, *rgdal*, *geoR* do Programa R (RIBEIRO & DIGGLE, 2001). Foram calculados os semivariogramas de acordo com a proposição realizada por VIEIRA et al. (1983).

Os modelos de semivariogramas testados foram o exponencial, esférico e gaussiano. Para a determinação do melhor modelo ajustado de semivariograma foi escolhido aquele que apresentava a menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e o melhor valor de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) dentre os modelos. O grau de dependência espacial dos atributos foi verificado utilizando-se a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994). Em seguida, os dados foram exportados para o *software* ArcGis® 10.5.2 (ESRI, 2016) e realizou-se sua interpolação por krigagem ordinária, obtendo-se os mapas de variabilidade para cada parâmetro estimado na projeção nas coordenadas métricas UTM. Estes mapas gerados foram divididos em diferentes classes, e posteriormente, definidos de acordo com os índices de resistência mecânica do solo à penetração proposto por BEUTLER et al. (2001): RMPS Extremamente Baixa: < 0,01 Mpa; Muito Baixa: 0,01 - 0,1 Mpa; Baixa: 0,1 - 1,0 Mpa; Moderada: 1,0 - 2,0 Mpa; Alta: 2,0 - 4,0 Mpa; Muito Alta: 4,0 - 8,0 Mpa; Extremamente Alta: > 8,0 Mpa.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados referentes à estatística descritiva da RMSP, em 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Estatística descritiva dos atributos químicos do solo coletados sobre malhas em duas camadas do perfil

RMSP (MPa)	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	CV (%)	Assimetria	Curtose
0,0-0,20 m	0,70	2,25	2,18	4,27	35%	0,52	0,44
0,20-0,40 m	2,06	3,08	3,02	4,96	24%	0,96	0,55

Os valores médios de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) demonstraram um aumento de acordo com a profundidade, além seus valores mínimo e máximo apresentarem o mesmo comportamento. De acordo com a classificação de BEUTLER et al. (2001) os valores médios de RMSP são classificados como alto. Os valores de assimetria, curtose, média e mediana indicam normalidade dos dados. A normalidade dos dados permite uma melhor predição dos valores não amostrados por meio da geoestatística, contudo não é uma exigência, apenas uma característica desejável (ISAACS e SRIVASTAVA, 1989).

O coeficiente de variação (CV) foi de 35% e 24 % para as profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, respectivamente, indicando média variação dos dados ( $12\% \leq CV < 62\%$ ) de acordo com a classificação proposto por WARRICK & NIELSEN (1998). Santos et al. (2012) associa os valores de CV ao grau de heterogeneidade da área, de modo que quando maior o CV, maior a variabilidade dos atributos na área. Os resultados referentes à análise geoestatística encontram-se na Tabela 2, evidenciando os modelos dos semivariogramas, o alcance obtido e o grau de dependência espacial entre as amostras da área em estudo.

TABELA 2. Componentes da semivariância e Grau de dependência espacial (IDE) dos atributos químicos do solo em duas camadas do perfil

RMSP (Mpa)	Modelo <sup>(1)</sup>	Semivariância			A <sup>(5)</sup> (m)	GDE <sup>(6)</sup>	Classe <sup>(7)</sup>	R <sup>2</sup> <sup>(8)</sup>	SQR <sup>(9)</sup>
		C0 <sup>(2)</sup>	C1 <sup>(3)</sup>	C0+C1 <sup>(4)</sup>					
0,0-0,20 m	Exp	0,04	0,57	0,61	76,3	6,55	F	91,4	<0,01 <sup>(10)</sup>
0,20-0,40 m	Exp	0,10	0,54	0,64	88,5	15,54	F	91,2	<0,01

<sup>1</sup>Modelo = Exp – Exponencial; <sup>2</sup>C0 = Efeito pepita; <sup>3</sup>C1 = Contribuição; <sup>4</sup>C0 + C1 = Patamar; <sup>5</sup>A = alcance; <sup>6</sup>GDE = Grau de dependência espacial  $(C0/(C0+C1))*100$ ; <sup>7</sup>Classe = F - Forte, M - Moderada; <sup>8</sup>R<sup>2</sup> = Coeficiente de Determinação; <sup>9</sup>SQR = Soma do quadrado dos resíduos; <sup>10</sup><0,01 = valores menores que 0,01.

Os semivariogramas de RMSP apresentaram um melhor ajuste ao modelo exponencial nas duas profundidades estudadas. Todos os dados analisados apresentaram coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) acima de 90%, ou seja, no mínimo 90% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. O grau de dependência espacial (GDE) foi caracterizada como forte de acordo com CAMBARDELLA et al. (1994). A forte dependência espacial de características do solo é atribuída a fatores intrínsecos tais como material de origem, mineralogia e textura (CAMBARDELLA et al., 1994).

Os alcances obtidos na área estudada foram 76, 3 m para 0-0,20 m e 88,5 m em 0,20-0,40 m. Estes dados indicam a distância máxima de valores correlacionados entre si nas suas respectivas profundidades. Além disso, de acordo com MEDEIROS (2015), este parâmetro também indica a distância máxima que as amostras podem ser coletadas, antes de apresentar um comportamento aleatório, como ocorre na estatística clássica.

Os mapas de RMSP estão representados a seguir (Figura 1), divididos em cinco intervalos de classes diferentes, representando a variação da RMSP do menor valor para o maior, respectivamente.

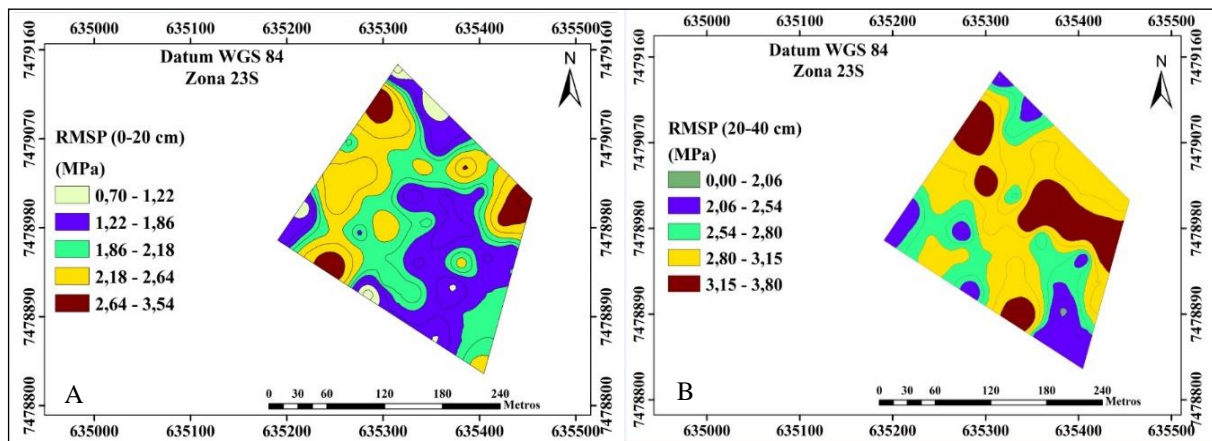


FIGURA 1. Mapas de variabilidade espacial da RMS (MPa) em 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B).

Em um estudo sobre a compactação do solo e distribuição do sistema radicular de plantas em uma área de Tifton, RAIMUNDO et al. (2016) observaram que houve compactação na camada de 0,20-0,40 m, assim como neste trabalho, interferindo negativamente no desenvolvimento radicular da cultura.

**CONCLUSÕES:** A elaboração de mapas permitiu a observação da variabilidade espacial da RMS em uma área cultivada com o capim Tifton 85. Estes fatores podem servir e serem utilizados para futuros estudos e na elaboração de zonas de manejo.

## REFERÊNCIAS

- BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. Minas Gerais, Viçosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM. Roraima, Boa Vista. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 09-16, 2012.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) Inc. **ArcGIS® 10.5: New Release Transforms Enterprise GIS**. Redlands, 2016.
- GOMES, E. P. et al. Produtividade de pastagem de capim tifton 85 irrigado e sobressemeada com forrageiras de inverno. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 123-128, 2015.
- MEDEIROS, J. L. F. **Variabilidade espacial da resistência à penetração e do teor de água em solo cultivado com cana-de-açúcar no litoral sul potiguar**. 51 f. 2015. Dissertação. Mestrado em Manejo de Solo e Água. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró-RN. 2015.
- RAIMUNDO, C. S. et al. Compactação do solo e distribuição do sistema radicular de plantas em diferentes áreas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Dianópolis. In: Jornada de Iniciação Científica e Extensão, 7, 2016. Tocantins. **Anais... Tocantins: IFTO-TO**, 2016. p. 10.
- VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. 1. ed. New York: Oxford University, 1989. 561 p.