



## Distribuição espacial das frações granulométricas do solo da Fazenda Experimental Lageado – Botucatu/SP

Donizeti Aparecido Pastori Nicolete<sup>(1)</sup>; Sara Maciel Penachio<sup>(1)</sup>; Luis Gustavo Frediani Lessa<sup>(1)</sup>; Diego Augusto de Campos Moraes<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas; Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, Brasil, 18610-307 (dnicolete@gmail.com; sarapenachio@hotmail.com; lgflessa@fca.unesp.br; diegomoraes@fca.unesp.br)

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo a aplicação de técnicas geoestatísticas no estudo da variabilidade espacial das frações granulométricas do solo da Fazenda Experimental Lageado em Botucatu-SP. A malha amostral é composta por 95 pontos com disposição espacial irregular, onde foram coletadas amostras deformadas de solo na profundidade de 0-20 cm, as quais foram submetidas a análises granulométricas. Para a espacialização dos dados utilizou-se o método da krigagem dos resíduos, uma vez que foi verificada a presença de tendência regionalizada. Foram ajustadas superfícies de tendência lineares às diferentes frações granulométricas e ao variograma dos resíduos um modelo esférico. Os resíduos da areia e silte mostraram-se com alto grau de dependência espacial, já os resíduos da argila apresentou uma dependência espacial moderada.

**Termos de indexação:** Textura do solo; Geoestatística; Krigagem dos resíduos.

### INTRODUÇÃO

O solo pode ser composto por três frações texturais, sendo elas areia silte e argila. A textura é um atributo pouco variável e importante para a descrição, identificação e classificação de um solo, além de ser um indicativo da permeabilidade do mesmo (KLEIN, 2008; ALAM, 2015; REICHERT, 2016)

Para Biswas (2018), existe uma correlação entre armazenamento de água no solo, relevo e quantidade de areia, sendo que a variabilidade espacial de relevo e quantidade de areia refletem simultaneamente no armazenamento de água no solo.

Sandin et al. (2018) afirmam que ciclos repetidos de irrigação e secagem, em solos recém gradeados de textura fina e média, causam mudanças na superfície, porosidade total, distribuição do tamanho dos poros e a conectividade de grandes poros estruturados. Também afirmam que o decréscimo da porosidade nesses eventos está fortemente correlacionado ao aumento do teor de silte.

Fenômenos naturais tendem a apresentar alguma estruturação na variação entre pontos

próximos no espaço ou no tempo, o que implica em

certo grau de dependência espacial (GUIMARÃES, 2004). A variabilidade espacial pode ser estudada por meio das ferramentas fornecidas pela geoestatística, que se fundamenta na teoria das variáveis regionalizadas (VIEIRA et al, 1981).

Este trabalho teve como objetivo a aplicação de técnicas geoestatísticas no estudo da variabilidade espacial das frações granulométricas do solo (argila, areia total e silte) da Fazenda Experimental Lageado em Botucatu – SP.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo e coleta dos dados

A fazenda Lageado possui uma área de 940,4 hectares e está situada no município de Botucatu – SP entre as coordenadas 48.44880° e 48.41577° de longitude oeste e 22.78623° e 22.85458° de latitude sul, Datum SIRGAS 2000, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA). O clima, segundo a classificação de Koopen é o Cfa, temperado quente (mesotérmico) úmido (CUNHA; MARTINS, 2009).

A malha amostral é composta por 95 pontos com disposição espacial irregular, onde foram coletadas amostras deformadas de solos na profundidade de 0-20 cm, as quais foram submetidas à análises granulométricas para a definição das proporções das frações argila, areia total e silte. As análises foram realizadas no laboratório de física do solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA. Todos os pontos de coleta foram georreferenciados, o que permitiu a espacialização dos mesmos.

#### Análises geoestatísticas

O uso da geostatística se deu visando a verificação da existência e grau da dependência espacial entre os pontos amostrais. Para isso foram construídos variogramas experimentais de acordo com a Equação 1.

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



Onde,  $\gamma(h)$  é semivariância para uma distância  $h$ ,  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$ , separados por uma distância  $h$ .

A partir do variograma experimental, são ajustados modelos, os quais serão utilizado no processo de interpolação por krigagem ordinária.

No entanto esse método supõe um comportamento estacionário para a variável em análise, onde o  $\gamma(h)$  assuma valores semelhantes a partir de uma certa distância.

No caso desse critério não ser atendido, assume-se, que a variável apresenta tendência regionalizada. Para os dados desse trabalho verificou-se a presença de tendência, com isso, foi adotada a metodologia da krigagem dos resíduos (LANDIM, 2003), a qual assemelha-se a outras conhecidas como krigagem universal, krigagem com deriva externa ou ainda regressão krigagem (HENGL et al. 2007).

Para a espacialização das frações granulométricas do solo foi adotada a seguinte sequência de passos:

- Modelagem da tendência por meio da construção de uma superfície de tendência linear, utilizando um polinômio de 1º grau, conforme a Equação 2.

$$Z_i(X, Y) = b_0 + b_1X_i + b_2Y_i + e_i \quad (2)$$

Onde  $Z_i(X, Y)$  corresponde à variável mapeada nas posições  $X_i$  e  $Y_i$ ,  $e_i$  representa o resíduo para essa posição.

- Modelagem dos variogramas experimentais (Equação 1) e variogramas teóricos para os valores dos resíduos.
- Interpolação dos valores dos resíduos por meio da krigagem ordinária.
- Soma do mapa da krigagem com a superfície de tendência, por meio de álgebra de mapas, obtendo, assim, a espacialização das frações granulométricas do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As distribuições de frequência e os variogramas experimentais para os conjuntos de dados da argila, areia total e silte, estão apresentados na Figura 1. Nesta observa-se a presença de tendência nos dados, uma vez que os valores da semivariância cresce indefinidamente, sem atingir um patamar.

Apos a modelagem da tendência, foram

obtidos os coeficientes do polinômio de grau 1 (Tabela 1), a qualidade dos ajustes representada pelo coeficiente de determinação  $R^2$  foram de 0,26 para a argila, 0,52 para a areia total e 0,50 para o silte.

Com relação aos resíduos, as distribuições de frequência e variogramas experimentais estão contidos na Figura 2. O modelo esférico foi utilizado para o ajuste do variograma teórico dos resíduos.

Os parâmetros de ajuste dos modelos aos variogramas estão apresentados na tabela 2. Conforme Zimback (2001) os resíduos referentes à argila possui moderada dependência espacial ( $0,25 < IDE < 0,75$ ), já os resíduos da areia total e do silte possuem alto grau de dependência espacial ( $IDE > 0,75$ ).

A espacialização dos resíduos por krigagem ordinária, bem como os mapas finais, resultados da soma entre os mapas de resíduos e as superfícies de tendência, estão apresentados na Figura 3, nesta observa-se que a região norte da área de estudo apresenta os maiores teores de argila, ficando a região sudoeste com uma textura mais arenosa.

## CONCLUSÕES

Os resíduos das três frações granulométricas (argila, areia total e silte) na profundidade de 0 a 20 cm apresentaram dependência espacial, sendo essas interpoladas por Krigagem ordinária, e posteriormente somadas às respectivas superfícies de tendência possibilitaram a espacialização desses atributos do solo para a fazenda Lageado.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos para o primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ALAM, J. et al. Permeability of stratified soils for flow normal to bedding plane. *Aquatic Procedia*, v. 4, p. 660-667, 2015.
- BISWAS, A. Joint multifractal analysis for three variables: Characterizing the effect of topography and soil texture on soil water storage. *Geoderma*, v. 334, p. 15-23, 2018.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação Climática para os municípios de Botucatu e São Manuel – SP. *Revista Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11. 2009.
- GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. UFU/FAMAT. Núcleo de estudos estatísticos e biométricos. 2004. 48 p. Disponível em: <[www.famat.ufu.br/ednaldo/geoest/apgeo1.pdf](http://www.famat.ufu.br/ednaldo/geoest/apgeo1.pdf)>. Acesso em: 10 de ago. 2009.

HENGL, T.; HEUVELINK, G. B. M.; ROSSITER, D. G. About regression-kriging: from equations to case



studies. Computers and Geosciences, Amsterdam, v. 33, p. 1301-1315, 2007.

KLEIN, V. A. Física do solo. 1. Ed. Passo Fundo: Editora UPF, 2008. 212 p.

LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos. 2.ed. Rio Claro: Edunesp, 2003. 253 p.

PETERSON, S. ET al. Spatial variability of Australian soil texture: A multiscale analysis. Geoderma, v. 309, p. 60-74, 2018.

REICHERT, J. M. et al. Land use effects on subtropical, sandy soil under sandzation/desertification processes. Agriculture, Ecosystems and Environment, p. 370-380, out. 2016.

SANDIN, M. et al. Consolidation and surface sealing of nine harrowed Swedish soils. Soil & Tillage Research, v. 181, p. 82-92, 2018.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 45, p.1040-1048,1981.

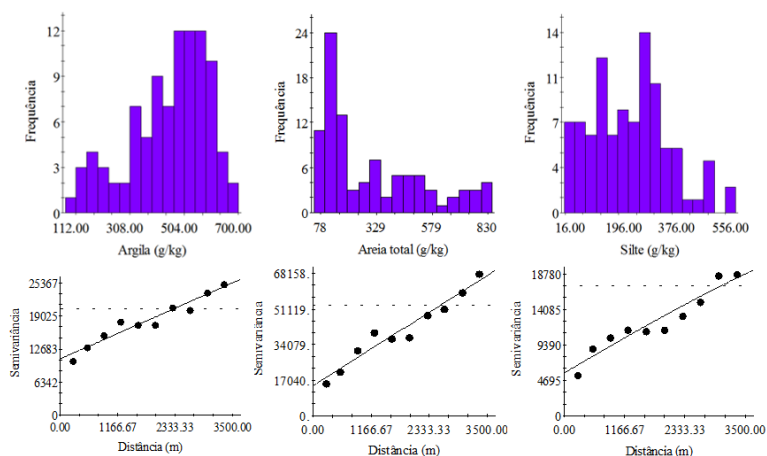
ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade. 2001. 114 f. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do solo e ftopedologia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

**Tabela 1.** Coeficientes e parâmetros das superfícies de tendência para as frações argila, areia total e silte na profundidade de 0 - 20 cm

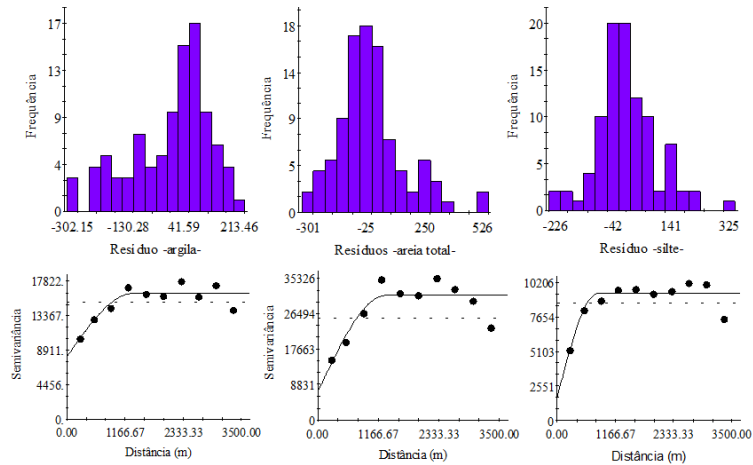
Variável	b0	valor-p	b1	valor-p	b2	valor-p	r	R <sup>2</sup>
Argila	-274782	1,56E-07	0,071165	0,06	0,029558	1,48E-05	0,51	0,26
Areia total	624486,9	3,12E-16	-0,1392	0,01	-0,0693	1,05E-12	0,72	0,52
Silte	-348705	2,39E-15	0,068034	0.03	0,039737	2,02E-12	0,71	0,50

**Tabela 2.** Parâmetros dos variogramas dos resíduos para as frações argila, areia total e silte na profundidade de 0 - 20 cm.

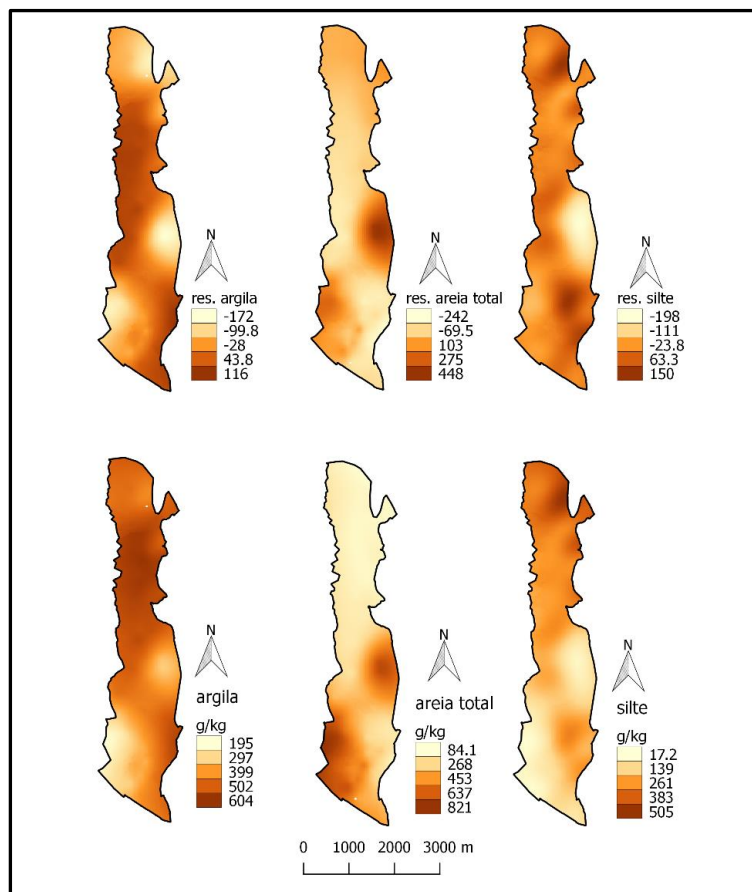
Variável	Modelo	Efeito			Grau de dependência espacial	R <sup>2</sup>
		Pepita (C0)	Patamar (C+C0)	Alcance (A, m)		
Argila	Esférico	81110	16300	1336	0,52	0,79
Areia total	Esférico	7100	31070	1315	0,77	0,74
Silte	Esférico	1730	9400	806	0,82	0,76



**Figura 1.** Histogramas e semevariogramas das frações argila, areia total e silte na profundidade de 0 - 20 cm.



**Figura 2.** Histogramas e semevariogramas dos resíduos das as frações argila, areia total e silte na profundidade de 0 - 20 cm.



**Figura 3.** Mapa da distribuição espacial dos resíduos e das frações argila, areia total e silte na profundidade de 0 - 20 cm.