

## **OTIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ATRIBUTOS FÍSICOS DE MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO**

CLERISON GUSTAVO PEREIRA SOUZA<sup>1</sup>; MARCOS SALES RODRIGUES<sup>2</sup>; AÍRIS LAYANNE FERREIRA LIRA<sup>3</sup>; KÁTIA ARAUJO DA SILVA<sup>4\*</sup>; ALEXANDRE SANTOS DE OLIVEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, c.guga2014@gmail.com;

<sup>2</sup>Dr. em Agronomia, Prof. Adj., UNIVASF, Petrolina-PE, marcos.rodrigues@univasf.edu.br;

<sup>3</sup>Graduanda do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, layannevina@hotmail.com;

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia, UNIVASF, Petrolina-PE, katia\_a.s@outlook.com;

<sup>5</sup>Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, alexandre.sanoli@hotmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi otimizar o número de amostras de solo para a determinação do valor médio de atributos físicos em área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco por meio da geoestatística. O experimento foi realizado na fazenda Barreiro de Santa Fé, onde foram coletadas 56 amostras nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m. Amostras deformadas foram utilizadas para a determinação de textura e amostras indeformadas para a determinação de Ds e PT. Foram estimadas a Ma e Mi. Foram utilizadas a estatística clássica e a geoestatística para determinar o número ideal de amostras de solo para atributos físicos. A recomendação tradicional de 20 subamostras para obtenção de uma amostra composta não foi eficiente na representatividade dos atributos físicos. A geoestatística se mostrou eficiente em relação a estatística clássica na definição do número ideal de amostras para textura do solo, sendo necessárias 0,8 subamostras por ha. A estatística clássica se mostrou eficiente em relação a geoestatística na definição do número ideal de amostras para atributos obtidos a partir da amostra indeformada (Ds, PT, Ma e Mi), sendo necessárias 6 subamostras por ha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, fruticultura, *Mangifera indica* L., semivariograma.

### **OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF SOIL SAMPLES FOR PHYSICAL ATTRIBUTES OF AN IRRIGATED MANGO FIELD IN SEMIARID REGION**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to optimize the number of soil samples for the determination of the mean value of physical attributes in irrigated mango area in the Submédio São Francisco region through of geostatistics. The experiment was carried out at the Barreiro de Santa Fé farm, where 56 samples were collected at depths of 0.0-0.2 m and 0.2-0.4 m. Deformed samples were used for the determination of texture and undisturbed samples for the determination of Ds and PT. Ma and Mi were estimated. Classical statistic and geostatistics were used to determine the ideal number of soil samples for physical attributes. The traditional recommendation of 20 subsamples to obtain a composite sample was not efficient in the representativeness of the physical attributes. Geostatistics was efficient in relation to the classical statistic in the definition of the ideal number of samples for soil texture, requiring 0.8 subsamples per ha. The classical statistic was efficient in relation to geostatistics in the definition of the ideal number of samples for attributes obtained from the undisturbed sample (Ds, PT, Ma and Mi), requiring 6 subsamples per ha.

**KEYWORDS:** Precision agriculture, fruticulture, *Mangifera indica* L., semivariogram.

### **INTRODUÇÃO**

Os polos de irrigação na região do Submédio São Francisco tem grande notoriedade devido a produção de frutíferas. Dentre as frutíferas, destaca-se a mangueira, com produção de 84% do total das mangas exportadas (Treichel et al., 2016). Em virtude disso, é necessária a melhoria das técnicas de

produção da mangueira visando a sustentabilidade do sistema. Nesse contexto, pode ser enfatizada a amostragem, visto que dela depende o sucesso da irrigação da área agrícola (Oliveira et al., 2007).

A irrigação de uma área agrícola é totalmente dependente das condições físicas do solo, tal como a textura, a quantidade e o tamanho dos poros do solo (Rodrigues et al., 2015). Por tanto, as amostras de solo para fins de análises físicas devem reproduzir o mais fielmente possível a condição da área amostrada, utilizando um número mínimo de amostras para estimar o valor médio com certa exatidão (Lima et al., 2010).

Atualmente, são realizadas amostragens de solo utilizando 20 amostras simples para obtenção de uma amostra composta em áreas agrícolas brasileiras, baseadas no clássico estudo de Catani et al. (1954). Essa recomendação é fundamentada na estatística clássica, a qual tem como premissas que as amostras sejam independentes no espaço e apresentem distribuição normal (Wang et al., 2008). No entanto, tem sido verificado que variáveis agrícolas, como os atributos do solo, apresentam frequentemente dependência espacial (Rodrigues et al., 2013; Rodrigues et al., 2014; Lemos-Filho et al., 2017), fazendo-se necessário o uso da geoestatística (Rodrigues et al., 2013).

Alguns trabalhos têm mostrado a eficiência do uso da geoestatística para determinação do número ideal de amostras de solo em relação ao uso da estatística clássica (Souza et al., 2006; Lima et al., 2010; Oliveira et al., 2015). Porém, são desconhecidos na literatura trabalhos que abordem o uso da geoestatística na determinação da densidade amostral em áreas de fruticultura. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi otimizar o número de amostras de solo para a determinação do valor médio de atributos físicos em área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco por meio da geoestatística.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em uma área comercial de 9 ha (797x114 m) de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins com espaçamento de 8x5 m, na fazenda Barreiro de Santa Fé, localizada entre as coordenadas 9°23'37" S e 40°44'35" W, na região do Submédio São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BSh, semiárido, a precipitação é inferior a 500 mm concentrados apenas em três a quatro meses do ano, com médias anuais de temperaturas variando entre 18,7 e 33,6°C.

A amostragem de solo foi realizada na região da projeção da copa da mangueira seguindo uma grade amostral regular contendo 56 pontos georreferenciados espaçados de 56 m entre linhas e 30 m entre plantas, nas profundidades 0-0,2 e 0,2-0,4 m. As amostras de solo coletadas foram do tipo deformadas, utilizando um trado tipo holandês, e indeformadas, utilizando anéis volumétricos.

As amostras deformadas foram utilizadas para a determinação da textura pelo método da pipeta (Donagema et al., 2011). A partir das amostras indeformadas foram determinadas a densidade do solo (Ds) e a porosidade total (PT) segundo Donagema et al. (2011). A macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) foram estimadas por modelo matemático proposto por Stolf et al. (2011), utilizando-se os dados de Ds e do teor de areia.

Foram realizados a análise descritiva dos dados (média, valores máximos e mínimos, coeficiente de variação, coeficientes de assimetria e curtose) e o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados. A geoestatística foi utilizada para estimar a dependência espacial entre as amostras e identificar se as variações foram sistemáticas ou aleatórias. Para isso, foram utilizados modelos de semivariogramas.

Após a confecção do semivariograma, foi realizado o ajuste dos modelos que representam o comportamento espacial da variável em estudo. Foram testados os três modelos mais utilizados para cada semivariograma (Zúvala et al., 2016), os quais são: esférico, exponencial e gaussiano.

A validação cruzada foi utilizada para comparar os modelos e indicar aquele que apresentou os melhores resultados (Sun et al., 2009). Para verificar o grau de dependência espacial foi utilizado o índice de dependência espacial (IDE) proposto por Seidel & Oliveira (2016).

Serão utilizadas duas abordagens para calcular o número ideal de subamostras de solo que sejam representativas da área para estimar o valor médio dos atributos físicos do solo. Uma desconsiderando a dependência espacial das amostras, baseada na estatística clássica, a qual terá o número de subamostras definido através do método de Cline (1944). E outra considerando a espacialidade das amostras, a qual se baseia na geoestatística, onde o número de subamostras será determinado por meio do alcance obtido a partir do semivariograma (Oliveira, et al., 2015).

Para garantir a independência espacial entre as amostras, foi assumido que os pontos de amostragem deverão ser coletados a uma distância equivalente ao dobro do alcance como sugerido por Carvalho et al. (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos relacionados a textura do solo (areia, argila e silte) e a Mi apresentaram dependência espacial, enquanto que a Ds, PT, e Ma apresentaram efeito pepita puro na profundidade 0,0-0,2 m (Tabela 1). A textura é uma das características mais estáveis do solo, estando relacionada aos fatores e processos de formação do solo, sendo pouco influenciada pelo manejo, geralmente possibilitando sua modelagem espacial. Os atributos Ds e PT podem ser muito influenciados pelo manejo (Lemos-Filho et al., 2017), tais como a passagem de maquinários agrícolas e a adição de adubos orgânicos, prática comum no cultivo da mangueira, reduzindo a dependência espacial das amostras e impedindo a modelagem do semivariograma na malha amostral adotada.

Na profundidade de 0,2-0,4 m, todos os atributos apresentaram dependência espacial, com exceção da PT e do silte (Tabela 1). A ausência de dependência espacial do silte é comumente encontrada na literatura (Rodrigues et al., 2015), pois ele é obtido por diferença da análise textural, ocasionando aumento do erro desta fração e, conseqüentemente, impedindo a modelagem espacial. Diferentemente da camada superficial, é possível verificar dependência espacial para as variáveis Ds, Ma e Mi na profundidade 0,2-0,4 m (Tabela 1). Segundo Lemos-Filho et al. (2017), esses atributos sofrem impacto direto do manejo do solo, principalmente, sob a primeira camada, fazendo com que os comportamentos espaciais entre as camadas possuam distribuições espaciais distintas.

**Tabela 1.** Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas dos atributos físicos do solo nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m em área de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins na região do Submédio São Francisco.

Atributo	Modelo	Efeito Pepita ( $C_0$ )	Patamar ( $C_0 + C_1$ )	Alcance (m)	R <sup>2</sup>	SQR	IDE
0,0-0,2 m							
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	EPP	0,00719	0,00719			9,39*10 <sup>-6</sup>	
PT (%)	EPP	13,52154	13,5215			21,5	
Areia (%)	ESF	1,97307	9,49059	201	0,83	10,7	F
Argila (%)	ESF	2,17000	7,80300	184	0,93	1,85	F
Silte (%)	GAU	1,64476	5,04800	52	0,34	5,13	F
Macro (g cm <sup>-3</sup> )	EPP	0,00161	0,00161			4,49*10 <sup>-7</sup>	
Micro (g cm <sup>-3</sup> )	ESF	0,00005	0,00028	203	0,79	1,17*10 <sup>-8</sup>	
0,2-0,4 m							
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	GAU	0,00284	0,01180	55	0,23	5,96*10 <sup>-5</sup>	F
PT (%)	EPP	54,9702	54,9702			1211	
Areia (%)	ESF	2,97120	17,2482	205	0,72	74	F
Argila (%)	ESF	3,16927	13,9200	178	0,65	52,6	F
Silte (%)	EPP	3,58702	3,58702			5,65	
Ma (g cm <sup>-3</sup> )	GAU	0,00122	0,00310	73	0,56	8,87*10 <sup>-7</sup>	F
Mi (g cm <sup>-3</sup> )	ESF	0,00015	0,00030	130	0,56	7,43*10 <sup>-9</sup>	F

Ds = Densidade do solo; PT = Porosidade total; Ma = Macroporosidade; Mi = Microporosidade; EXP = Exponencial; GAU = Gaussiano; PEP = Efeito pepita puro; SQR = Soma de quadrados do resíduo; F = Fraca.

Quanto a distribuição dos tamanho dos poros (Ma e Mi), é possível verificar na Tabela 1 que apenas a Mi apresentou dependência espacial em ambas profundidades. Isto ocorre devido a Mi ser a porosidade intra-agregados, sendo altamente influenciada pela textura, a qual é altamente estável e apresentou dependência espacial. A Ma é a porosidade entre agregados, altamente influenciada pelo teor de matéria orgânica e pelo manejo do solo, principalmente o uso de maquinários agrícolas, reduzindo a dependência espacial e impedindo sua modelagem espacial na profundidade 0,0-0,2 m.

Pode-se verificar na Tabela 1 que o modelo que mais se ajustou aos dados foi o esférico em ambas as profundidades corroborando com os resultados encontrados por Souza et al. (2006), onde a semivariância estimada de todos os atributos físicos ajustou-se ao modelo esférico.

A dependência espacial dos atributos físicos do solo, nas duas profundidades, foi classificada como fraca (Tabela 1) conforme proposto por Seidel & Oliveira (2016). Cambardella et al. (1994) afirmam que a dependência espacial fraca dos atributos do solo pode ser atribuída a fatores extrínsecos, como adubação, calagem, preparo do solo e tráfego de máquinas agrícolas.

Baseado no método proposto por Cline (1944) com 10% de variação em torno da média para a determinação do número ideal de subamostras para estimar atributos físicos do solo, observa-se na Tabela 2 que a argila, nas duas profundidades, e silte e Ma, na profundidade 0,2-0,4 m, necessitariam de um número de subamostras superior ao recomendado (20 amostras simples para obtenção de uma amostra composta).

Ao utilizar o alcance para estimar o número ideal de subamostras dos atributos físicos do solo que apresentaram dependência espacial, verifica-se na Tabela 2 que o silte na profundidade 0,0-0,2 m e Ds e Ma na profundidade 0,2-0,4 m necessitariam de um número maior de subamostras que a recomendada.

Tabela 2. Número mínimo de subamostras para estimar os atributos físicos do solo nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m em área de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins na região do Submédio São Francisco.

Número de subamostras	Atributos						
	Ds	PT	Areia	Silte	Argila	Ma	Mi
Profundidade 0,0-0,2 m							
Cline (10%)	2	3	1	18	43	10	2
Alcance	-	-	5	75	6	-	5
Profundidade 0,2-0,4 m							
Cline (10%)	2	12	1	28	26	54	2
Alcance	68	-	5	-	7	38	12

Ds = Densidade do solo; PT = Porosidade total; Ma = Macroporosidade; Mi = Microporosidade.

Os resultados do presente estudo mostraram que para a recomendação do número ideal de amostras, as variáveis devem ser divididas em dois grupos: variáveis estáveis (textura do solo) e variáveis afetadas pelo manejo (Ds, PT, Mi e Ma). Para as variáveis estáveis, os valores de alcance foram elevados o que indica continuidade espacial e demonstra que a geoestatística foi eficiente para a determinar o número ideal de subamostras. Para as variáveis afetadas pelo manejo, o espaçamento da malha amostral adotada não foi eficiente para capturar a dependência espacial, com exceção da Mi, demonstrando que apenas a estatística clássica pode ser empregada para determinar o número ideal de subamostras.

Como discutido anteriormente, a fração silte é composta de erros advindo da análise textural. Além disso, o conhecimento do teor de areia e argila são suficientes para conhecer a textura de um solo. Portanto, a recomendação do número de amostras para a textura do solo utilizando o método geoestatístico é de 7 subamostras em uma área de 9 ha ou 0,8 subamostras por ha.

Para os atributos obtidos a partir da amostra indeformada (Ds, PT, Ma e Mi), o número ideal de amostras é de 54 subamostras em 9 ha ou 6 subamostras por ha utilizando a estatística clássica.

## CONCLUSÃO

A recomendação tradicional de 20 subamostras para obtenção de uma amostra composta se mostrou ineficiente na representatividade dos atributos físicos em relação as duas abordagens avaliadas em uma área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco.

No presente estudo, a geoestatística foi eficiente para obtenção do número ideal de amostras somente para a textura do solo, indicando a necessidade de 0,8 subamostras por ha.

Para os atributos obtidos pelas amostras indeformadas, a estatística clássica foi eficiente para a obtenção do número ideal de amostras, indicando a necessidade de 6 subamostras por ha.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica ao primeiro e terceiro autor.  
À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao quarto autor.

## REFERÊNCIAS

- Catani, R. A.; Gallo, J. R.; Gargantini, H.; Conagin, A. Amostragem de solo para estudos de fertilidade. *Bragantia*, Campinas, v.14, p.19-26, 1954.
- 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 Science Society of America Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- Cline, M. G. Principles of soil sampling. Baltimore, v. 58, n.2, p. 275-288, 1944.
- Donagema, G. K; Campos, D. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. M. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Lemos-Filho, L. C. A.; Ferreira, L. L. N.; Lyra, D. L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. *Revista Agroambiente, Boa Vista*, v.11, n.1, p.11-20, 2017.
- Lima, J. S. D. S.; Souza, G. S. D.; Silva, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. *Revista Árvore, Viçosa*, v.34, p.127-136, 2010.
- Oliveira, F. H. T.; Arruda, J. A.; Silva, I. F.; Alves, J. C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.31, p.973-983, 2007.
- Oliveira, I. A. D.; Marques Júnior, J.; Campos, M. C. C.; Aquino, R. E. D.; Freitas, L. D.; Siqueira, D. S.; Cunha, J. M. D. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de argissolos da região de Manicoré, AM. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.39, p.668-681, 2015.
- Rodrigues, M. S.; Corá, J. E.; Castrignanò, A.; Mueller, T. G.; Rienzi, E. A Spatial and Temporal Prediction Model of Corn Grain Yield as a Function of Soil Attributes. *Agronomy Journal*, Madison, v.105, n.6, p.1878-1887, 2013.
- Rodrigues, M. S.; Ramos, R. R. D.; Azevedo, T. P.; Patrocínio Filho, A. P.; Oliveira, L. G. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em área de capineira irrigada no semiárido. *Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande*, v.10, n.1, p.161-166, 2014.
- Rodrigues, M. S.; Santana, M. C.; Uchôa, A. L. P.; Menezes, A. X. S. M.; Cavalcante, I. H. L.; Lima, A. M. N. Delineation of management zones based on soil physical attributes in an irrigated guava field in the Semi-Arid region, Brazil. *African Journal of Agricultural Research, Lagos*, v.10, n.45, p.4185-4192, 2015.
- Seidel, E. J.; Oliveira, M. S. D. A classification for a geostatistical index of spatial dependence. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.40, p.1-10, 2016.
- Souza, Z. M. D.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T.; Montanari, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.36, p.829-836, 2006.
- Stolf, R.; Thurler, Á. D. M.; Bacchi, O. O. S.; Reichardt, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.35, p.447-459, 2011.
- Sun, Y.; Kang, S.; LI, F.; Zhang, L. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. *Environmental Modelling & Software, Amsterdã*, v.24, n.10, p.1163-1170, 2009.
- Treichel, M; Kist, B. B.; Santos, C. E.; Carvalho, C.; Filter, C. F. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2016. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 88p.
- Wang, C.; Zuo, Q.; Zhang, R. Estimating the necessary sampling size of surface soil moisture at different scales using a random combination method. *Journal of Hydrology, Amsterdã*, v.352, n.3-4, p.309-321, 2008.
- Zůvala, R.; Fišerová, E.; Marek, L. Mathematical aspects of the kriging applied on landslide in Halenkovice (Czech Republic). *Open Geosciences, Berlin*, v.8, n.1, p.275-288, 2016.