



COMUNICADO
TÉCNICO

239

Sete Lagoas, MG
Novembro, 2019



Variabilidade Espacial dos Teores de Frações Granulométricas em Área sob Experimento de Manejo de Solo de Longa Duração

João Herbert Moreira Viana
Maurílio Fernandes de Oliveira

Variabilidade Espacial dos Teores de Frações Granulométricas em Área sob Experimento de Manejo de Solo de Longa Duração¹

Variabilidade do teor de argila

Variações na distribuição espacial das frações granulométricas podem afetar o comportamento físico e químico dos solos (Hillel, 1998; Jury et al., 1991), e necessitam ser avaliadas para se quantificar seu impacto no desempenho de culturas. Isso é especialmente crítico em experimentos de campo, onde se necessita um adequado controle das variáveis de interesse. Fatores importantes, como a disponibilidade hídrica e a capacidade de retenção de água no solo, estão relacionados às frações, especialmente à argila (Couto; Sans, 2002; Andrade et al., 2007). O teor de argila afeta a disponibilidade de nutrientes e é usado em recomendações de adubação (Ribeiro et al., 1999).

Reichert et al. (2009) descrevem que trabalhos sobre a posição e composição do solo na paisagem podem esclarecer acerca das alterações ocorridas nos processos geomórficos. Estes

processos influenciam, de forma direta, na variabilidade espacial da textura do solo. A avaliação da morfologia superficial do solo contribui na compreensão do comportamento dos seus atributos texturais, observada sua influência na migração de sedimentos e sua capacidade de expressar os processos geológicos e do intemperismo. O gerenciamento da variabilidade espacial pode revelar, também, ambientes distintos de manejo em razão das características do solo no espaço, maximizando seu potencial de uso (Siqueira et al., 2009).

O teor de argila é uma característica do solo pouco influenciada pelo cultivo, principalmente quando estudada em diferentes profundidades. O efeito de sistemas de preparo na variabilidade do teor de argila apresenta diversa conclusão. Por não haver grandes diferenças nos teores de argila, não são passíveis de causar aumento na variabilidade por inversão de camadas, quando das operações de preparo do solo (Souza, 1992). Silveira e Cunha (2002) concluíram que os valores médios de argila variaram conforme o sistema de preparo e a profundidade do solo e com as menores variabilidades. Na camada de

¹Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Agrôn., MSc. Fitotecnia, DSc. Produção vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

zero a cinco centímetros, os valores de argila são maiores no sistema plantio direto do que nos tratamentos com arado de aiveca e com grade aradora. Com relação ao teor de argila, na primeira camada, os tratamentos arado e plantio direto apresentaram significativamente maiores valores do que o tratamento grade, enquanto, na segunda camada, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos grade e plantio direto.

Shing e Oliveira (2011), estudando a variabilidade do teor de argila, concluíram através do semivariograma que houve dependência espacial para o teor de argila.

Caracterização e análise de parâmetros

O experimento vem sendo realizado há 25 anos na Estação Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, MG, nas coordenadas geográficas com latitude 19° 27'S, longitude 44°10'W e altitude de 786 m. O clima da região se enquadra no tipo (Cwa), segundo a classificação de Köppen. A precipitação e a temperatura média anual são de 1.340 mm e 22 °C, respectivamente. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, texturas muito argilosa e argilosa, a moderado, álicos, fases cerrado tropical subpreenifólio, relevo suave ondulado (Panoso et al., 2002). Os tratamentos de sistemas de preparo do solo são

realizados em uma área de 4,19 ha subdividida em parcelas de 20 x 16 m, em três repetições, desde a safra 1994/95. Os tratamentos são constituídos por dois grupos de sistemas de preparo de solo: a) sistemas de preparo contínuo, caracterizado pelo mesmo tipo de sistema de preparo na mesma área ao longo dos anos; b) sistemas rotacionados, que são aqueles em que ocorrem diferentes sistemas de preparo, na mesma parcela, alternados anualmente. As parcelas experimentais são constituídas em "plots" de 20 m x 16 m, recebendo os seguintes sistemas de manejo de solo:

1 – Grade aradora;

2 – Grade aradora alternada com grade + escarificador na safra seguinte;

3 – Grade + escarificador;

4 – Grade aradora, alternada com grade + subsolador na safra seguinte;

5 – Plantio direto;

6 - Grade + subsolador;

7 - Grade + escarificador, alternada com grade aradora na safra seguinte;

8 – Grade + subsolador, alternada com grade aradora na safra seguinte. Paralelamente, outro experimento vem sendo conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, recebendo os seguintes sistemas de manejo de solo:

1 – Grade;

2 – Grade aradora alternada com arado escarificador na safra seguinte;

3 – Arado escarificador alternado com grade aradora na safra seguinte;

4 – Arado de disco;

5 – Grade aradora alternada com arado de disco na safra seguinte;

6 – Arado de disco alternado com grade aradora na safra seguinte;

7 – Plantio direto;

8 – Grade aradora alternada de arado de aiveca na safra seguinte;

9 – Aiveca;

10 – Aiveca seguida de grade aradora na safra seguinte;

11 – Arado escarificador.

De 1995/96 até 2004/05, em ambos os experimentos, foram feitos plantios anuais de milho em rotação com a soja em todos os tratamentos. De 2004/05 em diante, manteve-se um plantio de milho a cada ano para todos os sistemas de preparo do solo, com exceção dos “plots” de plantio direto, em que se manteve a rotação milho/soja.

Os equipamentos utilizados no preparo do solo apresentam as especificações seguintes: grade aradora intermediária com 16 discos de 28”, arado escarificador com 6 hastes, subsolador com 3 hastes, arado com 3 discos de 32” de diâmetro, arado de aiveca com 3 lâmina.

Foram coletadas amostras de solo para caracterização da área por meio de gradagem nas parcelas em quatro profundidades (zero a cinco centímetros, cinco a dez centímetros, 10 a 20 centímetros e 20 a 40 centímetros). As amostras foram secas ao ar, peneiradas em peneira de 2 mm e encaminhadas para as análises laboratoriais. A análise granulométrica seguiu os procedimentos padronizados (Teixeira et al., 2017). As amostras da terra fina seca ao ar foram separadas em duas frações, uma para a análise propriamente dita e outra para determinação da umidade e correção do valor da massa inicial. Foram usados 10 gramas de TFSA para a determinação da umidade em estufa a 105 °C, por 24 horas e 50 gramas da TFSA para a análise granulométrica. Essas amostras foram colocadas em frascos de vidro, sendo a seguir adicionado o dispersante NaOH, e 100 ml de água deionizada. Os frascos foram colocados em agitador tipo Wagner (50 ciclos por minuto), por 16 horas. Após a agitação, a fração areia foi separada em peneira de 0,053 mm. A suspensão foi colocada em cilindro de sedimentação e o volume foi completado para um litro. Foi efetuada a agitação constante da suspensão para a coleta do silte + argila. Após homogeneização da suspensão, coletou-se 10 mL da fração silte + argila, que então foi levada para secar em estufa a 105 °C. A seguir, a suspensão foi deixada em repouso

pelo tempo calculado conforme a Lei de Stokes, ajustada para a temperatura do laboratório. Foi então coletada a alíquota da suspensão para quantificação da argila, sendo esta levada para secar em estufa a 105 °C. As frações da areia foram separadas por peneiramento a seco. Os resultados foram ajustados para 100% pela divisão do valor obtido pela soma das frações, com a redistribuição proporcional dos valores.

Os dados de granulometria foram avaliados por meio de testes estatísticos de comparação de médias entre os tratamentos, para avaliar se há diferença de teores de frações entre os tratamentos, e por meio de análise geoestatística, para avaliar a distribuição espacial das frações nas parcelas.

Análise e discussão dos parâmetros amostrados

Os resultados das análises geoestatísticas indicam que a distribuição espacial das frações não é uniforme (Figuras 1 a 16), com uma concentração maior de argila nas partes inferiores da área (Figuras 1a a 4a). A tendência é a mesma para as quatro profundidades. Os resultados de silte e de areia fina seguem tendência oposta, o que é indicado também pela correlação entre os teores de argila e silte (Figura 17) e de argila e areia fina (Figura 18). Os teores de areia grossa apresentam tendência menos definida, e com valores absolutos muito baixos.

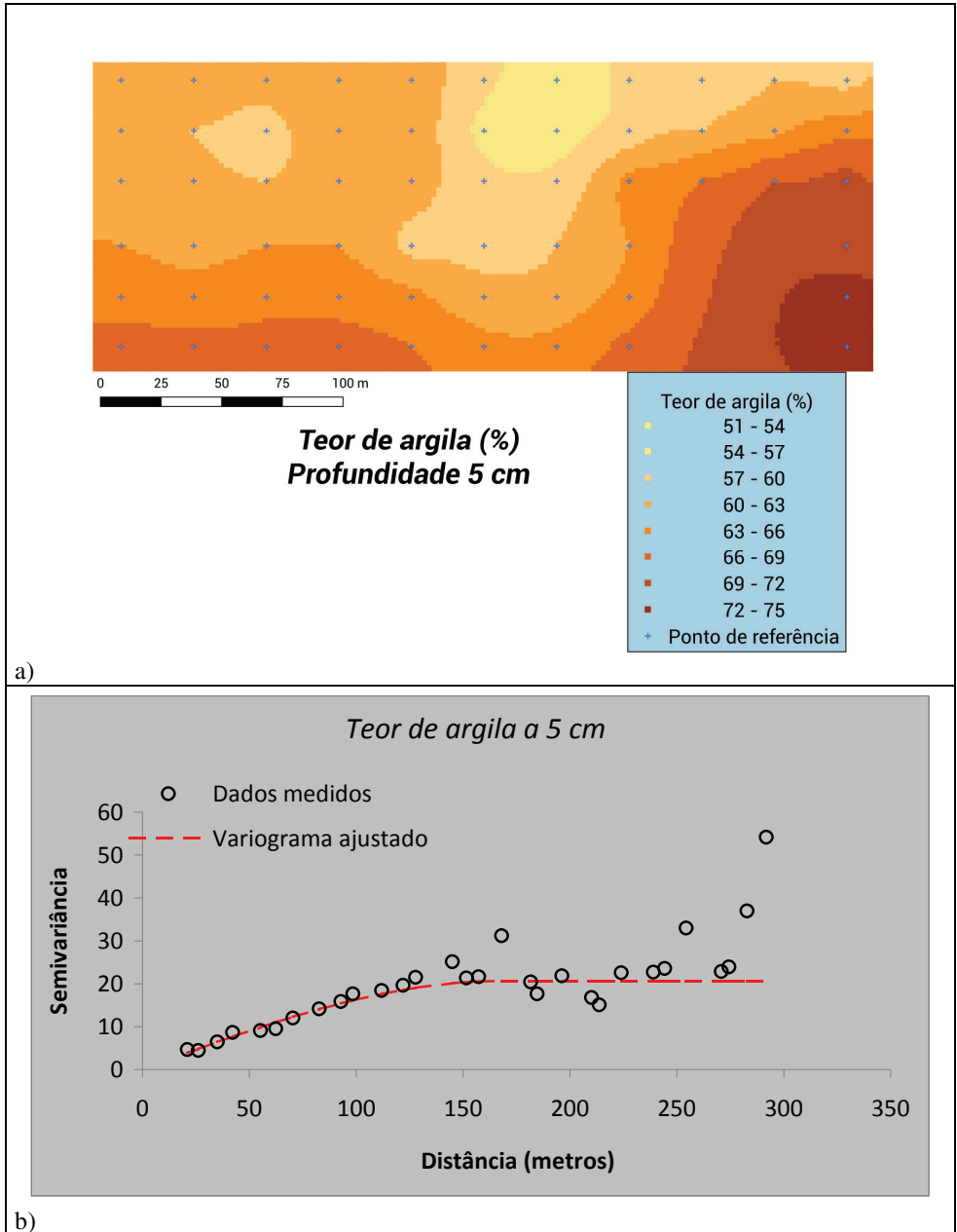


Figura 1. a) Croqui dos teores de argila (%) interpolados para a área experimental de manejo. b) Semivariograma ajustado para o teor de argila. Profundidade zero a cinco centímetros.

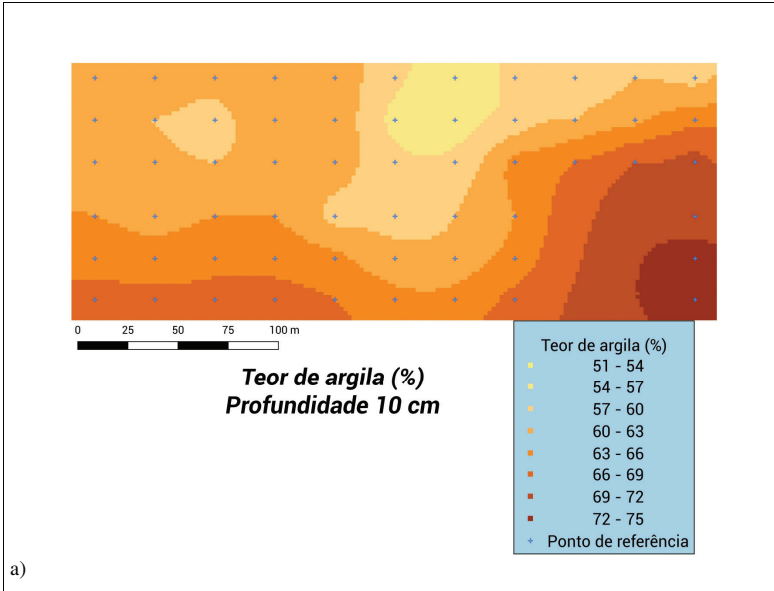


Figura 2. Croqui dos teores de argila (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade cinco a dez centímetros.

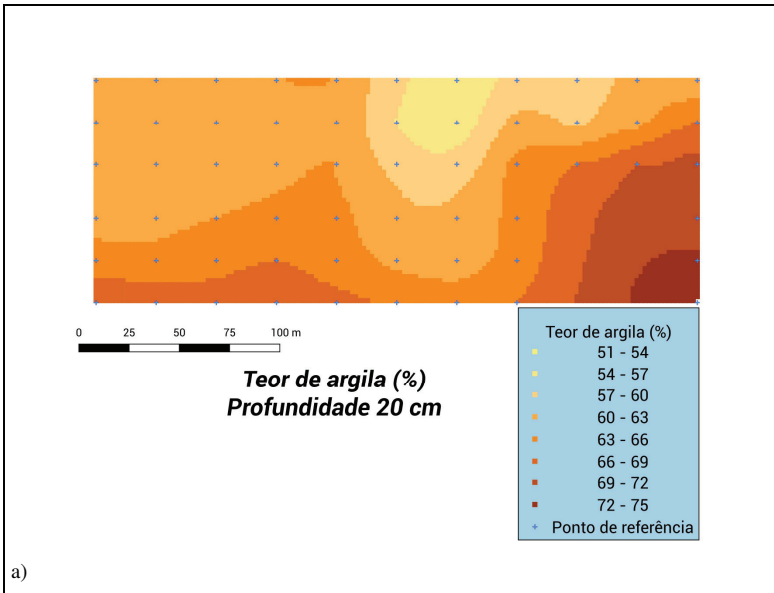


Figura 3. Croqui dos teores de argila (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade dez a vinte centímetros.

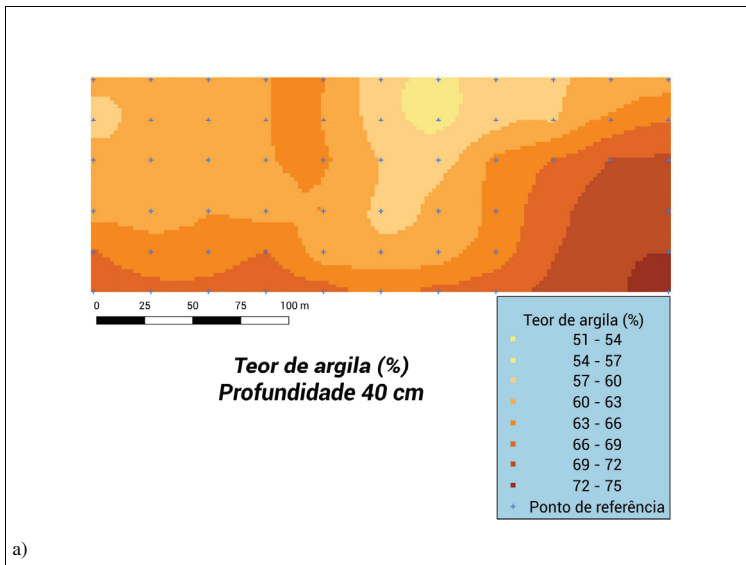


Figura 4. Croqui dos teores de argila (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade vinte a quarenta centímetros.

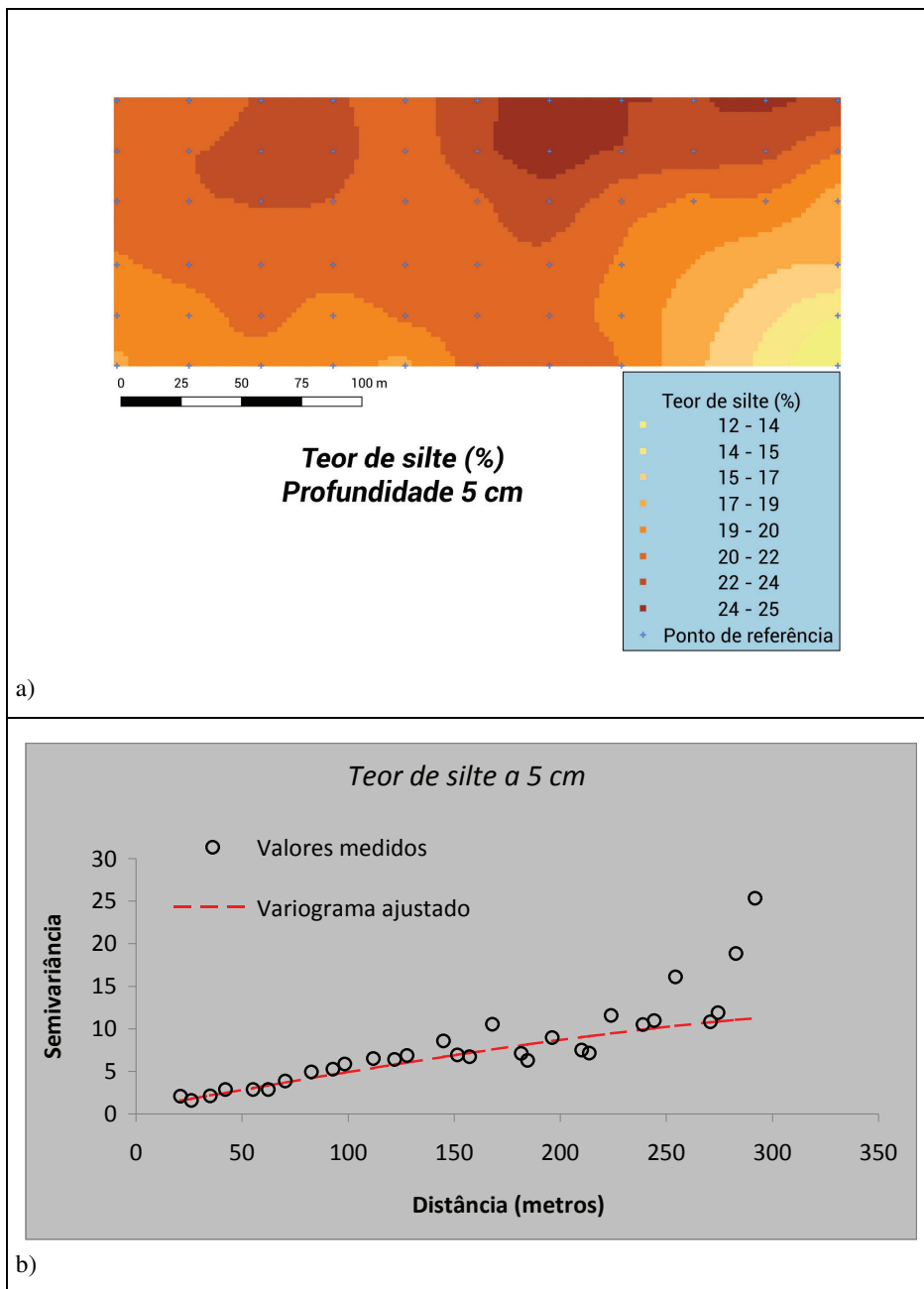


Figura 5. a) Croqui dos teores de silte (%) interpolados para a área experimental de manejo. b) Semivariograma ajustado para o teor de argila. Profundidade zero a cinco centímetros.

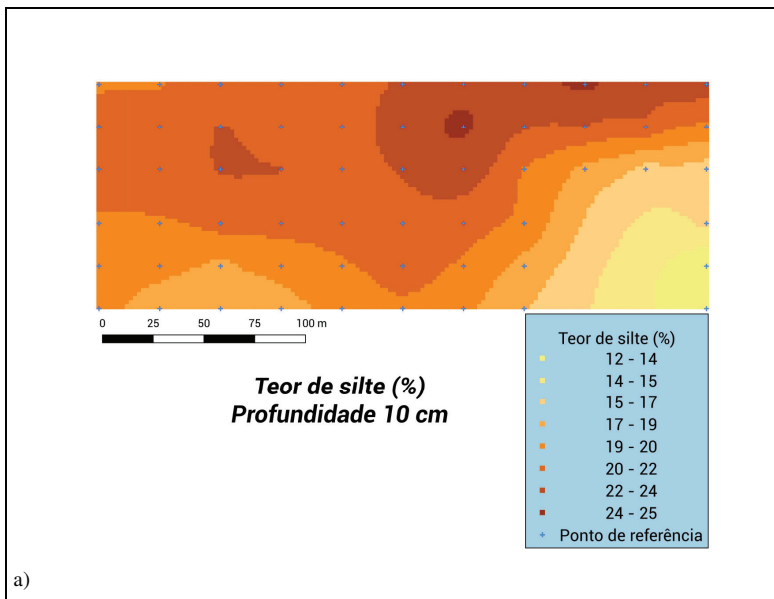


Figura 6. Croqui dos teores de silte (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade cinco a dez centímetros.

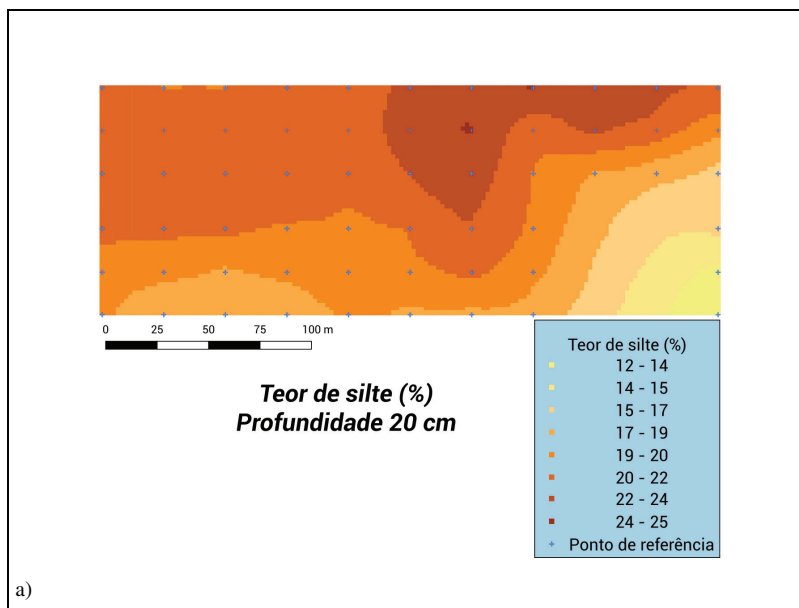


Figura 7. Croqui dos teores de silte (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade dez a vinte centímetros.

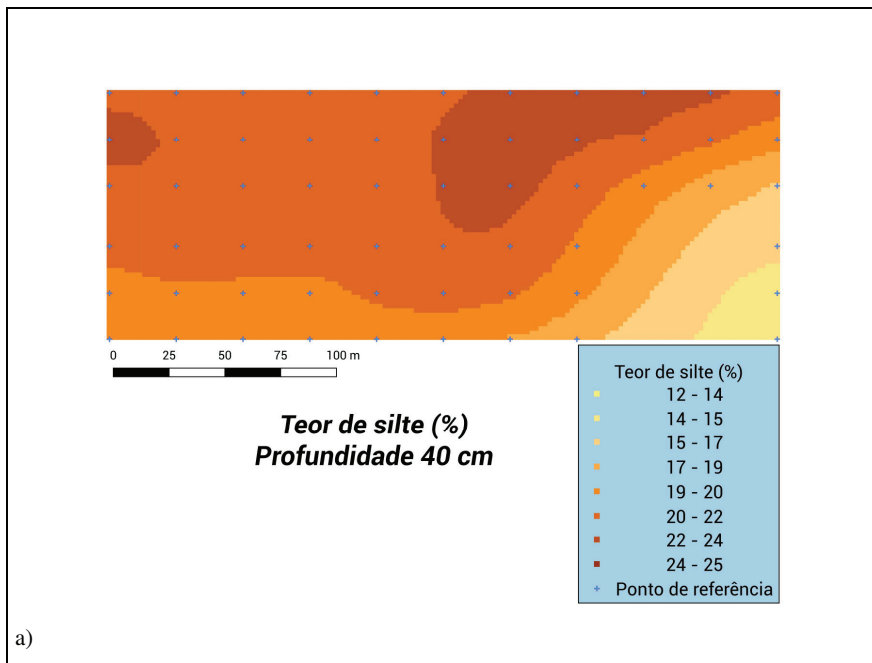


Figura 8. Croqui dos teores de silte (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade vinte a quarenta centímetros.

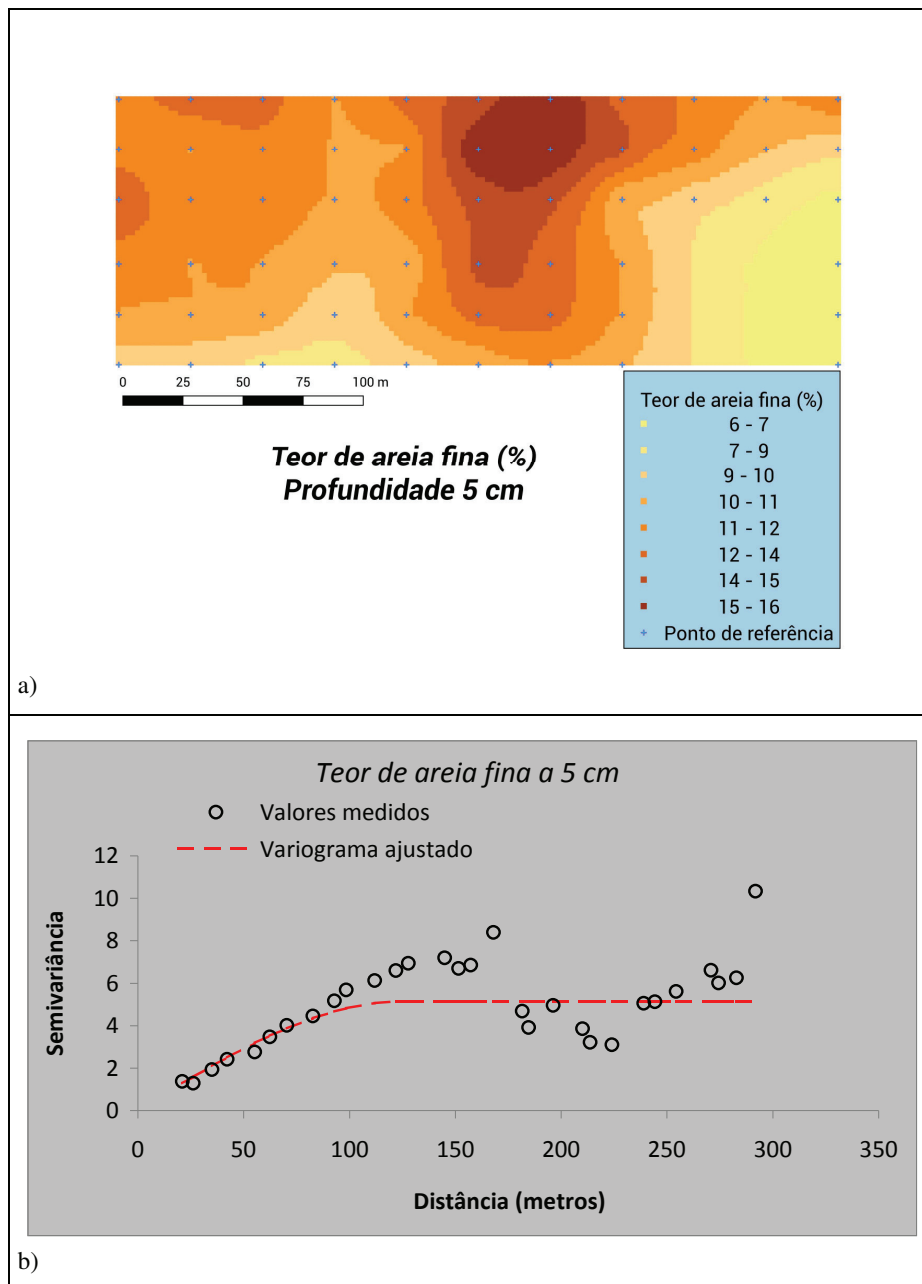


Figura 9. a) Croqui dos teores de areia fina (%) interpolados para a área experimental de manejo.
b) Semivariograma ajustado para o teor de argila. Profundidade zero a cinco centímetros.

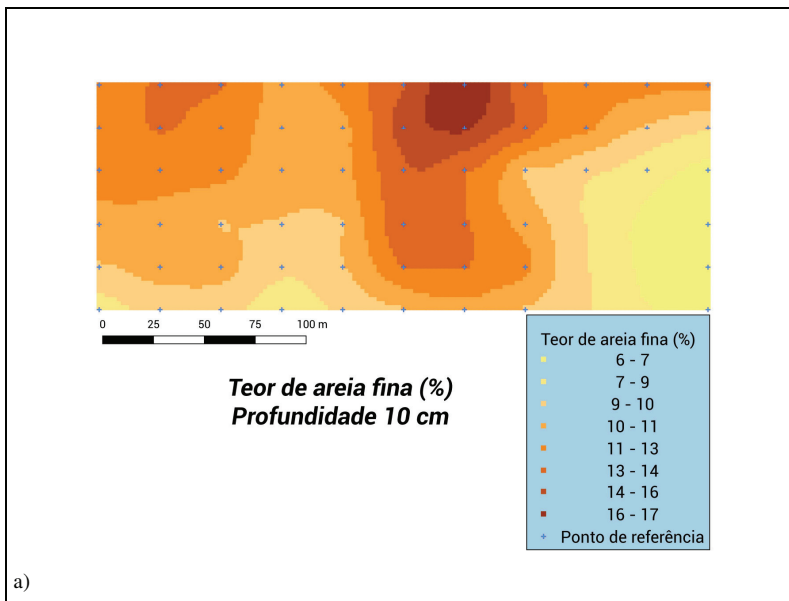


Figura 10. Croqui dos teores de areia fina (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade cinco a dez centímetros.

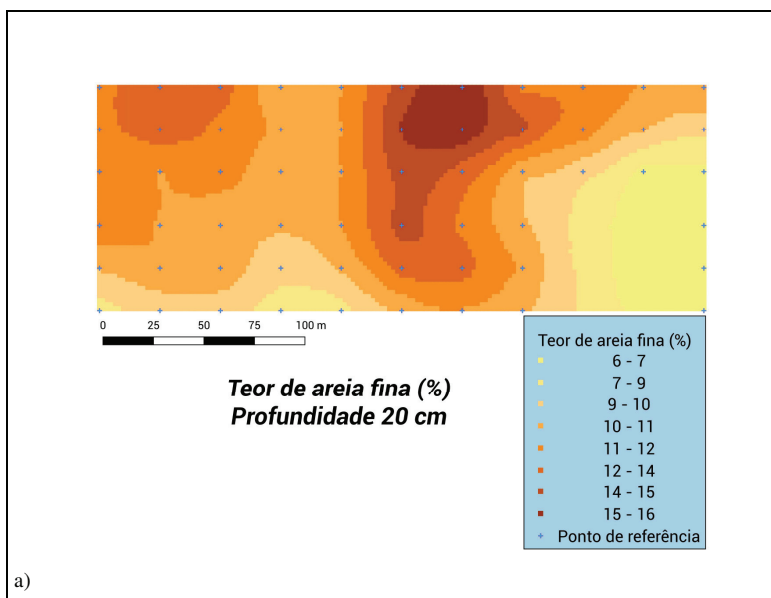


Figura 11. Croqui dos teores de areia fina (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade dez a vinte centímetros.

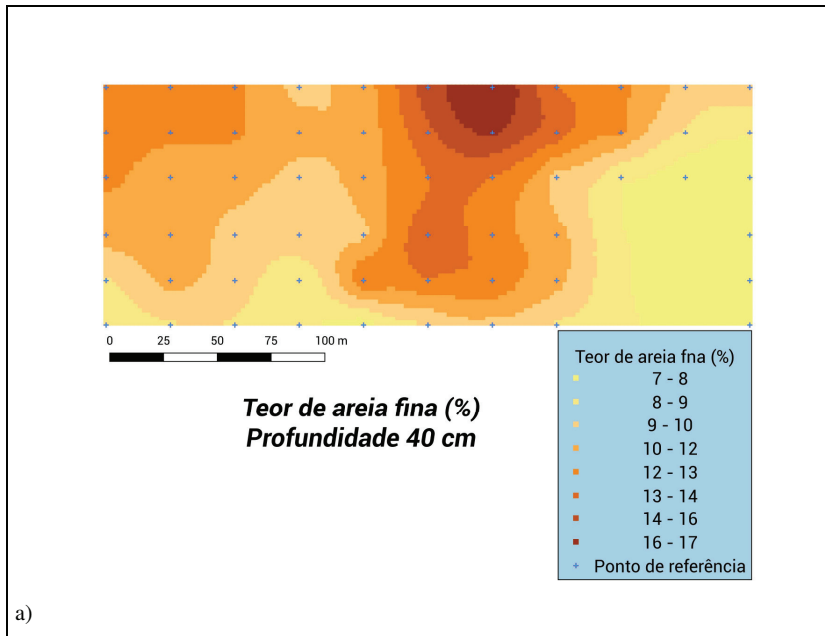


Figura 12. Croqui dos teores de areia fina (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade vinte a quarenta centímetros.

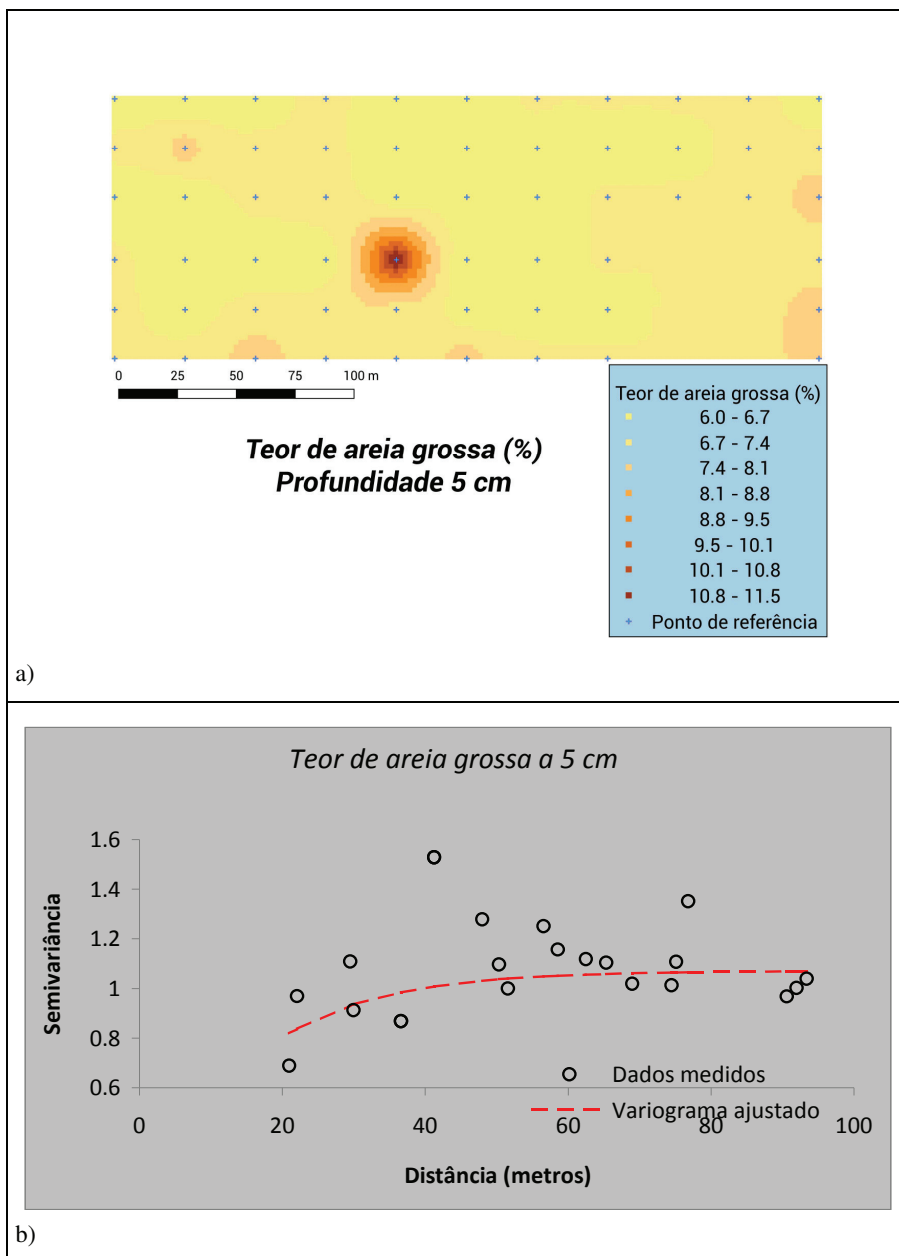


Figura 13. a) Croqui dos teores de areia grossa (%) interpolados para a área experimental de manejo. b) Semivariograma ajustado para o teor de argila. Profundidade zero a cinco centímetros.

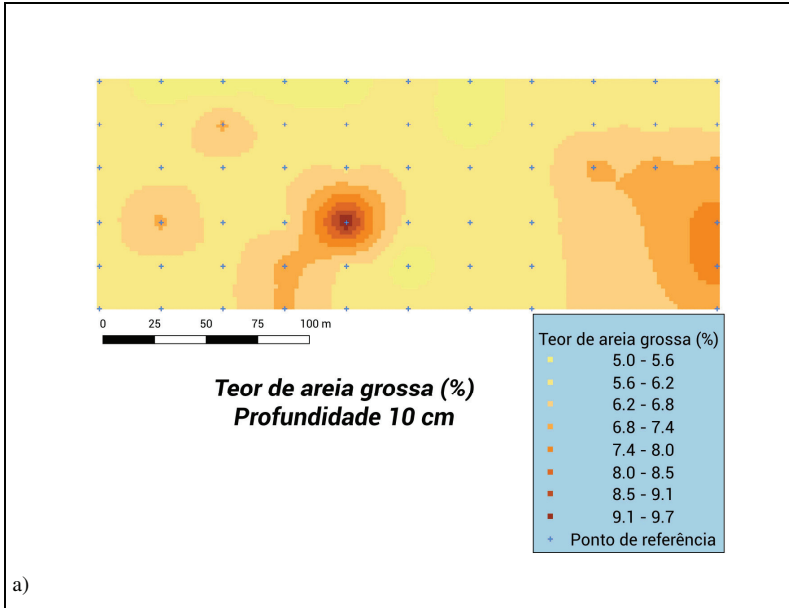


Figura 14. Croqui dos teores de areia grossa (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade cinco a dez centímetros.

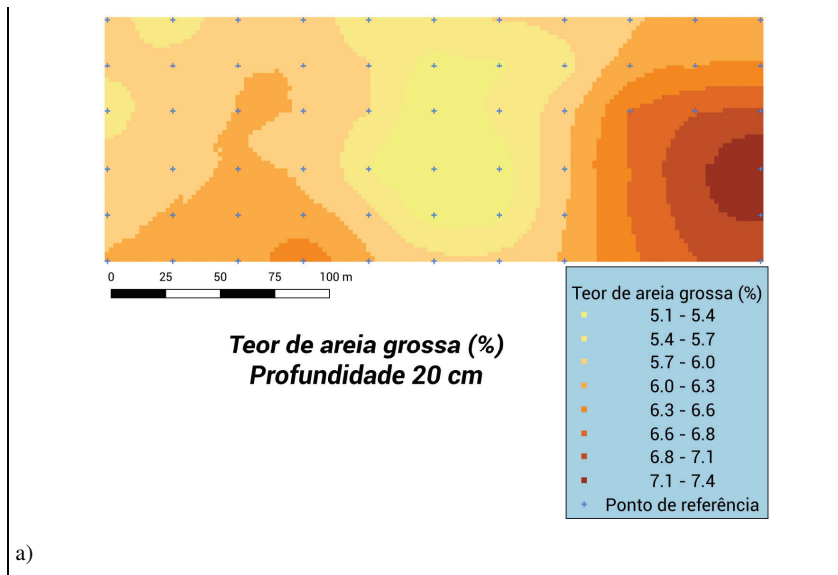


Figura 15. Croqui dos teores de areia grossa (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade dez a vinte centímetros.

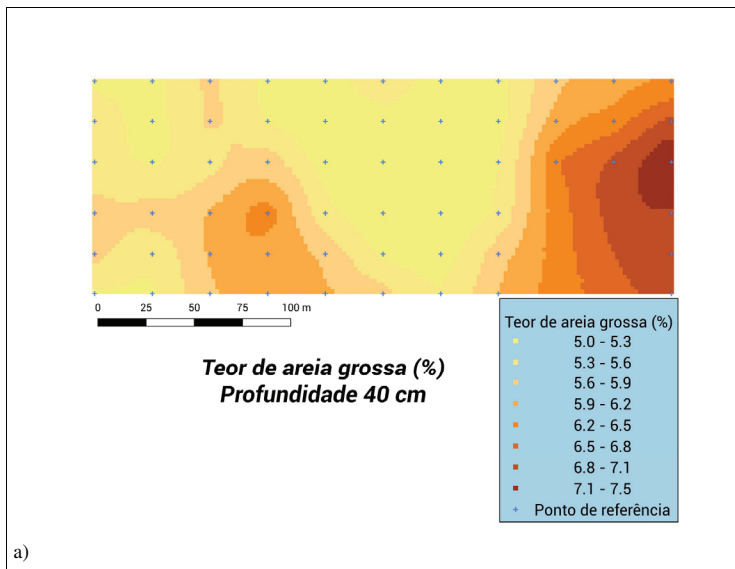


Figura 16. Croqui dos teores de areia grossa (%) interpolados para a área experimental de manejo. Profundidade vinte a quarenta centímetros.

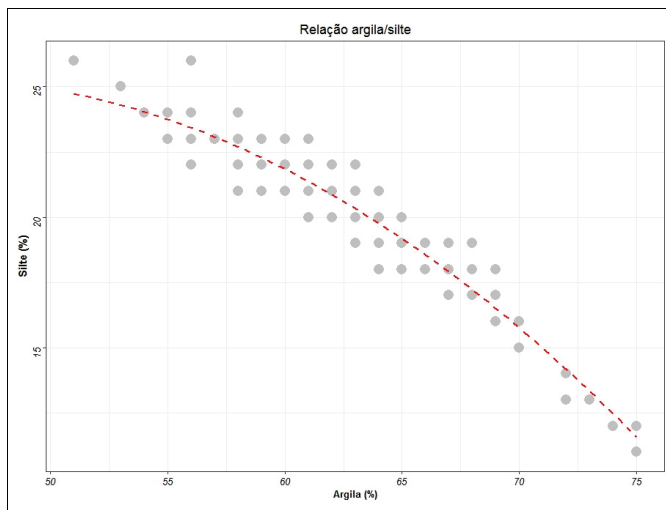


Figura 17. Relação argila/silte para as parcelas na área experimental de manejo.

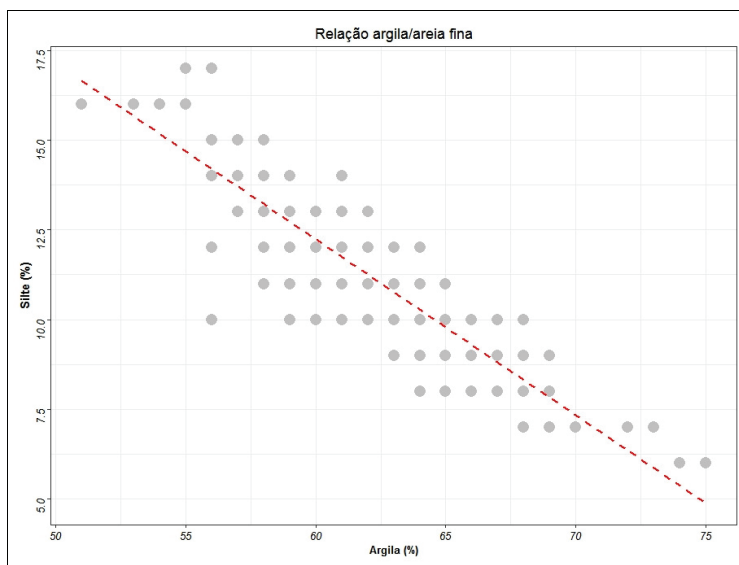


Figura 18. Relação argila/ areia fina para as parcelas na área experimental de manejo.

A dependência espacial é evidente nos variogramas (Figuras 1b, 5b, 9b e 13b), e os valores dos alcances estão na ordem de 150 a 175 metros (Tabela 1), o que equivale a aproximadamente metade do maior comprimento da área. Isso indica que, nessa faixa de distância, os valores de frações estão correlacionados e, por conseguinte, os demais parâmetros de solo relacionados ao teor das frações, como capacidade de troca de carga e de retenção de água.

Os resultados dos testes estatísticos indicam que há diferença significativa entre as médias dos teores das frações no conjunto dos tratamentos (Figura 19). Destaca-se a área em pousio, com teores de argila, de silte e de areia fina significativamente diferentes dos demais tratamentos, sendo o de argila o mais alto e o de silte e de areia fina os mais baixos de todos (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 1. Resultados dos ajustes de modelos geoestatísticos para os teores das frações.

Profundidade (cm)	Parâmetro	Fração granulométrica			
		Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa
5	C0	0	0.6404	0	0
	C1	20.62	12.01	5.157	1.07
	A1	167.1	412.8	126	14.49
	Modelo	esférico	esférico	esférico	exponencial
10	C0	0	0.1416	0	0
	C1	19.38	9.33	5.341	0.6746
	A1	174.8	299.6	130.8	17.23
	Modelo	esférico	esférico	esférico	exponencial
20	C0	0	0	0	0.1135
	C1	17.63	11.15	5.071	0.2826
	A1	167.3	185.5	121.5	148.5
	Modelo	esférico	exponencial	esférico	esférico
40	C0	1.808	1.777	0	0.1216
	C1	17.41	90.6	5.488	0.4731
	A1	151.7	2573.3	115.9	155.4
	Modelo	esférico	exponencial	esférico	esférico

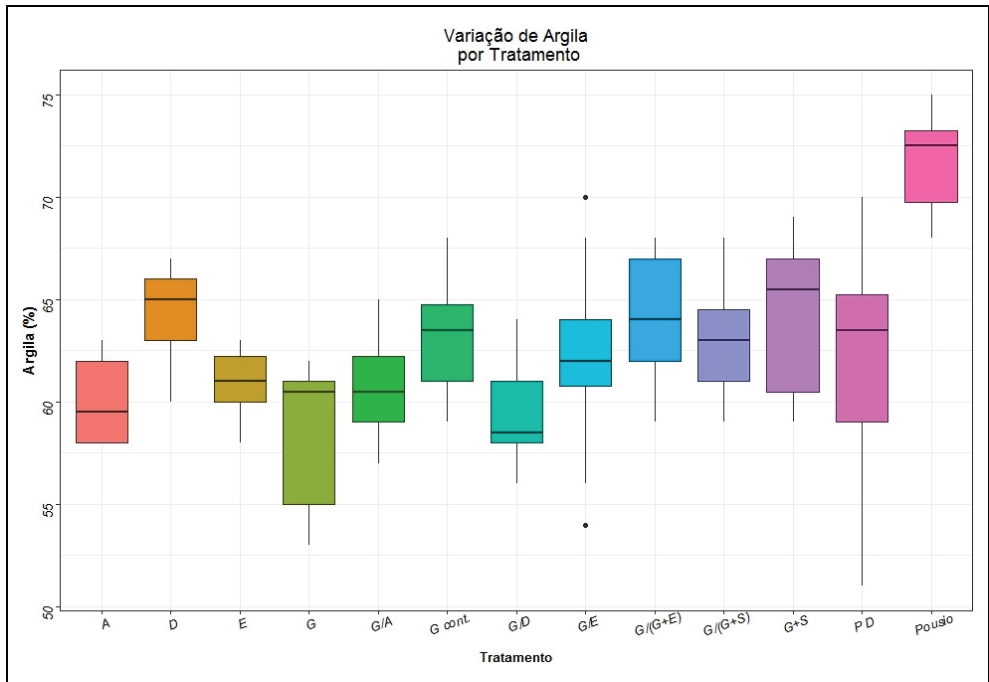


Figura 19. Gráfico de boxplot dos teores médios de argila (%) para os tratamentos na área experimental de manejo.

Tabela 2. Teste de comparação de média entre tratamentos para os teores de argila.

Tratamento	Argila (%)	Grupos*
Pousio	71,9	a
Disco	64,5	b
Grade/Subsolador	64,2	b
Grade/Grade+Escarificador	64,1	b
Grade/Escarificador	63,7	b
Grade/continuo	63,3	bc
Grade/Grade+Subsolador	63,	bc
Plantio/Direto	62,4	bcd
Grade/ Escarificador	61,5	cde
Escarificador	61,1	cdef
Grade/Aiveca	60,8	def
Aiveca	59,9	ef
Grade/Disco	59,5	f
Grade	58,8	f

(*) Tratamentos com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Teste de comparação de média entre tratamentos para os teores de silte.

Tratamento	Silte (%)	Grupos*
Grade	22,3	a
Escarificador	22,1	a
Grade/Disco	22,	a
Aiveca	21,9	ab
Grade/Aiveca	21,5	ab
Grade/Escarificador	20,8	bc
Grade/Grade/Subsolador	20,3	cd
Plantio/Direto	20,1	cd
Grade/contínuo	20,	cd
Disco	19,8	cd
Grade/Escarificador	19,6	cd
Grade/Grade/Escarificador	19,5	d
Grade/Subsolador	19,4	d
Pousio	13,9	e

(*) Tratamentos com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Teste de comparação de média entre tratamentos para os teores de areia fina.

Tratamento	Areia fina (%)	Grupos*
Grade	13,3	a
Grade/Disco	12,9	a
Aiveca	12,3	ab
Grade/Escarificador	11,7	bc
Grade/Aiveca	11,5	bcd
Plantio/Direto	11,	cde
Escarificador	10,8	cde
Grade/Grade/Subsolador	10,8	cde
Grade/Escarificador	10,8	cdef
Grade/contínuo	10,5	cdef
Grade/Subsolador	10,3	def
Grade/Grade/Escarificador	10,2	ef
Disco	9,3	f
Pousio	6,8	g

(*) Tratamentos com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A variabilidade espacial de atributos pode afetar a interpretação dos resultados de experimentos, pois a grande maioria destes usa o método de delineamentos experimentais, no qual há necessidade de independentes entre observações e de uniformidade das parcelas experimentais (Vieira, 1997). Alguns estudos apontam para essa variabilidade em nível de parcelas experimentais, que deve ser levada em conta na análise dos resultados (Vieira, 1997;

Grego; Vieira, 2005; Vieira; Dechen, 2010).

Até momento, não há publicações que descrevam a variabilidade do teor de argila em áreas experimentais.

Referências

ANDRADE, C. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; COUTO, L. Características físico-hídricas e dinâmica de água no

- solo. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 71-149.
- COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Características físico-hídricas e disponibilidade de água no solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.
- HILLEL, D. **Environmental soil physics**. Massachusetts: Academic Press, 1998. 771 p.
- JURY, W. A.; GARDNER, W. R.; GARDNER, W. H. **Soil physics**. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo Sistema Brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 92 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).
- REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZV., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- SHING, L. R.; OLIVEIRA, M. C. N de. Uso da geoestatística na determinação da variabilidade espacial do teor de argila no solo. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 6., 2011, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 79-82. (Embrapa Soja. Documentos 328).
- SILVEIRA, P. M.; CUNHA, A. A. da. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1325-1332, 2002.
- SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F. Variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um Latossolo vermelho eutroférico sob semeadura direta por vinte anos. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 751-759, 2009.
- SOUZA, S. L. da. **Variabilidade espacial do solo em sistema de manejo**. 1992. 162 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F. Spatial variability studies in São Paulo, Brazil along the last twenty five years. **Bragantia**, v. 69, p. 53-66, 2010. Suplemento.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v. 56, n. 1, p. 181-190, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051997000100019&lng=en&nrm=i>. Acesso em: 13 ago. 2019.

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2019)



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Maria Marta Pastina
Secretário-Executivo

Elena Charlotte Landau

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira
Simeone, Roberto dos Santos Trindade e
Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto da capa

Maurilio Fernandes de Oliveira