

Variabilidade espacial da textura do solo em área irrigada por pivô central em diferentes posições na paisagem

Spatial variability of soil texture in pivot irrigated area in different landscape positions

Guilherme Adalberto Ferreira Castione¹, Zigomar Menezes Souza¹, Reginaldo Barbosa Silva^{2*}, Milton Cesar Costa Campos³, Jose Mauricio da Cunha³

Resumo: A configuração da paisagem favorece o entendimento do comportamento dos atributos texturais, sendo influenciada em menor escala pelos segmentos de vertente, pois a migração de sedimentos, água e nutrientes obedecem aos processos geológicos superficiais e ao intemperismo. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho caracterizar a variabilidade espacial da textura em uma área irrigada por pivô central em diferentes posições na paisagem da região de Cristalina-GO. Foram realizadas amostragens do solo em intervalos regulares de 10 m, em forma de malha, totalizando 180 pontos, em diferentes posições da paisagem. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m para a determinação dos teores de argila, silte e areia. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, geoestatística e interpolação por krigagem. Os resultados demonstram que a migração de partículas seguiu o fluxo de água na vertente causando o transporte seletivo de sedimento, o que implica em maior erosão de sedimentos, água e nutrientes. As formas da vertente condicionaram o movimento e a concentração das partículas do solo. A migração de argila para camadas subsuperficiais do solo é relacionada com a gênese do solo e ao carreamento de partículas pela água.

Palavras-chave: Erosão. Física do Solo. Manejo e Conservação do Solo.

Abstract: The landscape configuration favors the understanding of the behavior of textural attributes being influenced to a lesser extent by the strand segments because the migration of sediments, water and nutrients meet the surface geological processes and to weathering. This study aim to characterize the spatial variability of texture in an irrigated area by center pivot in different positions in the landscape in the Crystalline, state GO region. Soil samples were taken at regular intervals of 10 m, shaped mesh, totaling 180 sampling points in different positions in the landscape. Samples were collected at depths of 0.00 to 0.10 m, 0.10-0.20 0.20-0.30 m for the determination of clay, silt and sand. The data were submitted to descriptive statistics, geostatistics and kriging interpolation. The results demonstrate that migration occurred particles followed the flow of water present in causing the selective transport of sediment, which would imply higher erosion sediments, water and nutrients. The shed forms conditioned the movement and concentration of soil particles. The migration of clay to subsurface soil layers is related to the genesis of the soil and carrying of.

Key words: Erosion. Soil Physics. Management and Soil Conservation.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 27/11/2014 e aprovado em 21/08/2015

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

¹Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Água e Solo, Avenida Cândido Rondon, 501, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, CEP 13083-875 Campinas, SP, Brasil, zigomarms@feagri.unicamp.br; guilhermecastioni@hotmail.com

²Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Registro, Avenida Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupy, CEP 11900-000, Registro, SP, Brasil, rbsilva@registro.unesp.br

³Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente. Rua 29 de Agosto 786, Centro, CEP 69.800-000. Humaitá, AM, Brasil, mcesarsolos@gmail.com, maujmc@gmail.com

INTRODUÇÃO

A irrigação por pivô central, convencional e por auto-propelido são os sistemas de irrigação por aspersão mais utilizados no Brasil. Dentre as técnicas de irrigação por aspersão, o sistema de pivô central é o mais adequado para irrigar áreas individuais e extensas. Por esse motivo é muito utilizado no cultivo de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), em terras altas na região do cerrado (STONE; SILVEIRA, 2005).

No estado de Goiás, segundo a Secretaria de Estado e Gestão de Planejamento (SEGPLAN, 2012), o maior polo de irrigação é localizado no município de Cristalina-GO, sendo, também, a maior região produtora de feijão do Estado. Com a intensificação e desenvolvimento do parque industrial dessa região e aplicação de água por meio de irrigação ao solo têm promovido alterações nos atributos químicos e físicos do solo (VARALLO *et al.*, 2010).

As alterações nos atributos químicos de solos irrigados são função do tipo de íons e sua valência presentes na solução do solo, pH do solo e da floculação de partículas de argilas (LIMA *et al.*, 2009; ASSIS *et al.*, 2010). O desequilíbrio e interação desses fatores podem causar dispersão da fração argila, de forma variável, haja vista que, a distribuição dos atributos do solo apresenta-se de forma heterogênea na paisagem por influência dos fatores de formação do solo, ocasionando em pequena amplitude de espaço interferir na produtividade das culturas (MANN *et al.*, 2010; ZUCOLOTO *et al.*, 2011).

A distribuição das frações granulométricas (argila, areia e silte) é relacionada aos índices topográficos e gradiente de declividade (LEÃO *et al.*, 2010; LEÃO *et al.*, 2011). Conhecer a textura do solo é importante para sua classificação taxonômica, bem como para entender os processos pedogenéticos que atuam no terreno, considerando que as geoformas da paisagem afetam o controle do movimento de água (divergência e convergência) e atributos do solo, influenciando e condicionando ambientes erosionais e depressionais (CAMPOS *et al.*, 2007).

A declividade abrange dois processos pedogenético, o de adição e de remoção, os quais são influenciados pelas posições das encostas, mais acentuadas ou não, contribuindo para o escoamento superficial e translocação de material da superfície jusante por meio da erosão superficial e movimento da massa do solo (SAMOUËLIAN; CORNU, 2008). Os processos recorrentes na região do topo da paisagem inferem em todo solo da vertente, por conta dos fluxos de energia e movimentação da massa de solo. Essas forças favorecem a pedogênese e processos que integram o transporte e sedimentação de partículas do solo (GUNAL *et al.*, 2011).

Em ambientes com intervenção antrópica, como os campos irrigados submetidos ao uso contínuo do solo, é exigida maior atenção ao sistema de manejo da irrigação

para evitar que os efeitos degradantes, principalmente em áreas acidatadas, possam interferir na produtividade das culturas (DANTAS *et al.*, 2012).

Portanto, trabalhos sobre a posição e composição do solo na paisagem podem esclarecer acerca das alterações ocorridas nos processos geomórficos (REICHERT *et al.*, 2009) fator que influencia, 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; MION *et al.*, 2012).

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho caracterizar o comportamento da variabilidade espacial das frações granulométricas de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a irrigação por pivô central, na região de Cristalina-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Cristalina-GO, em área irrigada sob pivô central, com coordenadas geográficas de 16°53'35,59" de latitude sul e 47°32'16,75" de longitude oeste, 1.021 m de altitude (Figura 1). O clima é o tropical com estação seca (Aw), pelo critério de classificação climática de Köppen, tendo verão suave e inverno ameno, com diminuição de chuvas. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013).

A área foi cultivada com feijão (*Phaseollus vulgaris*) em sucessão a cultura da soja (*Glycine max*), irrigada por pivô central, em área de 78 ha, sob o sistema plantio direto. A densidade de plantio foi de 9,4 plantas por metro linear e realizadas duas operações de fertilização com formulação 10-30-10, (300 kg ha⁻¹), para o plantio, e 30-00-20, (190 kg ha⁻¹), em cobertura.

O manejo de água foi feito por aspersão utilizando a técnica de pivô central, sendo a lâmina aplicada correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura (ETc), calculada com base na leitura de tensiômetros. Os valores de umidade referência foram estimados a partir do monitoramento da umidade do solo, avaliado por tensiômetros. A aplicação foi feita utilizando-se de 8 a 10 mm a cada dois dias. O equipamento é da marca Valmot e o bico utilizado foi o fixo de giro.

A partir do mapeamento semi-detalhado da área (1,8 hectares), utilizando equipamento de sistema de posição global (DGPS), foi elaborado o mapa de elevação digital

da área estudada (Figura 1). As posições do terreno foram definidas em terço superior (do ponto 0 a 60), médio (do ponto 60 a 120) e inferior (120 a 180), sendo o superior com coordenadas UTM de 227480 a 227440 m, o médio de 227440 a 227360 m e inferior de 227360 a 227320 m. No mapa foi identificado o sentido do fluxo e posição de acúmulo de água, indicado pelas setas. A água se desloca no mesmo sentido em toda a vertente (Figura 1).

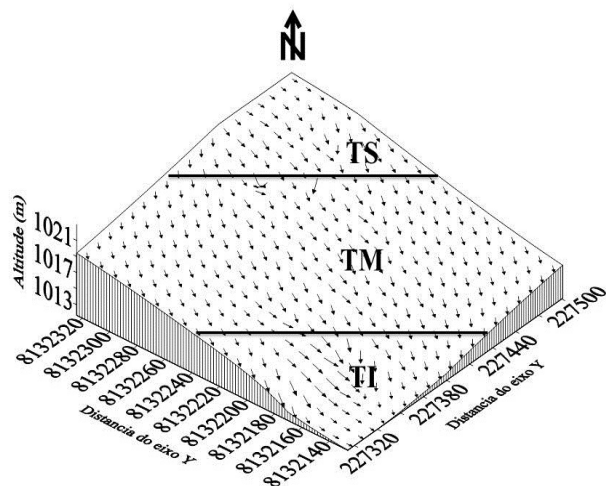


Figura 1 - Mapa da área de estudos, as setas em negrito indicam o fluxo da água no terreno.

Figure 1 - Map of the area of study, the bold arrows indicate the water flow field.

As amostras de solos para determinação da textura foram coletadas, empregando trado holandês, nos pontos de cruzamento de uma malha, em intervalos regulares de 10 m. Foram coletados 60 pontos por posição no terreno (inferior, médio e superior a encosta), perfazendo o total de 180 pontos. Cada ponto da malha amostral foi georreferenciado, determinando a posição topográfica e altitude, com coleta de solo nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, utilizando-se solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação com aparato de baixa rotação (CAMARGO *et al.*, 1986). A fração argila foi separada por sedimentação, a areia por tamisação e o silte calculado por diferença.

A hipótese de normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do programa computacional SAS (SCHLOTZHAVER; LITTELL, 1997). Os valores de atributos maiores do que a média mais quatro desvios-padrões foram descartados. O número de dados descartados foi sempre inferior a 10% de cada conjunto de 180 dados.

A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas (VIEIRA, 2000), com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

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

Em que: $N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h . O semivariograma é representado pelo gráfico $\hat{\gamma}(h)$ versus h . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, foram estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a). Os modelos de semivariogramas considerados foram: esférico, exponencial, linear e gaussiano.

Esses modelos foram ajustados por meio do programa GS+ (ROBERTSON, 1998). Posteriormente, tais modelos foram usados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Na escolha do modelo para o mesmo semivariograma, foi considerado o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa Surfer (GOLDEN SOFTWARE, 2010). Para verificar se há diferença entre os atributos granulométricos do solo, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos dados de textura apresentou distribuição normal nos três pontos da área e nas três profundidades estudadas (Tabela 1). Os valores de média e mediana das frações em estudo estão próximos, indicando que os dados não possuem assimetria acentuada. Santos *et al.* (2012) observaram normalidade para as frações argila e silte trabalhando com solos do vale aluvial do semiárido. Miqueloni e Bueno (2011) trabalhando em Argissolo Vermelho-Amarelo, também encontraram normalidade para as frações areia e Zucoloto *et al.* (2011) trabalhando com Argissolo Amarelo distrófico, encontraram normalidade para a fração areia trabalhando com Latossolo Vermelho em Jaboticabal-SP.

Para Souza *et al.* (2004), quando há semelhança entre os valores da média e mediana (Tabela 1), os valores podem apresentar normalidade ou se aproximar da normalidade, evidenciando uma referência de que as medidas de tendência central não tem domínio de valores discrepantes na sua distribuição (CAJAZEIRA *et al.*, 2011).

Com base na classificação de Warrick e Nielsen (1980), a areia e argila nas três profundidades estudadas apresentaram coeficiente de variação (CV) médio (Tabela 1). Corroborando com Leão *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2012), que classificaram o CV em médio para fração argila para essa camada do solo e a fração silte nas três profundidades estudadas apresentaram CV alto (> 24%).

Quando se comparou os valores médios do teor de areia, argila e silte em relação aos segmentos de vertentes (Tabela 1), verificou-se que há diferença significativa para o teor de areia em relação aos segmentos estudados, sendo que para as profundidades estudadas os maiores teores de areia foram encontrados no terço superior, diferindo significativamente dos demais segmentos de vertente. Por outro lado, os teores de argila apresentaram comportamento inverso, com maiores teores no terço inferior da paisagem, influenciados pelas condições de escoamento da área, concordando com os resultados encontrados por Campos *et al.* (2012). Já os teores de silte apresentaram valores semelhantes entre si, com

maiores teores no terço médio e inferior, mostrando a dependência diante das formas do relevo.

Quanto ao alcance para as texturas, verificou-se que areia, argila e silte apresentaram os maiores valores na camada 0,10 – 0,20 m, variando entre 40,80 e 52,20 m (Tabela 2). Corroborando com os resultados de Soares *et al.* (2005), que avaliaram o perfis verticais de Latossolo Vermelho, separados em terços superior, médio e inferior, constatando o preenchimento de poros por partículas mais finas nas escalas do terreno de menor cota. Bortoluzzi *et al.* (2008), trabalhando sob Argissolo Vermelho Amarelo, concluíram que o gradiente textural de um dos perfis em estudo originou-se do processo de iluviação de argila

Tabela 1 - Análise de variância e descritiva para areia ($g\ kg^{-1}$), argila ($g\ kg^{-1}$) e silte ($g\ kg^{-1}$) nas profundidades de 0,00 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m

Table 1 – Analysis of variance and descriptive of sand ($g\ kg^{-1}$), clay ($g\ kg^{-1}$) and silt ($g\ kg^{-1}$) at depths of 0.00 – 0.10, 0.10 – 0.20 and 0.20 – 0.30 m

| Estatística Descritivo | Areia | | | Argila | | | Silte | | |
|------------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|
| | Terço Superior | Terço Médio | Terço Inferior | Terço Superior | Terço Médio | Terço Inferior | Terço Superior | Terço Médio | Terço Inferior |
| 0,00 – 0,10 m | | | | | | | | | |
| Média | 575,0* a | 559,3 a | 520,0 b | 353,7 c | 385,7 b | 416,4* a | 63,6* a | 57,3a | 60,4* a |
| Mediana | 580 | 565 | 515 | 358 | 384 | 426 | 61,75 | 56,25 | 57,75 |
| CV | 10,9 | 8,2 | 10,3 | 17,0 | 11,6 | 11,8 | 21,5 | 26,9 | 20,0 |
| Assimetria | 0,1 | -0,448 | -0,029 | 0,019 | 0,384 | -0,16 | 0,713 | 0,05 | 0,51 |
| Curtose | -0,239 | -0,5 | -1,186 | -0,391 | -0,621 | -0,777 | 0,413 | 0,309 | 0,573 |
| 0,10 - 0,20 m | | | | | | | | | |
| Média | 588,0* a | 556,3* b | 516,0* c | 357,8 c | 389,1 b | 419,7* a | 55,9 b | 52,1 b | 64,2* a |
| Mediana | 580 | 568 | 500 | 369,25 | 382 | 421,75 | 54,5 | 50,75 | 65 |
| CV | 10,0 | 8,9 | 11,6 | 19,2 | 11,3 | 12,8 | 32,5 | 23,0 | 22,3 |
| Assimetria | 0,252 | -0,484 | 0,411 | -0,42 | 0,282 | -0,19 | 0,035 | 0,691 | 0,799 |
| Curtose | -0,899 | 0,107 | -0,644 | 0,088 | 0,115 | -0,398 | 1,241 | 1,652 | 2,164 |
| 0,20 - 0,30 m | | | | | | | | | |
| Média | 589,8* a | 533,7* b | 519,1* b | 357,0* b | 410,0*a | 424,3* a | 53,1 a | 53,1 a | 56,5* a |
| Mediana | 580 | 538,5 | 536 | 367 | 414,25 | 428,5 | 51,25 | 54 | 55,75 |
| CV | 0,98 | 10,2 | 9,6 | 17,4 | 13,1 | 10,4 | 27,8 | 21,5 | 27,7 |
| Assimetria | 0,249 | -0,394 | -0,178 | -0,298 | -0,595 | 0,073 | -0,351 | -0,423 | 0,167 |
| Curtose | -1,044 | -0,52 | -1,304 | -1,134 | 2,421 | -1,043 | 0,713 | 2,399 | -0,081 |

¹Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

*Significativo pelo teste Komolgorov-Smirnov a 5 % de probabilidade.

¹Médias followed by the same letter on the line do not differ at 5% probability by Tukey test;

*Significant at Komolgorov-Smirnov test at 5% probability.

Tabela 2 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os atributos areia (g kg^{-1}), argila (g kg^{-1}) e silte (g kg^{-1}) nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m

Table 2 - Semivariograms parameters adjusted for sand attributes (g kg^{-1}), clay (g kg^{-1}) and silt (g kg^{-1}) in depths of 0.00 to 0.10, 0.10-0.20 and 0.20 to 0.30 m

| Variável | Prof. (m) | Modelo ⁴ | ¹ C ₀ | Patamar | ² C ₀ /C ₀ +C ₁ | ³ R ² | Alcance |
|----------|-----------|---------------------|-----------------------------|---------|---|-----------------------------|---------|
| Areia | 0,0-0,1 | Exp | 10,00 | 3786,00 | 0,003 | 0,97 | 36,30 |
| | 0,1-0,2 | Exp | 10,00 | 3901,00 | 0,003 | 0,98 | 47,40 |
| | 0,2-0,3 | Exp | 10,00 | 3587,00 | 0,003 | 0,97 | 49,80 |
| Argila | 0,0-0,1 | Exp | 10,00 | 3276,00 | 0,003 | 0,97 | 41,40 |
| | 0,1-0,2 | Exp | 10,00 | 3464,00 | 0,003 | 0,90 | 52,20 |
| | 0,2-0,3 | Exp | 1,00 | 3162,00 | 0,0003 | 0,93 | 51,60 |
| Silte | 0,0-0,1 | Gau | 1,00 | 581,40 | 0,002 | 0,95 | 14,89 |
| | 0,1-0,2 | Exp | 0,10 | 275,20 | 0,0004 | 0,85 | 40,80 |
| | 0,2-0,3 | Esf | 0,10 | 295,00 | 0,003 | 0,92 | 14,89 |

¹C₀ = efeito pepita; ²C₀/C₀+C₁ = grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação; ⁴EXP = exponencial, ESF = esférico, Gau = gaussiano.

¹C₀ = nugget effect; ²C₀ / C₀ + C₁ = spatial dependence; ³R² = coefficient of determination; ⁴exp = exponential, ESF = spherical, Gau = Gaussian.

para o horizonte Bt. Os modelos que mais se ajustaram aos dados foram o esférico e exponencial, concordando com os resultados obtidos por Mendes *et al.* (2008) e Cajazeira *et al.* (2011).

O conteúdo de areia teve maior concentração nas partes de maior altitude do terreno, principalmente no terço superior do terreno (Figura 2). À partir dos resultados observados, pode-se presumir que o fluxo acumulado favorece a presença de areia no terço superior e médio do terreno. Esse fato ocorre devido a maior massa dessas frações, que desfavorece seu movimento a grandes distâncias, contrariamente às frações mais finas que são arrastadas com mais facilidade pela força da água. Esse resultado é corroborado pela teoria do transporte seletivo de partículas (SOUZA *et al.*, 2004). O transporte diferenciado das frações do solo para as partes de menor cota do terreno, também, foi observado por Miqueloni e Bueno (2011).

Observou-se na área alta variabilidade dos atributos texturais do solo em razão do relevo (Figuras 2). Comparando os padrões de distribuição dos atributos texturais do solo e da declividade do terreno, é possível separar a distribuição das frações texturais em duas faixas, sendo a clara divisão entre as frações mais grossas e as frações finas, por conta da dinâmica da água no terreno. Souza *et al.* (2009), estudando a distribuição de atributos físicos do solo em diferentes

posições da paisagem em área sob cultivo de cana-de-açúcar, verificaram diferenciação dos atributos ao longo da paisagem. Sendo assim, a relação com os aspectos topográficos do relevo podem esclarecer a ocorrência de variabilidade espacial dos atributos do solo, pois as alterações no declive condicionam o movimento e transporte de água na vertente (SANCHES *et al.*, 2009; SILVA JUNIOR *et al.*, 2012).

Os teores de silte não foram bem definidos na análise de mapas, isso porque no fracionamento do solo este atributo é obtido por diferença, enquanto quantifica-se a areia e argila do solo, além disso, a maior variabilidade desse atributo pode ser explicada pela sua mobilidade no solo (SANTOS *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2009).

Verificou-se maiores teores de argila na zona do terreno que possuem menores cotas (Figura 2). Esse fato se deve às partículas mais finas, que são transportadas da parte do terreno com maior altitude para a de menor inclinação, acompanhando a forma do terreno e o movimento de partículas do solo na direção perpendicular ao sentido da vertente. O comportamento dos fluxos d'água foram investigados por Leão *et al.* (2010), tendo verificado que a forma côncava do terreno condiciona o movimento de partículas do solo, enquanto na faixa do terreno na forma convexa verificaram a inversão dos movimentos da massa do solo paralelamente ao sentido da vertente.

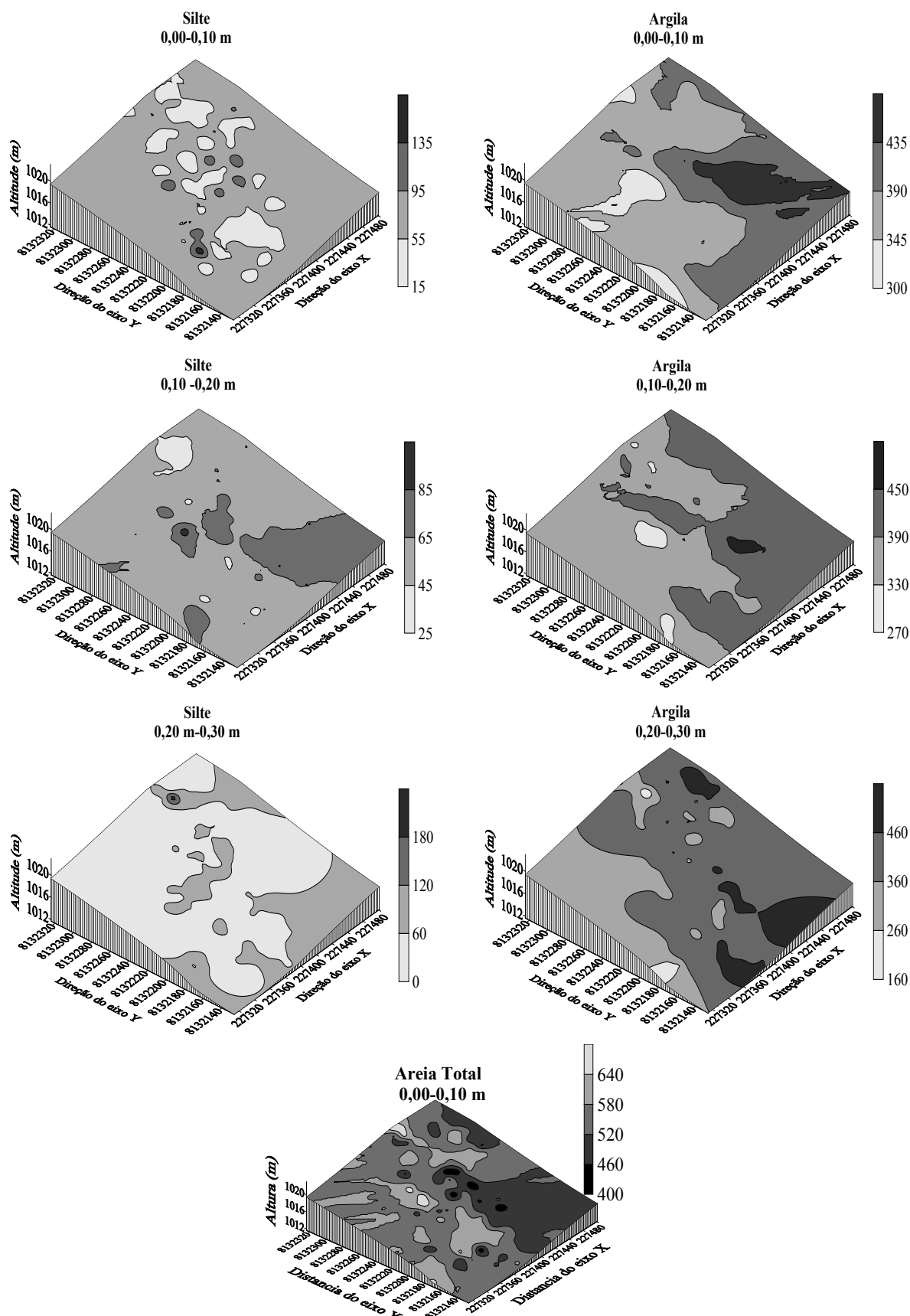


Figura 2 - Mapas da fração silte, argila e areia nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.
 Figure 2 - Maps of silt fraction, clay and sand in depths of from 0.00 to 0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m.

CONCLUSÕES

A migração de partículas seguiu o fluxo de água na vertente, causando o transporte de sedimentos seletivo;

As formas da vertente condicionam o movimento e concentração das partículas do solo;

A migração de argila para camadas subsuperficiais do solo é relacionada com a gênese do solo e ao carreamento de partículas pela água.

AGRADECIMENTOS

À empresa Brava pela disponibilidade da área de estudo e pelo financiamento do projeto, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida ao primeiro autor.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ASSIS, C. P.; OLIVEIRA, T. S.; DANTAS, J. N.; MENDONÇA, E. S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 138, p. 74-82, 2010.

BORTOLUZZI, E. C.; PERNES, M.; TESSIER, D. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um argissolo subtropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, 2008.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JUNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um argissolo no estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 37-47, 2011.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 94, 1986.

CAMPOS, C. C. M.; RIBEIRO, R. M.; SOUZA JUNIOR, V. S.; RIBEIRO RILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea terra firme na região de Humaitá (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, n. 1, p. 37-47, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; SIQUEIRA, D. S. Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 149-157, 2007.

DANTAS, J. D. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade do solo sob diferentes usos e manejos no perímetro irrigado de Jaguaribe-Apodi, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 1012-1022, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

GOLDEN SOFTWARE INC. **Surfer for windows**: release 9.0. Colorado: Golden, 2010.

GUNAL, H.; ERSAHIN, S.; BUKE, Y.Z.; BUDAK, M.; ACIR, N. Soil particle size distribution and solid fractal dimension as influenced by pretreatments. **Journal of Agricultural**, v. 17, n. 2, p. 217-229, 2011.

LEÃO, M. G. A.; MARQUES JUNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo sob cultivo de citros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 121-131, 2010.

LEÃO, M. G. A.; MARQUES JUNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; SIQUEIRA, D.; PEREIRA, G. T. Terrain forms and spatial variability of soil properties in an area cultivated with citrus. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 644-651, 2011.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho da alfaca em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1503-1510, 2009.

MANN, K. K.; SCHUMANN, A. W.; OBREZA, T. A.; HARRIS, W. G.; SHUKLA, S. Spatial variability of soil physical properties affecting Florida citrus production. **Soil Science**, v. 175, n. 2, p. 487-499, 2010.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 19-27, 2008.

- MION, L. R.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUZA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo a penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6, p. 2057-2066, 2012.
- MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P. Análise multivariada espacial na estimativa de erodibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 2175-2182, 2011.
- 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, p. 310-319, 2009.
- ROBERTSON, G. P. **GS+**: geostatistics for the environmental sciences. Plainwell, Michigan: Gamma Design Software, 1998. 152 p.
- SAMOUELIAN, A.; CORNU, S. Modelling the formation and evolution of soils, towards an initial synthesis. **Geoderma**, v. 145, p. 401-409, 2008.
- SANCHEZ, R. B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 1095-1103, 2009.
- SANTOS, D.; SOUZA, E. G.; NÓBREGA, L. H. P.; BAZZI, C. L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Variabilidade espacial de um Latossolo Vermelho após cultivo de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 1415-1425, 2012.
- SCHLOTZHAVER, S. D.; LITTELL, R. C. **SAS**: system for elementary statistical analysis. 2.ed. Cary, 1997. 905p.
- SEGPLAN. **Levantamento da produção agrícola do feijão no estado de Goiás**. Goiânia: SEGPLAN, 2012. 21p.
- SILVA JUNIOR, J. F.; SIQUEIRA, D.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 415-424, 2012.
- 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.
- SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 1012-1022, 2005.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of the physical and mineralogical properties of the soil from the areas with variation in landscape shapes. **Brazilian Archives of Biology Technology**, v. 52, n. 2, p. 305-316, 2009.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 309-319, 2004.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Manejo de irrigação**. Agência Embrapa de informação tecnológica, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>
- VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 372-377, 2010.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.
- 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. p.319-344.
- ZUCOLOTO, M.; DE SOUZA, J.S.; COELHO, R.I. Correlação e variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produção de bananeira prata-anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 1, n. 2, p. 479-484, 2011.