

COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB CULTIVO DE VIDEIRA NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

André Soares de Siqueira¹, Jorge Wilson Cortez², Hideo de Jesus Nagahama³, Nelci Olszewski³,
Eder Ignácio de Souza⁴

¹Eng. Agrícola e Ambiental, e-mail: deosiqueira@gmail.com

²Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, e-mail: jorge.cortez@yahoo.com.br

³UNIVASF- Universidade Federal do Vale do São Francisco, e-mail: hideo.nagahama@univasf.edu.br,
nelci.olszewski@univasf.edu.br, eder.inacio@hotmail.com

⁴Eng. Agrônomo - eder.inacio@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar especialmente a compactação em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com videira. A avaliação espacial permitiu identificar as zonas de maior concentração das cargas aplicadas pelo tráfego e pelo manejo, que ocorreram até a profundidade de 0,20m.

Palavras-chave: Resistência à penetração, agricultura de precisão, *Vitis vinifera*

COMPACTION IN YELLOW-RED ARGISOL UNDER A VINEYARD IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the spatial variability of soil compaction in Yellow-red Argisol cultivated with vines. The spatial analysis identified areas of greatest concentration of applied loads by traffic and the management, which occurred up to a depth of 0.20 m.

Keywords: Penetration resistance, precision agriculture, *Vitis vinifera*

INTRODUÇÃO

A vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco, Nordeste brasileiro, possui algumas particularidades quando comparada às zonas tradicionais de produção de uvas no mundo, visto a sua

localização entre os paralelos 8° e 9° de latitude Sul, em região de clima tropical semiárido, com temperatura média anual de 26 °C, altos índices de insolação e água abundante para irrigação (PEREIRA et al., 2011).

Os solos do Vale do Submédio São Francisco, são geralmente arenosos (CUNHA et al., 2008). Essas condições podem torná-los extremamente susceptíveis à degradação física, com destaque para a ocorrência de processos de compactação. Em áreas cultivadas existem, além da variabilidade natural, fontes adicionais de heterogeneidade no solo ocasionadas pelo manejo adotado (CAMARGO et al., 2010).

A resistência mecânica do solo à penetração (RP), por ter relações diretas com o desenvolvimento das plantas e por ser mais eficiente na identificação da compactação quando comparada à densidade do solo; tem sido o atributo físico mais adotado como indicativo da compactação (MARASCA et al., 2011). Esta característica pode apresentar variação em intensidade e em profundidade numa mesma área de cultivo e, em função dessa variabilidade espacial, pode ser estudada com auxílio da geoestatística.

O estudo da variabilidade do solo em áreas cultivadas com videiras submetidas ao tráfego de máquinas e/ou animais nas entrelinhas das plantas sobre o solo desprotegido ou mantido com longos períodos sem revolvimento, torna-se importante, devido à influência destes fatores em provocar deformações e compactação resultando deste modo, em

aumento de densidade e da resistência mecânica do solo à penetração, além de redução da porosidade total (COELHO et al., 2012 e MION et al., 2012).

López-Piñeiro et al. (2013) verificaram que o valor da resistência à penetração em videira, foi maior no preparo convencional com grade, do que em área com vegetação espontânea, e atribuíram este fato ao tráfego anual de máquinas. Seguel et al. (2011) verificaram que a resistência à penetração diminuiu nos sistemas de rotação de culturas.

Portanto, objetivou-se avaliar espacialmente a resistência à penetração em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com videira, utilizando técnicas da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um Perímetro Irrigado, localizado no município de Petrolina – PE entre as coordenadas geográficas 09° 34' 28" Latitude Sul e 40° 52' 07" Longitude Oeste; com altitude média de 407 m e, segundo a classificação de Köppen, o clima é tropical semi-árido, tipo BShw.

As áreas irrigadas da propriedade escolhida para o estudo são divididas em lotes e em talhões. O talhão selecionado possui as dimensões de 60 x 150 m. O solo

desta área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (AMARAL et al., 2006) e a área foi cultivada com videira em espaçamento de 3,5 m entre fileiras e 2,5 m entre plantas, sendo a mesma manejada com várias operações ao longo do ciclo da cultura

(Tabela 1). Foram registradas (Tabela 2) a composição granulométrica e a umidade gravimétrica determinada em amostras deformadas de solo (EMBRAPA, 2011) no momento da coleta dos dados de resistência à penetração.

Tabela 1. Atividades mecanizadas realizadas na área experimental (Petrolina - PE, 2012).

Atividades mecanizadas	Frequência
Pulverização	02 vezes por semana
Roçada na entre linha	03 vezes por ciclo
Adubação	01 vez por ciclo
Gradagem para reforma do camalhão*	01 vez por ciclo
Carreta para colheita	03 vezes por ciclo

* Camalhão – camada de solo amontado na linha de plantio visando o desenvolvimento do sistema radicular; bem como microdrenagem.

Tabela 2. Composição granulométrica e umidade do Argissolo Vermelho-Amarelo.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Umidade
m	kg kg ⁻¹			
0,00 - 0,10	0,684	0,100	0,216	0,09
0,10 - 0,20	0,575	0,198	0,227	0,08
0,20 - 0,30	0,659	0,079	0,262	0,08
0,30 - 0,40	0,534	0,203	0,263	0,08
0,40 - 0,50	0,517	0,201	0,282	0,08
0,50 - 0,60	0,495	0,210	0,295	0,09

Para a análise da resistência mecânica do solo à penetração (RP) utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, sendo contabilizado o número de impactos causados pela queda de uma massa metálica num curso constante nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m e posteriormente transformados para MPa (STOLF, 1991).

Para a verificação da espacialização da RP, montou-se uma malha regular de 30 x 30 m na linha de tráfego das máquinas agrícolas, ponto de maior compressão do solo. A avaliação da variabilidade espacial entre os 30 m de amostragens foi realizada por meio de micromalha coletando-se os dados a cada 10 m de distância na direção frontal e lateral ao caminhamento, totalizando 29 pontos.

Os dados foram inicialmente avaliados por meio de estatística descritiva. Segundo Vieira et al. (2002), obtendo-se média, desvio padrão, variância, coeficiente de variância, assimetria e curtose tem-se uma visão geral do comportamento dos dados. Efetuou-se, também, o Teste de Ryan-Joiner ao nível de 5 % de probabilidade para verificar a normalidade dos dados.

No ajuste do semivariograma foi observado o maior valor do coeficiente de determinação (R^2), menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS), maior valor do avaliador dependência espacial (ADE) e com a sobreposição os pontos ao modelo, pode-se verificar visualmente sua melhor adequação. Os semivariogramas forneceram estimativas dos parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance. O semivariograma apresenta efeito pepita puro quando a semivariância for igual para todos os valores de h . À medida que h aumenta, a semivariância também aumenta até um valor máximo no qual se estabiliza. A análise da dependência espacial (ADE) foi efetuada segundo metodologia descrita por Landim (1998), que classifica a ADE em fraca (ADE < 25 %), média (ADE entre 25 e 75 %) e forte (ADE > 75 %). Em seguida à modelagem dos semivariogramas, foi realizada a interpolação por “krigagem” ordinária para a estimativa de valores em locais não amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor médio da resistência mecânica do solo à penetração (RP) apresentou maior valor na camada 0,10-0,20 m (Figura 1), isso ocorre na área com cultivo

da videira devido ao tráfego de máquinas decorrente das atividades realizadas (Tabela 1). O uso de equipamentos de mobilização do solo também é comum no manejo da cultura da videira, principalmente para reforma do camalhão, nesta profundidade, com grade. Sugere-se que no cultivo da videira haja sistemas com rotação de culturas e com manejo mecânico das culturas das entrelinhas, o que favorece a diminuição dos valores de RP (SEGUEL et al., 2011 e LÓPEZ-PIÑEIRO et al., 2013).

A RP diminui a partir da camada de 0,20-0,30 m, ou seja, a camada 0,50-0,60 m apresentou o menor valor de RP (Figura 1). Conforme Lima et al. (2010), menores valores de RP em subsuperfície podem estar associados à maior porosidade do solo.

A camada 0,00-0,10 m não possui RP elevada (Figura 1), se comparada com os valores de Sene et al. (1985) para solos arenosos que é de 6,0 MPa o limite crítico. Na camada de 0,10-0,20 m os valores médios de RP chegaram próximos a 6,0 MPa, indicando limite crítico para o crescimento radicular. Reichert et al. (2009), ao estudarem como os sistemas de manejo influenciaram a porosidade total do solo, a

densidade do solo, a RP e os efeitos sobre o desenvolvimento radicular do feijoeiro, concluíram que o monitoramento contínuo da RP é fundamental para a interpretação dos seus efeitos sobre o crescimento radicular da cultura.

As camadas do solo avaliadas apresentaram coeficiente de variação (CV) muito alto para as camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, pois foram maiores que 62% (Tabela 3), e para as demais camadas analisadas, o CV foi classificado conforme descrito por Warrick e Nielsen (1980) em médio; visto que estes variam entre 12 e 62%.

O que pode explicar os valores encontrados para o coeficiente de variação seria que pequenas alterações no conteúdo da água determinam grandes variações na grandeza dependente, ou seja, na RP; uma vez que esse comportamento decorre, possivelmente, da influência da textura do solo, com predominância da fração areia nas profundidades avaliadas (SILVEIRA et al., 2010).

Pode-se observar que a camada 0,10-0,20 m apresentou maior valor de CV (Tabela 3).

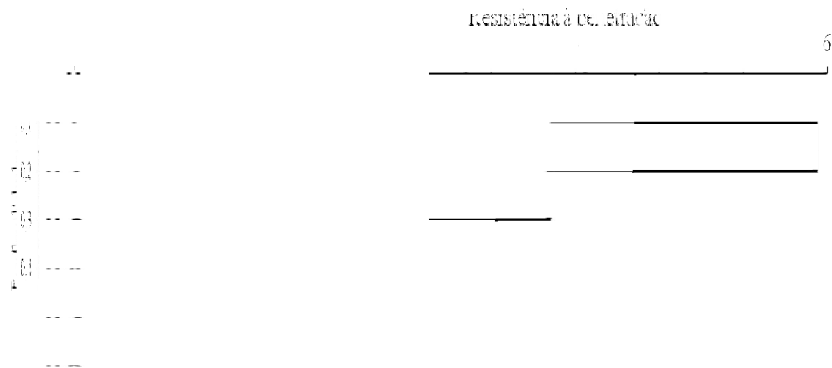


Figura 1. Valores médios da resistência mecânica do solo à penetração nas camadas avaliadas (Petrolina - PE, 2012).

Os valores de assimetria e kurtose observados para a RP se afastaram de zero, mostrando a variabilidade dos dados (Tabela 3). Esta afirmação pode ser comprovada quando se verifica o teste de normalidade; o qual indicou que as camadas apresentaram sem normalidade à exceção da camada de 0,50-0,60 m. A normalidade dos dados não é uma regra para a geoestatística, mais facilita a modelagem dos dados.

Nos semivariogramas ajustados pode-se observar os modelos esféricos para as camadas de 0,00-0,10; 0,20-0,30; 0,40-0,50 e 0,50-0,60m e, o exponencial para as camadas 0,10-0,20 e 0,30-0,40 m (Tabela 4). São os modelos de maior ocorrência para atributos físicos do solo (SILVEIRA et al., 2010; SOUZA et al., 2010; CORTEZ et al.,

2011; MARASCA et al., 2011 e COELHO et al., 2012).

O maior alcance (A) ocorreu na camada 0,00-0,10 m (130,20 m) enquanto que o menor valor de alcance foi observado na camada 0,30-0,40 m (7,60 m)(Tabela 4). Conforme Marasca et al. (2011), isto indica o limite da dependência espacial da variável e que os pontos coletados são independentes, quando amostrados em distâncias maiores que o alcance.

Mesmo com variação de efeito pepita entre 0,03 e 1,31, os valores de ADE se mantiveram entre 0,25 e 0,75 para as camadas 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m e acima de 0,75 para as camadas 0,00-0,10; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m; sendo classificados em moderado e forte, respectivamente (LANDIM, 1998).

Tabela 3. Estatística descritiva para resistência à penetração (MPa) (Petrolina - PE, 2012).

Parâmetros	Camadas avaliadas (m)					
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	0,50-0,60
Desvio Padrão	2,10	4,01	2,37	0,97	0,61	0,49
Variância	4,41	16,10	5,64	0,94	0,37	0,24
Mínimo	1,22	2,58	1,22	1,22	0,55	0,55
Máximo	10,01	22,16	14,06	5,95	3,93	14,73
CV (%)	56,48	67,93	64,26	46,90	37,98	32,56
Assimetria (As)	2,00	2,77	3,13	2,56	2,00	0,93
Kurtose (k)	4,00	9,08	12,46	8,63	6,81	0,50
Normalidade	0,88	0,83	0,82	0,89	0,94	0,98
Probabilidade	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	>0,10*

*: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner. **: distribuição não normal pelo teste de Ryan-Joiner. CV: coeficiente de variação.

Tabela 4. Dados do semivariograma para resistência a penetração nas camadas do solo avaliadas (Petrolina - PE, 2012).

Parâmetros	Camadas (m)					
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	0,50-0,60
Modelo	Esférico	Exponencial	Exponencial	Exponencial	Esférico	Esférico
Co	0,85	0,84	1,31	0,065	0,03	0,06
Co+C	6,34	3,18	4,63	0,20	0,14	0,25
Alcance	130,20	19,40	122,30	7,60	32,00	21,50
R ²	0,97	0,69	0,82	0,87	0,70	0,97
SQR	0,43	0,27	0,16	4,53x10 ⁻⁵	6,90x10 ⁻⁴	6,41x10 ⁻⁵
ADE	0,86	0,74	0,72	0,68	0,83	0,77
Classe	Forte	Moderado	Moderado	Moderado	Forte	Forte

Co = efeito pepita; Co+C = patamar; R² = coeficiente de determinação; SQR = soma dos quadrados dos desvios; ADE = avaliador da dependência espacial.

COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB CULTIVO DE VIDEIRA NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

A RP diminuiu à medida que a profundidade aumentou (Figura 2); contrariamente ao observado por Cortez et al. (2010) em trabalho de avaliação de RP conduzido em Argissolo Amarelo no Submédio do Rio São Francisco.

Os dados indicam o zoneamento da compactação (RP) em regiões específicas (Figura 2). Segundo Coelho et al. (2012), tal zoneamento possibilita o manejo localizado do solo.

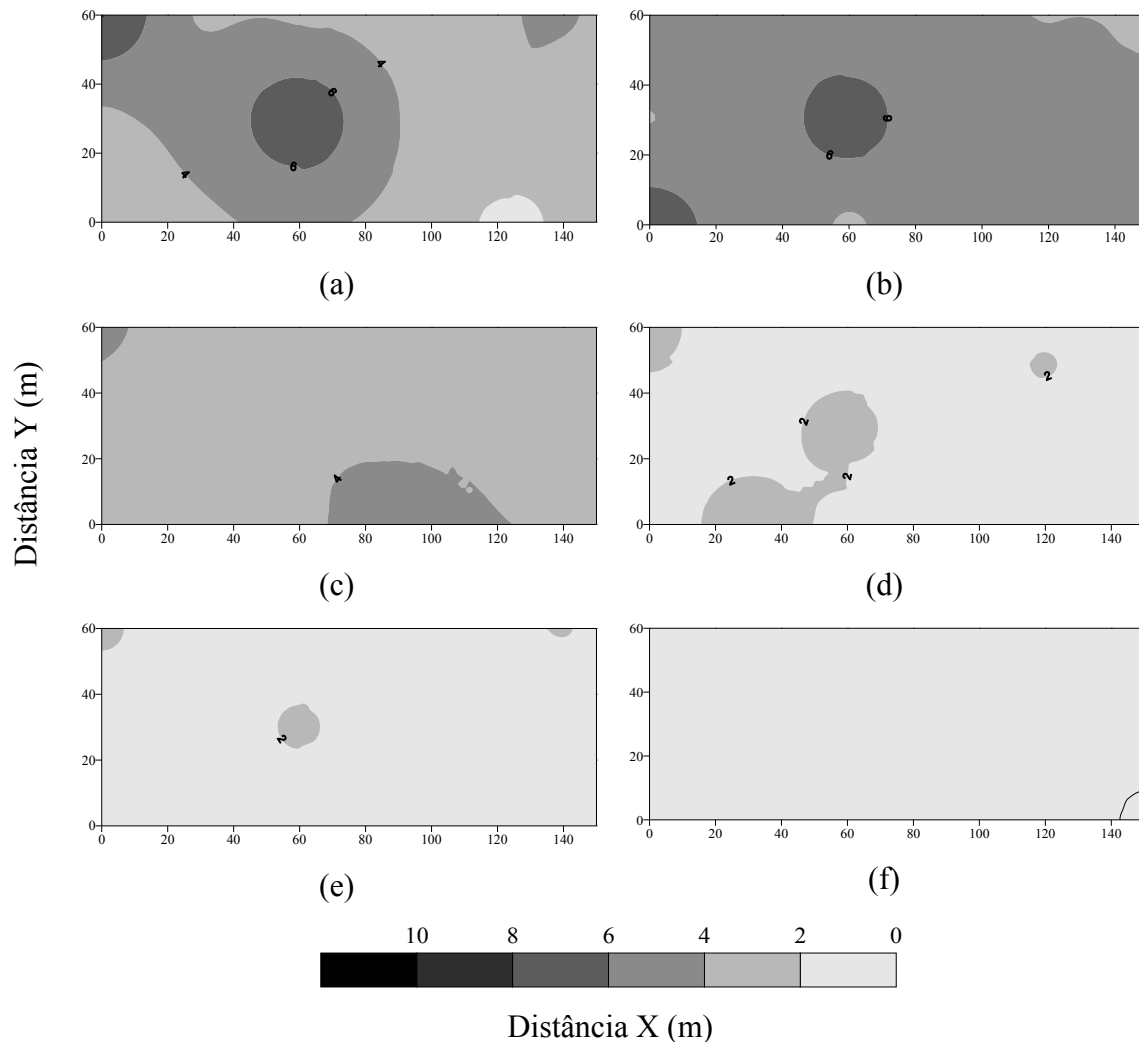


Figura 2. Mapas de isolinhas para resistência mecânica do solo à penetração (MPa) nas camadas avaliadas: (a) 0,00-0,10 m; (b) 0,10-0,20 m; (c) 0,20-0,30 m; (d) 0,30-0,40 m; (e) 0,40-0,50 m e (f) 0,50-0,60 m (Petrolina - PE, 2012).

Observa-se que a camada 0,10-0,20 m apresenta valores elevados de RP; isso ocorreu devido ao acúmulo de pressões proporcionadas pelo tráfego de máquinas e pela movimentação do solo para formação do camalhão. Outro fator poderia ser, segundo Bottega et al. (2011), a quantidade de água existente no solo está intimamente ligada aos valores de RP, e qualquer alteração da umidade pode modificar os valores de RP. Segundo Tavares Fiho et al. (2010), o valor crítico de RP é dependente das características de solo como textura, condição estrutural e manejo e da cultura a ser explorada.

Assis et al. (2009) afirmaram que a porcentagem das áreas com restrições ao desenvolvimento radicular pode aumentar a depender da umidade do solo; por isto, é importante o controle do teor de água na determinação da RP, uma vez que se pode evidenciar melhor os efeitos dos sistemas de manejo sobre a estrutura do solo.

CONCLUSÕES

As camadas superficiais apresentaram níveis de resistência mecânica do solo à penetração (RP) considerados críticos ao desenvolvimento radicular em solos arenosos. A área avaliada apresentou

em subsuperfície pontos sem restrição ao crescimento radicular.

A avaliação espacial permitiu identificar as zonas de maior concentração de RP em função das cargas aplicadas pelo tráfego e pelo manejo, que ocorreram nas camadas superficiais, possibilitando o manejo localizado.

A reforma da área para construção do camalhão com grade, aliada ao tráfego de máquinas na cultura da videira forma zonas de impedimentos ao crescimento radicular. Sugere-se, portanto, o manejo com plantas espontâneas ou culturas nas entrelinhas da videira visando à diminuição os efeitos da compactação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade do segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F. C. S.; SILVA, E. F.; MELO, A. S. 2006. **Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 104 p.
- ASSIS, R. L.; LAZARINI, G. D.; LANÇAS, K. P.; CARGNELUTTI FILHO, A. 2009. Avaliação da resistência do solo à

- penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 558-568.
- BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 331-336, 2011.
- CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. 2010. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 617-630.
- COELHO, D. S.; CORTEZ, J. W.; OLSZEWSKI, N. 2012. Variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em Vertissolo cultivado com manga no perímetro irrigado de Mandacaru, Juazeiro, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 755-763.
- CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. 2011. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216.
- CORTEZ, J.W.; FERREIRA, B.J.M.; OLSZEWSKI, N.; LOPES, H.L.; NAGAHAMA, H.J.. 2010. Variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em Argissolo Amarelo no semiárido nordestino. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 7, n. 2, p. 145-154.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 2011. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2.ed.. 230 p.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 1998. São Paulo: Fundação Editora da UNESP. 226 p. (Ciência e tecnologia).
- LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. 2010. Produtividade de culturas e Resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 89-98.
- LÓPES PEÑEIRO, A.; MUÑOZ, A.; ZAMORA, E.; RÁMIREZ, M. 2013. Influence of the management regime and phenological state of the vines on the physicochemical properties and the seasonal fluctuations of the microorganisms in a vineyard soil under semi-arid conditions. **Soil & Tillage Research**, New Jersey, v. 126, p. 119-126.
- MARASCA, I.; OLIVEIRA, C. A. A.; GUIMARÃES, E. C.; CUNHA, J. P. A. R.; ASSIS, R. L.; PERIN, A.; MENEZES, L. A. S. 2011. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto, na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 239-246.
- MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. 2012. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo Amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066.
- PEREIRA, G. E.; ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, J.; VANDERLINDE, R.; LIMA, L. L. A. 2011. Chemical and aromatic characteristics of Brazilian tropical wines. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 910, p. 135-140.
- PIMENTEL-GOMES, F. 2000. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Degaspari, 14. ed.. 477 p.

- REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. 2009. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.3, p. 310-319.
- SEGUEL, O.; BAGINSKY, C.; CONTRERAS, A.; COVARRUIAS, J.; GONZÁLEZ, C.; SANDOVAL, M. 2011. Changes in physical properties of a typic haplocambid by annual crop culture. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 11, n. 1, p. 1-15.
- SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G. C.; DENTON, H. P. 1985. Relationship of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 2, p. 422-427.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. 2010. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 659-667.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. 2010. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 48-56.
- STOLF, R. 1991. Teoria e teste experimental de formulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 229-235.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; RIBON, A. A. Physical properties Red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 925-933, 2010.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. 2002. **Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data**. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, J. M., eds. *Tópicos em Ciência do Solo*, v. 2, p. 1-45.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. 1980. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, p. 319-344.

Recebido em: 24/11/2014

Aceito para publicação em: 07/04/2015