

ESTRATIFICAÇÃO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM UM LATOSSOLO SOB PLANTIO CONVENCIONAL USANDO FERRAMENTAS DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.

G. J. SILVA¹; M. M. ESPINOSA²; A. BIANCHINI³; J. C. de S. MAIA³; R. P. ROSA⁴; R. F. DAROS⁴.

RESUMO: Camadas com diferentes estados de compactação afetam a dinâmica da água no solo influenciando no manejo da irrigação, na produção e na conservação do solo. A penetrometria é a metodologia mais utilizada para dimensionar e localizar camadas compactadas do solo. A estratificação da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) é dificultada em razão da variabilidade horizontal e vertical e aspecto multicolinear dos valores medidos nas diferentes profundidades do solo. O objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar a estratificação vertical da RMSP em um LATOSSOLO sob plantio convencional, usando técnicas da estatística multivariada. Foram utilizados dados de RMSP, obtidos na linha e na entrelinha de semeadura, por penetrômetro eletrônico, em 120 pontos distribuídos em malha de 6 m x 10 m. As técnicas multivariadas, análise fatorial com rotação ortogonal e de agrupamento hierárquico, permitiram identificar cinco e quatro camadas de resistências semelhantes nas posições linha e entrelinha respectivamente. A aplicação dessas técnicas resultou na estratificação da RMSP de forma adequada e coerente com a diversidade de fatores envolvidos, caracterizando-se em subsídio na tomada de decisão.

PALAVRAS CHAVE: compactação, análise fatorial, agrupamento hierárquico.

PROFILE PENETRATION RESISTANCE OF A YELLOW- RED LATOSOL (OXISOL) UNDER CONVENTIONAL TILLAGE CHARACTERIZED THROUGH MULTIVARIATE STATISTICAL TECHNIQUES.

SUMMARY: Soil layers with different degrees of compaction affect the dynamics of soil water influencing in the management of irrigation, production plants and soil conservation. The penetrometry is the most widely used method for sizing and locating compacted soil layers. The stratification of soil mechanical resistance to penetration (MRSP) is difficult due to the horizontal and vertical variability and the multicollinearity of values measured at different soil depths. The objective of this study was to identify and characterize the vertical stratification of the soil mechanical resistance to penetration in a Yellow-Red Latosol in conventional tillage, using multivariate statistical techniques. The MRSP data were obtained in the sowing line and in between sowing line using an electronic penetrometer at 120 points distributed in mesh 6 m x 10 m. Five and four soil layers with similar strength was identified in the line sowing and between planting row respectively by the multivariate techniques used. The soil strength stratification by these techniques applied showed appropriate and consistent with the diversity of factors involved, supporting the decision-making.

KEYWORDS: Compacted layers, factor analysis, hierarchical clustering.

¹ Prof MSc do IFMT-CACERES-MT, aluno do curso de doutorado do programa de pós- graduação em Agricultura Tropical FAMEV/UFMT. Rua 47, 609, CEP 78068365, Cuiabá MT. Fone 65 36158999. e-mail: gjsilva@ufmt.br.

² Professor e pesquisador do Departamento de Estatística - ICET/UFMT e do programa de pós- graduação em Agricultura Tropical FAME/UFMT, Cuiabá, MT.

³ Professor / pesquisador do programa de pós- graduação em Agricultura Tropical FAME/UFMT, Cuiabá, MT.

⁴ Aluno de graduação bolsista de iniciação científica FAME/UFMT, Cuiabá, MT.

INTRODUÇÃO

A presença de camada compactada no perfil do solo, indevidamente manejado, pode impedir o pleno desenvolvimento das raízes, por reduzir a disponibilidade e o fluxo de oxigênio, água e sais minerais (DAY & HOLMGREN, 1952), alterar a biota dos solos e promover a aceleração de processos de degradação deste recurso natural, afetando a produção vegetal e o meio ambiente (PUPIN et al., 2010). Inúmeros trabalhos avaliaram os efeitos da compactação sobre a disponibilidade, armazenamento e fluxos de água no solo. SILVA et al., (2006) verificaram redução de até 52 % no consumo de água do algodoeiro, quando a densidade da camada subsuperficial aumentou de 1,0 para 1,5 Mg m⁻³ e restringia o fluxo ascendente de água.

A resistência mecânica do solo à penetração medida por um penetrômetro é uma forma fácil e rápida de identificar e localizar camadas compactadas do solo, segundo REICHERT et al., (2007). Todavia, MISRA et al. (1986) afirmaram que o penetrômetro fornece valores de resistência à penetração duas a oito vezes maiores que a resistência encontrada pelas raízes.

A penetrometria é uma prática polêmica e controversa e são referenciados como níveis críticos da resistência à penetração, valores que podem variar de 1,5 MPa (NESMITH, 1987) a 7,0 MPa como sugerem SENE et al. (1985) para solos arenosos. Entretanto, tem se aceito o valor de 2 MPa como impeditivo ao crescimento radicular (TORMENA et al., 1998).

Para WEIRICH NETO et al., (2006), é difícil definir os limites das camadas de solo com resistência semelhantes, em que a média pode ser um bom parâmetro. Para os autores, a definição arbitrária desses estratos conduz a conclusões errôneas e às baixas correlações verificadas entre compactação dos solos e rendimento de culturas. Os autores sugeriram a aplicação da técnica de análise fatorial como ferramenta de análises estatística para estratificação do perfil de resistência do solo à penetração em uma área sob plantio direto.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar a estratificação vertical da resistência mecânica do solo à penetração em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico submetido à prática do preparo convencional, através do uso consecutivo das técnicas de análise fatorial e de agrupamento hierárquico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de penetrometria foram realizados em área de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico pertencente ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de

Mato Grosso, campus de São Vicente. A área estava ocupada com milho em sucessão à cultura da soja. O preparo do solo para semeadura da soja foi feito com as operações de escarificação, gradagem pesada e gradagem niveladora, sendo que a área foi anteriormente ocupada com pastagem. Na aquisição dos dados de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi utilizado um penetrógrafo eletrônico de velocidade constante, desenvolvido por BIANCHINI et al., (2002) em conformidade com a norma S313-2 (ASAE, 1998).

Foram realizados dois ensaios sobre a linha de semeadura (LS) e dois na entrelinha (EL), em pontos equidistantes ao vértice de uma malha retangular de 6m X 10 m resultando um total de 120 pontos ensaiados, sendo 60 ensaios em cada posição LS ou EL. Os ensaios foram efetuados até a profundidade de 300 mm, com registro de dados de RMSP a cada 2,5 mm de avanço do cone. Para realização das análises estatísticas, calculou-se a média dos quatro registros de RMSP obtidos a cada 1 cm de profundidade resultando em 30 dados de RMSP para o perfil de cada ponto amostrado.

Considerando os intervalos de profundidade de um centímetro como variáveis independentes, efetuou-se a análise multivariada utilizando a técnica de análise fatorial, para definir intervalos de profundidades nos quais a RMSP apresentasse variabilidade semelhante. A tendência de formação de camada é evidenciada por valores elevados dos coeficientes de correlação entre a RMSP nas diferentes profundidades e fatores modelados pelas combinações lineares das variáveis medidas. Em princípio, o número de variáveis latentes ou fatores, extraídos da matriz, nesse caso, de correlação é igual ao número de variáveis medidas ($p = m$), entretanto, freqüentemente um pequeno número de fatores é capaz de explicar parte significativa da variância associada aos dados.

A rotação ortogonal Varimax facilita a interpretação dos resultados ao minimizar o número de variáveis que cada grupamento terá. Definido o número de fatores, ou seja, intervalos de profundidades (camadas) foi realizada, a título de confirmação e para melhor apresentação dos resultados (dendograma), uma análise de agrupamento hierárquico usando a média como método de conexão e o número de fatores definido pela análise fatorial como número de grupos a serem formados na partição final. Uma vez determinada a estratificação do perfil de RMSP para cada situação, calcularam-se os valores médios da RMSP por camada para cada ponto ensaiado e foi feita a análise descritiva dos valores obtidos. Utilizou-se o pacote estatístico Minitab versão 15 (Minitab, 2008) para processamento e análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUÇÃO

Na Figura 1, são retratadas as cargas ou autovalores associados aos fatores ou variáveis latentes obtidos pela análise de componentes principais, na análise fatorial.

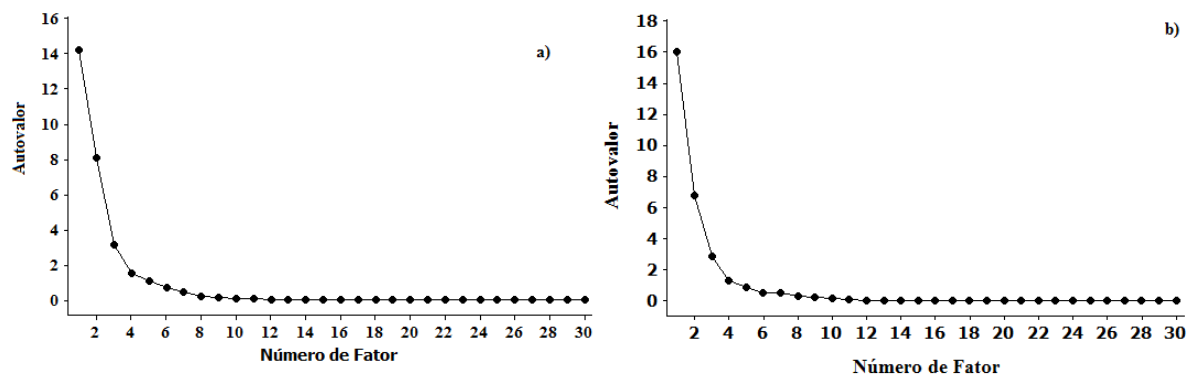


Figura 1. Autovalores e fatores relativos à variabilidade da resistência do solo à penetração em profundidade, medida na linha (a) e na entrelinha (b) em LATOSSOLO sob plantio convencional

Ao observar a Figura 1, verifica-se que as maiores cargas recaem sobre os três primeiros fatores e que para as duas situações, de quatro a seis fatores são capazes de explicar a satisfatoriamente a variabilidade da RMSP nos trinta intervalos de profundidade.

O perfil da RMSP nas linhas de semeadura (Figura 2. a) se estratifica em cinco camadas enquanto que são formadas quatro camadas no solo das entrelinhas (Figura 2. b).

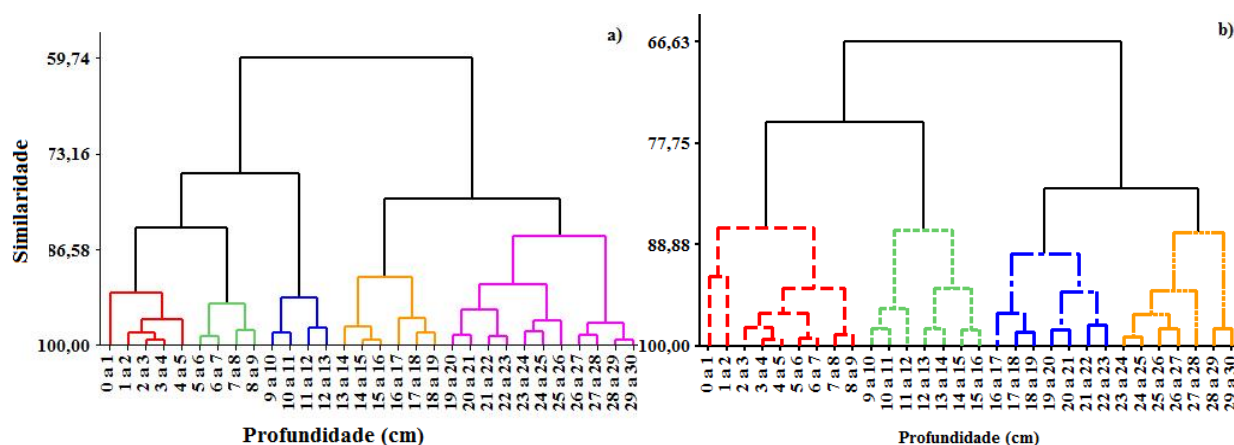


Figura 2. Distância de coeficiente de correlação, agrupamento pelo critério da média da resistência mecânica do solo à penetração em relação com a profundidade, nas linhas (a) e entrelinhas (b) de um LATOSSOLO em plantio convencional.

O maior número de camadas verificado sob a fileira de semeadura, muito provavelmente se deva a maior variabilidade da RMSP decorrente da atividade radicular das plantas nesta região. Isso se explica ainda, pela ação localizada dos discos de corte da semeadora por ocasião do plantio e pela ausência de passagem de rodados sobre a mesma. Já

nas entrelinhas, a reduzida ação das raízes, aliada à passagem de rodados de máquinas tendem a elevar o estado de compactação e homogeneizar as características do perfil do solo.

Pela observação dos coeficientes de variação expostos no Quadro 1, pode se dizer que a RMSP apresenta elevada variabilidade concordando com SOUZA et al. (2006). Neste caso, verifica-se que a variabilidade da RMSP demonstrada pelo coeficiente de variação decresce com o aumento da profundidade.

Quadro 1. Média da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e coeficiente de variação (CV) por camada, de sessenta observações em duas posições de ensaio, para um LATOSSOLO submetido ao plantio convencional (PC)

| Número | Linha de semeadura | | | Entrelinha | | |
|--------|--------------------|------------|-------|-------------|------------|-------|
| | Camada (cm) | RMSP (MPa) | CV | Camada (cm) | RMSP (MPa) | CV |
| 1 | 0 a 5 | 0,999 | 71,98 | 0 a 9 | 1,627 | 54,14 |
| 2 | 5 a 9 | 1,735 | 44,05 | 9 a 16 | 2,25 | 24,89 |
| 3 | 9 a 13 | 2,164 | 31,95 | 16 a 23 | 1,953 | 23,27 |
| 4 | 13 a 19 | 2,244 | 25,59 | 23 a 30 | 1,573 | 17,55 |
| 5 | 19 a 30 | 1,71 | 21,62 | XXX | XXX | XXX |

A variabilidade da RMSP na camada superficial (número 1) é cerca de três vezes maior que a variabilidade observada na camada mais profunda. Percebe-se ainda, diferenças entre a variabilidade das RMSP(s) nas duas posições de ensaio, sendo aquela ocorrida nos resultados dos ensaios sobre as linhas de semeadura, uma vez e meia maior que a variabilidade da RMSP registrada para os ensaios realizados nas entrelinhas. Este comportamento geral em relação à variabilidade da RMSP é coerente com os atributos e eventos envolvidos, capazes de influenciarem na resposta do solo em termos da resistência à penetração.

A maior variabilidade da RMSP na camada superficial se explica por essa camada ser uma zona de transição solo/atmosfera sendo a camada mais sujeita às influências externas.

A estratificação do perfil da RMSP, em número e espessura de camadas, parece claramente influenciada ou mesmo determinada pelo manejo do solo e posição do ensaio. A formação da camada mais profunda parece ser devida a fatores pedogenéticos uma vez que é uma camada menos sujeita às influências e intervenções externas.

Embora não se tenha realizado teste estatístico para avaliar os efeitos das fontes de variação, parece haver diferenças, em média, da RMSP em profundidade e posições de ensaio. No intervalo de 9 cm a cerca de 20 cm de profundidade, os valores de RMSP limitariam o pleno desenvolvimento radicular das plantas conforme TORMENA et al., (1998).

CONCLUSÕES

As técnicas multivariadas de análise fatorial e de agrupamento hierárquico foram eficientes e apropriadas na estratificação da resistência mecânica do solo à penetração e permitiram identificar cinco e quatro camadas de resistências semelhantes nas posições linha e entrelinha respectivamente. O que permitiu concluir que houve um comportamento diferenciado da resistência do solo à penetração, em termos de formação de camadas, sob as linhas de semeadura e nas entrelinhas. Assim, a aplicação dessas técnicas multivariadas, resultou na estratificação da RMSP de forma adequada e coerente, com a diversidade de fatores envolvidos, caracterizando-se em subsídio na tomada de decisão sobre o manejo da irrigação, na produção e na conservação de um LATOSSOLO sob plantio convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE -American Society of Agricultural Engineers. Soil cone penetrometer. ASAE Standards S313.2. St. Joseph, p.820-821. 1998.
- BIANCHINI, A.; MAIA, J. C. S.; MAGALHAES, P. S. G.; CAPELLI, N.; UMEZU, C. K. Penetrógrafo eletrônico automático. Eng. Agri. Amb. 6:332-336. 2002.
- DAY, P.R. & HOLMGREN, G. G. Microscopic changes in soil structure during compression. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. n. 16, p. 73-77. 1952.
- MINITAB. Minitab for Windows: Version 15.0 Pennsylvania: State College: Minitab Statistical Software, 2008.
- MISRA, R. K.; DEXTER, A. R.; ALSTON, A. M. Maximum axial and radial growth pressure of plant roots. Plant and Soil. 98:315-326. 1986.
- NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soyabean on Ultissol. Soil Science Society of America Journal, Madison, 51:183-186. 1987.
- PUPIN, B., FREDDI, O. S., NAHAS, E. Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, p.1207-1213, 2009.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5.p.49-134. 2007.
- S E N E, M.; V E P R A S K A S, M. J.; N A D E R M A N, G. C. y DENTON, H. P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:422-427. 1985.
- SOUZA, Z, M.de; CAMPOS, M. C. C.; CAVALCANTE, Í.H.L.; MARQUES JÚNIOR, J.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S. R. de. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.1, p.128-134, 2006.
- SILVA, G. J.; MAIA, J.C. de S. & BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 30.p. 31-40, 2006.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo. n. 22, p. 573-581. 1998.
- WEIRICH NETO, P. H.; BORGHI, E.; SVERZUT, C. B.; MANTOVANI, E. C.; GOMIDE, R. L.; NEWES, W. L. C. Análise multivariada da resistência do solo à penetração sob plantio direto. Ciência rural, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1186-1192, 2006.