

Distribuição espacial da resistência do solo à penetração de um LATOSSOLO AMARELO sob pastejo intensivo

Andreza Rocha Alves¹; Fernando Silva Araújo²; Vâmilla Rafaella Silva Mariano¹; Thamires da Silva Araújo¹; José Adeilson Medeiros do Nascimento⁽³⁾; Guilherme Augusto Drehmer¹.

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia na Universidade Estadual do Piauí, *Campus Alexandre Alves de Oliveira*, Parnaíba-PI. E-mail andrezakadosh2013@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto da Universidade Estadual do Piauí, *campus Professor Alexandre Alves de Oliveira*, Parnaíba-PI; ⁽³⁾ Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará, *Campus de Tianguá*, Tianguá-CE.

RESUMO: Conhecer a variabilidade espacial de atributos físicos do solo relacionados a processos responsáveis pela produtividade das culturas é primordial para definição de zonas de manejo específico do solo, visando à sustentabilidade da produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi estudar a estrutura de dependência espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo amarelo. O experimento foi realizado na Fazenda Balde Cheio, Município de Parnaíba, PI (02° 54' 18" S 41° 46' 37"). O clima é o tropical chuvoso (Aw) pelo critério de classificação de Koppen. A área é de topografia suave ondulada e o solo foi classificado como um LATOSSOLO AMARELO, distrófico, textura média fase caatinga litorânea. Foram coletadas com o uso de um trado, amostras de solo nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos regulares de 10m em uma área de 1 há. Foi utilizado um penetrômetro eletrônico modelo IAA/Planalsucar com ângulo de cone de 30°. A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca. Os valores de resistência do solo à penetração variaram de 108 a 3751 KPa na profundidade 0 a 0,10m e 278,00 a 4091 KPa na profundidade 0,10 a 0,20m e os valores médios obtidos foram de 1401,16 e 2092,321 KPa, respectivamente. A resistência do solo à penetração apresentou estrutura de dependência espacial, e baixo e moderado grau de dependência espacial, nas profundidades estudadas.

Termos de indexação: Compactação do solo, Dependência espacial, índice de cone

INTRODUÇÃO

O solo sob influência de pastagem tende a interferir diretamente nos mais diversos atributos considerados indicadores da qualidade do solo. O grau de compactação causado pelo pisoteio bovino é influenciado pela textura do solo, sistema de

pastejo e altura de manejo da pastagem (Leão *et al.* 2004) e umidade do solo.

A análise de resistência do solo à penetração sob pressão causada pela carga de animais é indispensável para verificar essas alterações, que por sua vez, influenciam a sua qualidade.

Segundo (Pedrotti *et al.* 2001), a resistência à penetração serve para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele. No entanto a pressão causada pelo pisoteio de animais influencia diretamente na compactação, alterando alguns atributos do solo, como, a resistência, densidade, porosidade. O efeito deste pisoteio sobre as propriedades físicas são mais pronunciados nas camadas superficiais do solo, conforme constatado por (Trein *et al.*, 1991).

A produtividade está diretamente relacionada às variações e alterações desses componentes, pois exerce uma dependência com a qualidade do solo. A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas que expressa o grau de compactação, e consequentemente a facilidade com que as raízes penetram no solo (Fuentes Llanillo *et al.*, 2006).

Conforme (Souza *et al.*(2004), os atributos físicos do solo variam entre pontos relativamente próximos em áreas de mesma unidade taxonômica, muitas vezes de forma significativa. A resistência é um dos critérios mais utilizados para analisar o grau de compactação.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo estudar a estrutura de dependência espacial da resistência do solo à penetração de um Latossolo Amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Balde Cheio, Município de Parnaíba, PI (02° 54' 18" S 41° 46' 37"). O clima é o tropical chuvoso (Aw) pelo critério de classificação de Koppen. A área é de topografia suave ondulada e o solo foi classificado como um LATOSSOLO AMARELO, distrófico, textura média fase caatinga litorânea. O



mapeamento da resistência do solo a penetração foi realizado nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos regulares de 10m em uma área de 1 há.

Para determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro eletrônico modelo IAA/Planalsucar com ângulo de cone de 30°. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência a penetração será obtida pela fórmula de (Stolf 1991), a seguir:

$$R = \frac{Mg + mg + \left(\frac{M}{M+m} \times \frac{Mgh}{x} \right)}{A}$$

Em que: **R** é a resistência à penetração, kgf cm⁻² (kgfcm⁻² * 0,098 = Mpa); **M** a massa do êmbolo, 4 kg (Mg – 4 kgf); **m** a massa do aparelho sem êmbolo, 3,2 kg (Mg – 3,2 kgf); **h** a altura de queda do êmbolo, 40 cm; **x** a penetração da haste do aparelho, cm/impacto, e **A** a área do cone, 1,29 cm².

A resistência do solo à Penetração foi avaliada por meio da análise estatística descritiva. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do programa computacional SAS 9.0.

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) são 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 $\hat{\gamma}(h)$, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C₀; patamar, C₀+C₁; e o alcance, a). Para analisar o grau da dependência espacial do atributo em estudo, foi utilizado a classificação de (Cambardella *et al.* 1994), considerando-se como dependência forte < 25%; dependência moderada de 25 a 75 %; dependência fraca > 75 %.

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, utilizou-se o exame de semivariogramas, por meio do programa GS⁺. Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o melhor R² (coeficiente de determinação), menor SQR (soma

de quadrados do resíduo). Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o programa Surfer 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao teste Shapiro-Wilk indicaram normalidade para resistência do solo a penetração (RSP) apenas na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais e estatística descritiva da resistência à penetração em um LATOSSOLO sob pastagem nas profundidades 0 a 0,10m e 0,10 a 0,20m.

Parâmetro	RP(Kpa)	Parâmetro	RP(Kpa)
Profundidade 0 a 0,10 m			
Modelo	Esferico	Média	1401,16
C ₀	59200,0	Mediana	1322,00
C ₀ +C ₁	268100,0	Mínimo	108,00
a (m)	9,30	Máximo	3751,00
GDE (%)	22,08	DP	627,04
R ² (%)	89,6	CV (%)	31,99%
SQR	6,85	Cs	0,01 (0,21)
N	140	Ck	-0,16 (0,42)
Outlier	14	W	0,97 ^{ns}
Profundidade 0,10 a 0,20 m			
Modelo	Exponencial	Média	2092,321
C ₀	173700,0	Mediana	2057
C ₀ +C ₁	366600,0	Mínimo	278
a (m)	18,60	Máximo	4091
GDE (%)	47,38	DP	669,3153
R ² (%)	96,7	CV (%)	44,75%
SQR	2,67	Cs	0,22 (0,21)
N	140	Ck	0,61 (0,42)
Outlier	13	W	0,99 ^{**}

C₀= efeito pepita; C₀+C₁= patamar; a= alcance; GDE= grau de dependência espacial; R²= coeficiente de determinação do modelo; SQR= soma de quadrados do resíduo; n= tamanho da amostra; DP= desvio padrão; CV= coeficiente de variação; Cs= assimetria; Ck= curtose; W= estatística do teste Shapiro-Wilk; **= significativo a 5% de probabilidade.

Os valores da média e mediana para a RSP, nas duas profundidades estudadas, apresentaram-se bem próximos dentro de mesma profundidade. Observa-se uma variação entre os valores mínimos e máximos de resistência do solo à penetração, não apresentando, assim, valores homogêneos, devido a intensa pressão causada pelo pisoteio de animais.

Em relação ao coeficiente de variação, houve um aumento do mesmo nas profundidades 0,10 a 0,20m. Estudando a variabilidade espacial da resistências do solo, (Warrick & Nielsen, 1980), a RSP observou valores médios (<60%) em todas as profundidades estudadas.

Quanto à variabilidade espacial, foi observada

dependência espacial para RSP em todas as profundidades estudadas com ajuste ao modelo esférico (Tabela 1 e Figura 1).

Pesquisas vem mostrando que para a variabilidade espacial, o modelo esférico como de maior ocorrência para atributos físicos do solo (Mion *et al.*, 2012).

Como a RSP apresentou estrutura de dependência espacial, os parâmetros dos semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar valores locais não amostrados por meio da krigagem, para confecção de mapas temáticos da distribuição espacial da RSP, (Figura 2). Os valores estimados foram agrupados em uma escala de cores, contendo quatro classes para as duas profundidades estudadas.

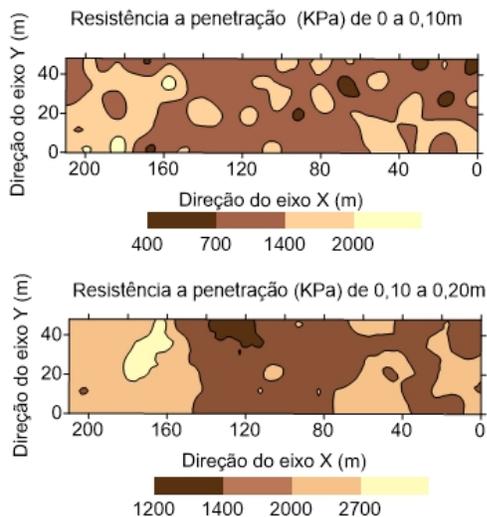


Figura 2 – Distribuição espacial de resistência à penetração em área de pastagem degradada na profundidade de 0 a 0,10m (a) e 0,10 a 0,20 m (b).

Os valores de resistência do solo à penetração variam de 108 a 3751 KPa na profundidade 0 a 0,10m e 278,00 a 4091 KPa na profundidade 0,10 a 0,20m, e os valores médios obtidos foram de 1401,16 e 2092,321 KPa, respectivamente. Valores críticos de resistência à penetração para o crescimento do sistema radicular de gramíneas têm sido reportados na literatura, e a maioria dos trabalhos concordam em assinalar um valor limite em torno de 2,5 Mpa (Taylor & Burnett, 1964; Semmel *et al.*, 1990).

O alcance (a) indica a distância limite entre pontos correlacionados entre si. Pontos coletados com distancia maiores que o alcance são independentes e, para sua análise, pode-se utilizar a estatística clássica (Vieira, 2000). O maior alcance foi de 18,60m na profundidade de 0,0-0,10m com decréscimo de acordo com a

profundidade de amostragem, dados que corroboram com (Grego *et al.*, 2012).

A variabilidade de resistência nesta propriedade tende a ser maior nas camadas mais superficiais, pois esta apresentou uma maior variação espacial da RSP na profundidade 0 a 0,10m, apresentando-se mais uniforme. A resistência apresentou-se maior nas extremidades, isso demonstra que o pisoteio animal é mais concentrado nessas regiões.

Os resultados da resistência a penetração indicam que a área de estudo encontra-se em condições para o desenvolvimento da pastagem, visto que, valores entre 2000 e 2,500 KPa, tem sido indicados como limites críticos de RSP para culturas agrícolas (Neves Junior *et al.*, 2013), com tudo, a RSP tem relação direta com a umidade do solo, o que pode explicar os valores encontrados para a amplitude e o coeficiente de variação.

Estudando a variabilidade espacial de atributos físicos do solo (Mion *et al.* 2012), encontraram resultados semelhantes aos apresentados nesse trabalho com maiores valores de RSP encontrados na camada subsuperficial do solo.

De acordo com (Pires *et al.* 2012), o efeito compactante do pisoteio animal na camada superficial do solo, pode resultar em alteração da estrutura, selamento superficial e compactação.

CONCLUSÕES

A resistência do solo à penetração apresentou estrutura de dependência espacial, apresentando baixo e moderado grau de dependência espacial nas camadas do solo estudadas.

REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C.A. *et al.* Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58:1501-1511, 1994.
- FUENTES, R.L.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F.; FERREIRA, R.R.M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos diferentes sistemas de preparo em culturas anuais. Semana: Ciências Agrárias, Londrina, 27:205-220, 2006.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V.P.B. 2004. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 28:415-423.
- MION, R.L. *et al.* Variabilidade especial da porosidade total, umidade e resistência do solo a penetração de um Argilissolo amarelo. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 33:2057-2066, 2012.



NEVES JUNIOR, A.F. et al. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 37:232-241, 2013.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A. & CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:521-529, 2001.

PIRES, B.S. et al. Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:635-642, 2012.

SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta, em Selvíria, MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:699-707, 2001.

TAYLOR, H.M.; BURNETT, E. Influence of soil strength on root growth habits of plants. *Soil Science*, Baltimore, 98:174-180, 1964.

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:105-111, 1991.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. *et al.* (Eds). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1:1-53, 2000.