

Resistência à penetração em Argissolo sob vegetação natural em regeneração e pastagem.

**Sammy Sidney Rocha Matias¹; Roberto Lustosa Silva²; Fabrício Ribeiro Andrade²,
Júlio Cesar Azevedo Nóbrega¹; Faubth Cunha Amorim³; Euvaldo de Sousa Costa Júnior³.**

⁽¹⁾ Prof. Dr Universidade Federal do Piauí/UFPI/Bom Jesus-PI, Campus Profª Cinobelina Elvas – BR 135, Km 03, Planalto Horizonte, CEP: 64900 - 000 - Bom Jesus-PI; Email: ymmsa2001@yahoo.com.br; juliocnobrega@gmail.com. ⁽²⁾ Alunos do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Federal do Piauí/UFPI/Campus Profª Cinobelina Elvas – BR 135, Km 03, Planalto Horizonte, CEP: 64900 - 000 - Bom Jesus-PI. E-mail: robertofolha2010@hotmail.com; fabricioandradaegro@gmail.com. ⁽³⁾ Aluno de graduação do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Piauí/UESPI/Corrente-PI, Rua Prof.ª Joaquina Nogueira de Oliveira, s/n, Aeroporto, CEP:64980-000 - Corrente-PI. E-mail: fabimamorim1@hotmail.com; euvaldodesousacosta@hotmail.com.

RESUMO: A variabilidade espacial da resistência à penetração do solo influencia o manejo e o desenvolvimento das culturas. Neste sentido o presente estudo objetivou-se avaliar a variabilidade física do solo por meio da resistência à penetração utilizando a técnica da geoestatística de um Argissolo sob vegetação natural em regeneração e pastagem no município de Corrente-PI. O trabalho foi realizado no município de Corrente-PI, na fazenda Caxingo, em uma área de vegetação natural em regeneração e adjacente a esta uma área de pastagem. As amostras de solo foram retiradas de uma profundidade de 0,00 - 0,20 m e 0,20-0,40 m, em uma malha, com intervalo regular de 10 m, totalizando 100 pontos. Em cada amostra, foi analisado a resistência a penetração. A resistência à penetração indicou dependência espacial permitindo o seu mapeamento. O mapeamento da resistência à penetração permite manejar de forma correta a área.

Termos de indexação: solo, compactação, física.

INTRODUÇÃO

Em termos agronômicos, os sistemas de uso e manejo devem manter a capacidade do solo, exercer as funções físicas para o crescimento e ancoragem das raízes, favorecer o suprimento de água, nutrientes e O₂ às plantas. A perda de solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação são alguns dos fatores que concorrem para a degradação física do solo, com consequente perda de uma ou mais destas funções (Blainski et al., 2008).

Segundo Almeida et al. (2008) uma das mais importantes funções do solo é fornecer ao sistema radicular das plantas um ambiente adequado para o seu crescimento e desenvolvimento. O mesmo acrescenta que um ambiente propício é aquele no qual as raízes crescem sem encontrar impedimentos e supre-se de água e nutrientes em quantidade necessária para que as plantas

expressem o seu máximo potencial produtivo. Restrições ao crescimento radicular e decréscimos na quantidade de água disponível às plantas influenciam o rendimento das culturas e a eficiência de fertilizantes (Delin & Berglund, 2005).

Áreas adjacentes e consideradas pedologicamente idênticas podem apresentar heterogeneidade em seus atributos, quando submetidas às diferentes práticas de manejo (Cavalcante et al., 2011). Dentre os atributos físicos utilizados para avaliar a qualidade física do solo, a densidade do solo e a resistência do solo à penetração têm sido priorizadas atualmente para avaliar sistemas de uso e manejo, por serem atributos diretamente relacionados ao crescimento das plantas e de fácil determinação (Lima et al., 2006).

A resistência do solo à penetração (RP) constitui uma das variáveis físicas consideradas na avaliação da qualidade do solo em plantio direto (Fidalski et al., 2006). A caracterização e a espacialização dos atributos físicos do solo em áreas comerciais têm sido pouco empregadas, devido às dificuldades inerentes ao processo de coleta e análise de grande quantidade de amostras (Amado et al., 2009).

O estudo da variabilidade espacial, possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem (Andriotti, 2003).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a variabilidade física do solo por meio da resistência à penetração em um Argissolo sob vegetação natural em regeneração e pastagem no município de Corrente-PI.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Caxingo, localizada no município de Corrente-PI, cujas coordenadas geográficas são 10°26' de latitude sul e 45°09' de longitude oeste, com altitude média de 438 m (IBGE, 2011), com uma variação de

declividade de 1 a 10%. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW', caracterizado por ser quente e semi-úmido e com temperatura média de 27°C. A precipitação média anual fica em torno de 900 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a abril.

O experimento localizou-se em uma área ocupada há 10 anos com pastagem, cuja espécie cultivada pertencia ao gênero *Brachiaria* e adjacente a este encontrava a área com vegetação natural em regeneração constituída basicamente de jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth.) típica da região da caatinga. O solo foi classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2006). A resistência a penetração foi realizada utilizando um penetrômetro de impacto (Stolf, 1987) em pontos que obedeciam a uma malha regular interna de 10 x 10 m em uma área de 1 ha⁻¹ e georreferenciado com GPS, contando 50 pontos avaliados em duas profundidades 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m em cada área utilizada no estudo. Cada ponto foi georreferenciado com GPS como forma de demarcar a área.

Os semivariogramas de cada atributo foram obtidos mediante o programa GS+ (Robertson, 2008). Foram ajustados aos dados os seguintes modelos: (a) esférico, (b) exponencial, (c) gaussiano. Por meio destes modelos, foi feita a predição de cada atributo em zonas não amostradas mediante krigagem, representados em mapas de contorno, utilizando o programa Surfer (2000). A escolha dos modelos teóricos foi realizada, observando-se a soma do quadrado dos resíduos (SQR), o coeficiente de determinação (R^2) e, posteriormente, o coeficiente de correlação obtido pela técnica da validação cruzada. A classificação do grau da dependência espacial (GDE) foi feita com base na razão entre o efeito pepita e o patamar (C_0/C_0+C_1), sendo considerada forte, superior de 75%, moderada entre 25% e 75% e fraca inferior de 25% (Cambardella et al., 1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** encontram-se o efeito pepita, o patamar, o alcance, os modelos de semivariograma ajustados aos dados experimentais, bem como a relação efeito pepita/patamar e o coeficiente de regressão da validação cruzada da resistência à penetração nas diferentes áreas e em diferentes profundidades.

Observa-se que a resistência à penetração em diferentes áreas e profundidades se ajustaram a algum modelo de semivariograma demonstrando que não à efeito pepita puro para nenhum dos parâmetros analisados, o que indicaria uma

distribuição aleatória na zona de estudo e independência espacial (Cruz et al., 2010). Esses resultados corroboram com os obtidos por Cavalcante et al. (2011) que verificando a resistência a penetração em diferentes áreas de manejo em diferentes profundidades não encontrou o efeito pepita puro para essa variável.

Os dados de resistência à penetração na área de pastagem se ajustaram aos modelos; exponencial para a profundidade de 0,00 - 0,20 m e esférico para a profundidade 0,20 - 0,40 m. Na área de vegetação natural em regeneração em ambas às profundidades o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial (**Tabela 1**). Na profundidade de 0,00 - 0,20 m o mesmo modelo se ajustou ambas às áreas, o que não ocorreu para a profundidade 0,20 - 0,40 m, demonstrando que o manejo e o fato da vegetação possa ter alterado a resistência à penetração nessas áreas.

O efeito pepita (C_0) indica a variabilidade ao acaso ou não, considerando a distância de amostragem utilizada. De acordo com a **tabela 1** os maiores valores (0,069 e 0,058) do efeito pepita (C_0) foram encontradas nas duas profundidades avaliadas em áreas sob cultivo de pastagem. Os valores encontrado no presente estudo se assemelham com os obtidos por Cavalcante et al. (2011) em seu estudo avaliando a resistência a penetração nas diferentes profundidades em área de pastagem e vegetação nativa. Segundo Cambardella et al. (1994), esses resultados indicam que a distância de amostragem preconizada nesta estudo foi suficiente para indicar e identificar a variabilidade dos atributos químicos do solo.

Em relação ao patamar ($C_0 + C_1$), observa-se que nas diferentes áreas de estudo apresentam uma variância com amplitude de 0,09 na profundidade de 0,20 - 0,40 m em área de vegetação natural em regeneração e 0,39 na profundidade de 0,00 - 0,20 m em área de pastagem (**Tabela 1**) evidenciando que entre esses valores a estacionariedade é real e contribui para a definição da variabilidade espacial dos pontos amostrados.

A relação entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0+C_1) do semivariograma mostrou moderada dependência espacial para a resistência a penetração avaliada na profundidade de 0,20 - 0,40 m na área de pastagem e fraca para as demais profundidades nas diferentes áreas (**Tabela 1**).

O desempenho dos semivariogramas analisado pela relação decrescente dos seus respectivos coeficientes de determinação espacial (R^2), indicaram a seguinte relação, para a área de pastagem os valores foram $R^2 = 0,95$ e $0,83$ para as



respectivas profundidades avaliadas (0,00 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m), já para a área de vegetação natural em regeneração o melhor coeficiente ($R^2 = 0,79$) foi obtido na profundidade de 0,20 - 0,40 m (**Tabela 1**).

Observa-se ainda que os maiores valores de R^2 , também obtiveram os melhores ajustes na validação cruzada, com coeficientes de regressão (CRVC) próximos de um (b) e zero (a) (**Tabela 1**). O menor alcance foi de 19,20 m para resistência à penetração quantificada em área vegetação natural em regeneração na profundidade de 0,00 - 0,20 m. Já o maior valor de alcance (51,60 m) foi encontrado nessa mesma profundidade na área de pastagem.

As linhas confeccionadas nos mapas indicam o grau de variabilidade do atributo naquela situação, sendo as linhas fechadas e próximas caracterizadas como área de maior variabilidade, enquanto a presença de linhas espaçadas demonstra a condição de uma menor variabilidade (**Figura 1**), esse resultados indicam que os mapas gerados pelas krigagem podem ser usados como ferramenta a identificação de áreas específicas de manejo.

CONCLUSÕES

A resistência à penetração indicou dependência espacial permitindo o seu mapeamento.

O mapeamento da resistência à penetração permite manejar de forma correta a área.

AGRADECIMENTOS

Ao proprietário da Fazenda Caxingo por ter cedido à área para o estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. X.; CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; JORGE, R. F. & BARBOSA, J. C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2235-2243, 2008.

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L. & SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:831-843, 2009.

ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de estatística e geoestatística. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2003. 165 p.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J. & GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:975-983, 2008.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R. F. & KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society American Journal*, 58: 1501-1511, 1994.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. & PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15:237-243, 2011.

CRUZ, J. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MATIAS, S. S. R.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. & TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia* 34:271-278, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

DELIN, S. & BERGLUND, K. Management zones classified with respect to drought and waterlogging. *Precision Agric.*, 6:321-340, 2005.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A. & JÚNIOR, R. S. O. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e da taxa de estratificação de carbono orgânico do solo em um Latossolo Vermelho eutroférrico. *Ciência Rural*, 36:1773-1779, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/tab4.pdf>>. Acesso em: 29 março. 2012.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. C. & LEÃO, T. P. Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:217-223, 2006.

ROBERTSON, G. P. GS+: geostatistics for the environmental sciences (version 9 for windows). Gamma Design Software, 2008. 179p.

STOLF, R. A compactação do solo e perspectivas de subsolagem em citrus. *Laranja* 8:283-308, 1987.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para resistência à penetração de um Argissolo sob pastagem e vegetação natural em regeneração nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m.

Camada (m)	Modelo	C ₀	C ₀ + C ₁	Alcance (m)	R ²	--- GDE ---		--- CRVC ---	
						%	Classe	a	b
Pastagem									
0,00-0,20	Exponencial	0,069	0,39	51,60	0,95	17,56	MB	0,53	0,65
0,20-0,40	Esférico	0,058	0,12	42,00	0,83	49,58	BA	0,28	0,75
Vegetação Natural em Regeneração									
0,00-0,20	Exponencial	0,030	0,19	19,20	0,40	16,20	BA	0,52	0,68
0,20-0,40	Exponencial	0,015	0,09	35,40	0,79	16,15	MB	-0,04	1,04

C₀ = efeito pepita; C₀+C₁ = patamar; R² = coeficiente de determinação do modelo; SQR = soma do quadrado médio do resíduo; GDE (C₀/(C₀ + C₁)*100) = grau de dependência espacial; CRVC = coeficiente de regressão da validação cruzada; b = Coeficiente angular; a = Intercepto.

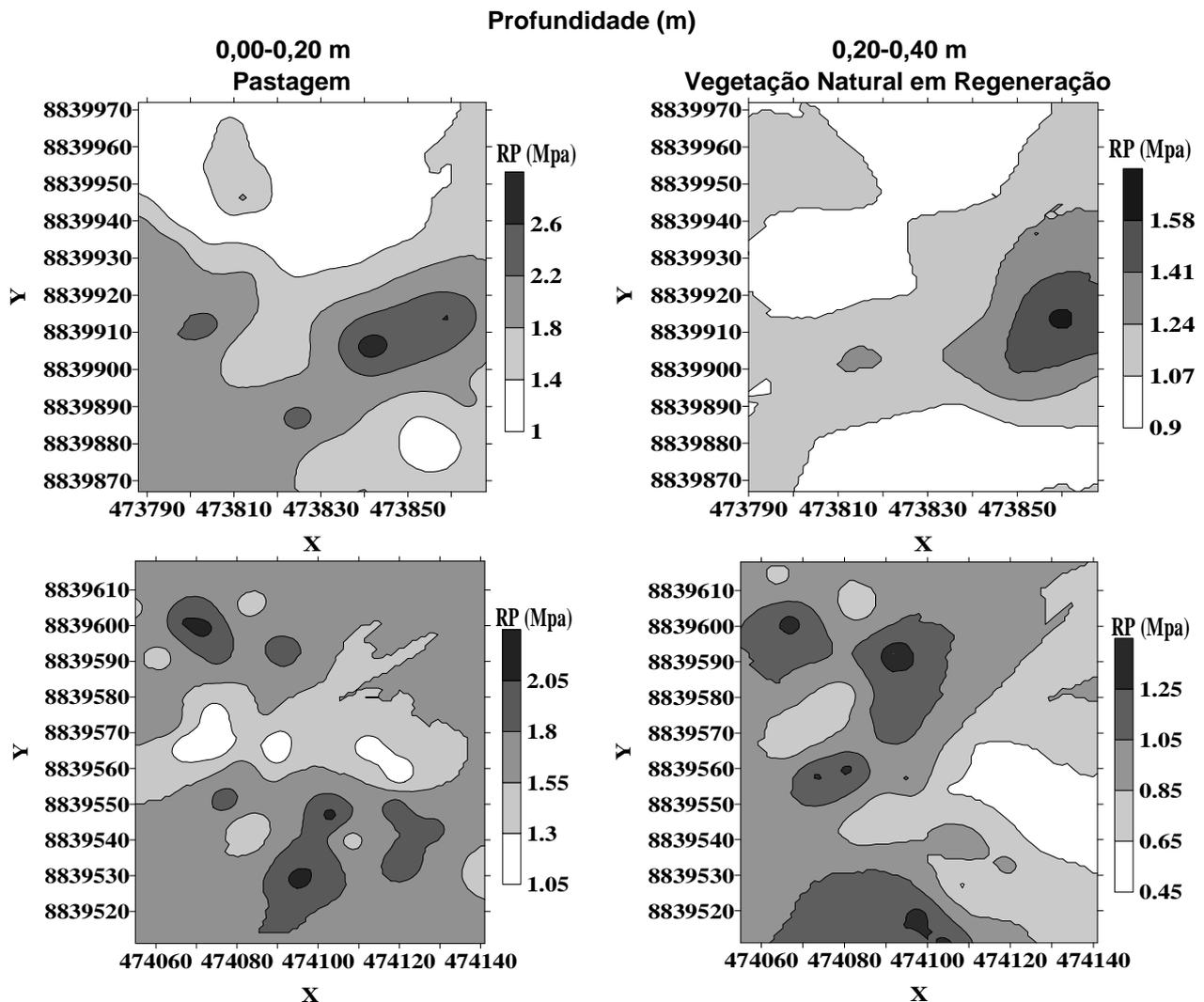


Figura 1. Mapas da distribuição espacial da resistência à penetração (RP) de um Argissolo sob pastagem e vegetação natural em regeneração nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m. Mega pascal (Mpa).