



Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordestino
Spatial Variability of Physical Attributes of Soil in Cultivated Area with Forage Palm Resistant to Carmine Cochineal in the Northeastern Semi-arid Region

Marcos Vinícius da Silva¹; Gledson Luiz Pontes de Almeida¹;
Pedro Henrique Dias Batista¹; Héilton Pandorf¹; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macêdo²;
Marcio Mesquita³ & Rodes Angelo Batista da Silva¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola,
Rua Manuel de Medeiros, s/n, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia,
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil

³Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Escola de Agronomia,
Avenida Esperança, s/n, 74690-900, Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Goiânia, GO, Brasil
E-mails: marcolino_114@hotmail.com; gledson81@hotmail.com; giga_pedro@hotmail.com;
hpandorf@hotmail.com; ameliazootecnia@gmail.com; marciomes@gmail.com; rodesangel@gmail.com

Recebido em: 10/05/2019 Aprovado em: 01/07/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_39_45

Resumo

O conhecimento dos atributos físicos do solo é fundamental para realização de um manejo apropriado para o cultivo. Esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área cultivada com palma forrageira na região de transição do agreste com o sertão pernambucano. O experimento foi conduzido na Fazenda Roçadinho, propriedade produtora de leite, que tem como cultivo principal a palma forrageira. Na área de cultivo, foi estabelecida uma malha composta por 36 pontos, com grid de 6 x 6 m. O levantamento das propriedades físicas do solo, contou com o registro da resistência a penetração (Rp), umidade (U), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt). Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e a variabilidade espacial por meio da semivariância γ (h). Os valores da média e mediana apresentaram distribuição simétrica para todas as variáveis. A média da Rp para a camada de 0,0-0,10 m foi classificada como intermediária e para a camada de 0,10-0,20 m como alta. A Ds e a Pt apresentaram-se inversamente proporcionais, ou seja, ocorreu um acréscimo da Ds nos pontos onde ocorreu menor percentagem de Pt. Nos pontos que apresentaram menor valor de resistência a penetração e densidade do solo, verificou-se maior valor de umidade e porosidade total do solo. Os modelos de semivariogramas ajustados aos atributos físicos do solo foram o esférico e o gaussiano. Por meio da geoestatística foi possível avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo, no cultivo da palma forrageira.

Palavras-chaves: geoestatística; resistência a penetração; semivariograma; umidade

Abstract

The knowledge of the physical attributes of the soil is fundamental for the accomplishment of an appropriate management for the cultivation. This study was conducted with the objective of evaluating the spatial variability of the physical attributes of the soil in the area planted with forage palm in the transition region of the agreste with the backlands of Pernambuco. The experiment was conducted at the Roçadinho Farm, a milk producing property, whose main crop is the forage palm. In the cultivation area, a grid composed of 36 points was established, with a grid of 6 x 6 m. The physical properties of the soil were recorded with penetration resistance (Rp), moisture (U), soil density (Ds), particle density (Dp) and total porosity (Pt). The data were submitted to descriptive statistical analysis and the spatial variability through the semivariance γ (h). The mean and median values presented symmetrical distribution for all variables. The mean Rp for the 0,0-0,10 m layer was classified as intermediate and for the 0,10-0,20 m layer as high. The Ds and Pt were inversely proportional, that is, an increase of Ds occurred at the points where the lowest percentage of Pt occurred. In the points that presented lower value of resistance to penetration and density of the soil, it was verified higher value of moisture and total porosity of the soil. The semivariograms models adjusted to the soil physical attributes were spherical and Gaussian. Through the geostatistics, it was possible to evaluate the spatial variability of soil physical attributes in forage palm cultivation.

Keywords: geostatistics; resistance the penetration; semivariogram; humidity

1 Introdução

A extensão semiárida da região Nordeste do Brasil possui distribuição pluviométrica desigual, grandes taxas de evaporação, solos rasos e poucos recursos hídricos (Santos *et al.*, 2012). O conhecimento do movimento de água no solo e o tipo de manejo empregado é essencial para o desenvolvimento da produção agrícola, nesta região (Santos *et al.*, 2018). Tornando-se fundamental o conhecimento dos atributos físicos do solo para realização de um manejo apropriado para o cultivo.

Estudos para avaliar a qualidade física dos solos, têm sido desenvolvidos com o propósito de verificar a variabilidade de seus atributos, de forma que possam realizar o manejo mais adequado ao solo, buscando maior eficiência produtiva das culturas (Guimarães *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2017). Todavia, os diferentes atributos do solo vêm sendo empregados para caracterizar áreas cultivadas com mamoeiro em diferentes preparos de solo (Vitória *et al.*, 2014), em áreas cultivadas com mandioca (Vitória & Fernandes, 2017) e na colheita mecanizada de capim buffel (Batista *et al.*, 2017).

No Nordeste brasileiro a palma forrageira tem sido apresentada como recurso alimentar de extrema importância, sendo utilizada como base na alimentação do rebanho em importantes bacias leiteiras (Ferreira *et al.*, 2012), tornando-se importante o conhecimento e estudo dos atributos do solo para o cultivo desta cultura. Um processo que vem sendo muito utilizado nos últimos anos para avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo é a geoestatística (Araújo *et al.*, 2018). Montenegro e Montenegro (2006) estudaram a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e observaram que a aplicação da geoestatística representou bem a correlação espacial entre os atributos estudados.

A literatura técnico-científica especializada destaca a aplicação da geoestatística no estudo dos atributos físicos do solo, trabalhos como de Souza *et al.* (2014) & Araújo *et al.* (2018), no qual observaram a influência da variabilidade espacial nos atributos físicos do solo. Logo Carvalho *et al.* (2017) aplicando a técnica da geoestatística, observaram a variabilidade espacial da umidade do solo em uma área sob o cultivo de palma forrageira.

Neste contexto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área cultivada com palma forrageira na região de transição do agreste com o sertão pernambucano.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Roçadinho, propriedade produtora de leite, que tem como base para a alimentação animal o cultivo de palma forrageira. A região está localizada no município de Capoeiras, Agreste do estado de Pernambuco, Brasil (latitude 8° 36' 25,2"S, longitude 36° 37' 22,8"W e altitude 763 m). De acordo com a classificação de Koppën, o clima é Bsh – semiárido quente. A precipitação total anual da região é de 1051,30 mm BDMEP (2017).

O solo da área foi classificado como Neosolo Regolítico distrófico na camada de 0 a 0,20 m (Morrill *et al.*, 2012), analisados de dez amostras simples, por meio de tradagem e misturadas a posterior, formando uma amostra composta que foi secada ao ar e passada em peneira de malha 2 mm conforme os métodos descritos por Donagema *et al.* (2011) e de acordo com a tabela 1 apresenta classe textural Franco Arenosa.

Característica	Franco Arenosa
Areia (g/kg)	708
Silte (g/kg)	281
Argila (g/kg)	11

Tabela 1 Caracterização física do solo da área estudada na camada de 0-20 cm.

A área selecionada para a coleta de solo foi de 1156 m² (34 × 34 m), em que se admitiu 2 m de bordadura, utilizada para o cultivo de palma forrageira implementada há 2 anos. A espécie de palma forrageira cultivada na propriedade é orelha de elefante (*Opuntia Stricta* (Haw.)), ambas resistentes a cochonilha do carmim. Antes do plantio da palma foi realizado o preparo do solo através de aração por meio de grade de disco aradora e niveladora, em seguida adubação orgânica, utilizando como adubo o esterco produzido pelos animais da propriedade, distribuído

por meio de vagão distribuidor de forma homogeneia na proporção de 60 tonha⁻¹. O espaçamento usado para o plantio da palma foi de 0,20 m entre raquetes e 1,20 m entre linhas. Estabeleceu-se uma malha composta por 36 pontos, com grid de 6 × 6 m. As amostras indeformadas foram coletadas no mês de outubro (primavera), por meio de um amostrador do tipo Uhland, nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m.

O levantamento das propriedades físicas do solo, contou com o registro da resistência a penetração (Rp) determinada através do penetrômetro de impacto (Stolf, 1991); umidade do solo (U) por meio do método gravimétrico em estufa a 105°C; da densidade do solo (Ds) pelo método do anel volumétrico; da densidade de partículas (Dp) determinada pelo método do balão volumétrico e da porosidade total (Pt). As análises físicas do solo foram realizadas no laboratório de mecânica dos solos e aproveitamento de resíduos do Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em conformidade com os métodos descritos por Donagema *et al.* (2011).

A resistência a penetração foi classificada como baixa (RP < 0,1 MPa); intermediária (0,1 ≤ RP < 2,0 MPa); alta (2,0 ≤ RP < 4,0 MPa) e muito alta (RP > 4,0 MPa) (Soil Science Division Staff, 2017).

Para identificação de outliers, fez-se o uso de boxplots, tal metodologia aplicada, seguiu as recomendações de Santos *et al.* (2012). Para determinação da normalidade dos dados, aplicou o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de probabilidade. Posteriormente fez-se uso da estatística descritiva às variáveis estudadas, para obtenção da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose. O software utilizado foi o MINITAB 18 (2017).

Conforme os limites propostos por Warrick & Nielsen (1980), a avaliação da variabilidade dos atributos do solo por meio do coeficiente de variação (CV), em que se admitiu variabilidade baixa (CV < 12%); média (12% ≤ CV ≤ 24%) e alta (CV > 24%).

A variabilidade espacial dos atributos físicos do solo foi determinada por meio da semivariância y (h), equação 1.

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

em que, $\gamma^*(h)$ é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$; $N(h)$ o número de pares de valores medidos; h a distância entre pontos amostrais; $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$ são os valores da i -ésima observação da variável regionalizada, coletados nos pontos x_i e x_i+h ($i = 1, \dots, n$), separados pelo vetor h .

Os modelos geoestatístico esférico, exponencial e gaussiano foram ajustados observando a variação espacial dos atributos físicos do solo, baseando-se no coeficiente de ajuste do semivariograma (R^2) obtido. O ajuste de um modelo teórico a um semivariograma experimental, é um dos pontos fundamentais da aplicação da teoria das variáveis regionalizadas (Vieira *et al.* 1983). Os semivariogramas ajustados foram validados pela técnica de Jack-Knifing, onde a média deve ser próxima a zero e desvio-padrão próximo a 1 (Vauclin *et al.*, 1983).

O grau de dependência espacial (GDE) foi determinado conforme Cambardella *et al.* (1994), em que sugerem, que a relação entre a porcentagem do efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0+C_1) apresentam dependência forte (<25%), dependência moderada (entre 25 e 75%) e dependência fraca (>75%).

As análises geoestatísticas foram feitas no software GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software 2004) e a interpolação dos dados realizadas pelo método de krigagem, para a confecção dos mapas, gerados a partir do software Surfer 13. Para validação dos semivariogramas, utilizou-se o software GEOEAS (Englund & Sparks, 1991).

3 Resultados e Discussão

A resistência a penetração e a umidade do solo, apresentaram alta variabilidade em ambas camadas estudadas. Já a densidade do solo (Ds) correspondeu CV baixo para ambas camadas e a porosidade total obteve CV baixo e médio, para as camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, respectivamente (Tabela 2).

Resultados próximos ao deste estudo, foram observados por Tavares *et al.* (2014) que avaliaram

**Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área
Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordestino**

Marcos Vinicius da Silva; Gledson Luiz Pontes de Almeida;

Pedro Henrique Dias Batista; Héilton Pandorf; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macêdo; Marcio Mesquita & Rodes Angelo Batista da Silva

Variável	Média	Mediana	⁷ Mín	⁸ Máx	⁹ DP	¹⁰ CV	¹¹ A	¹² C	¹³ KS
¹ Rp (a ¹⁴)	0,872	0,872	0,549	1,520	0,273	31,250	0,690	0,270	0,282*
¹ Rp (b ¹⁵)	2,520	2,490	1,200	4,430	0,914	36,250	0,320	-0,960	0,154*
² U (a ¹⁴)	2,707	2,301	0,985	5,864	1,242	45,880	0,780	-0,130	0,155*
² U (b ¹⁵)	2,355	2,093	0,933	4,407	0,980	41,610	0,530	-0,770	0,126*
³ Ds (a ¹⁴)	1,462	1,466	1,102	1,705	0,131	8,960	-0,200	0,270	0,069*
³ Ds (b ¹⁵)	1,458	1,500	1,140	1,750	0,149	10,250	-0,440	-0,240	0,186*
⁴ Pt (a ¹⁴)	44,507	44,371	35,290	58,177	4,972	11,170	0,200	0,270	0,069*
⁴ Pt (b ¹⁵)	44,660	42,920	33,590	56,670	5,706	12,780	0,440	-0,280	0,175*
⁵ Nr	32,860	30,500	19,000	50,000	8,240	25,080	0,510	-0,600	0,180*
⁶ Al	63,910	65,000	40,000	85,000	11,990	18,770	-0,280	-0,670	0,103*

Tabela 2. Estatística descritiva, relativa aos atributos físicos do solo nas camadas 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m.

¹Rp: Resistência a penetração (MPa); ²U: Umidade do solo (%); ³Ds: Densidade do Solo (kg dm⁻³); ⁴Pt: Porosidade total (%); ⁵Nr: Número de raquetes; ⁶Al: Altura da planta; ⁷Mín: Mínimo; ⁸Máx: Máximo; ⁹DP: Desvio Padrão; ¹⁰CV: Coeficiente de Variação; ¹¹A: Assimetria; ¹²C: Curtose; ¹³KS: Normalidade por K-S; ¹⁴a: Profundidade de 0,0-0,10 m; ¹⁵b: Profundidade de 0,10-0,20 m; *Significativo a 1%.

a variabilidade espacial da Rp e U em um Neossolo Flúvico cultivado com cenoura e observaram CV alto para ambos atributos, contudo para a segunda amostragem da umidade o CV foi baixo. Já Carvalho *et al.* (2017) estudaram a estabilidade temporal e a variabilidade espacial da umidade do solo em um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com palma forrageira, no qual observaram que o CV para a U apresentou dispersão média ao longo do ciclo de estudo.

De acordo com Soil Science Division Staff (2017), a média da Rp para a camada de 0,0-0,10 m foi classificada como intermediária e para a camada de 0,10-0,20 m classificada como alta. Para a camada de 0,10-0,20 m as condições não foram favoráveis para o desenvolvimento radicular da cultura da palma, visto que seu sistema radicular efetivo se encontra entre 10 e 20 cm de profundidade, fato comprovado pelo alto CV da palma (Tabela 2).

O alto valor de Rp encontrado na região de estudo para a camada de 0,10-0,20 m, pode ser devido ao fato da implantação da cultura ter ocorrido a mais de dois anos (Tabela 2). Assim, de acordo com a Rp, o Neossolo Regolítico distrófico em estudo, apresentou condições restritivas ao desenvolvimento radicular da palma forrageira. Resultados que reforçam Fernandes *et al.* (2018) que avaliaram a densidade do solo e a resistência mecânica à penetração no semiárido potiguar, e atribuíram a baixa Rp e Ds e elevada Pt ao preparo intensivo do solo, com uma aração e duas gradagens.

Observa-se que os valores da média e mediana estão próximo, o que indica uma distribuição simétrica, para todas as variáveis, variação também observada por Tavares *et al.* (2012), Tavares *et al.* (2014), Araújo *et al.* (2018) e Santos *et al.* (2018), em seus estudos.

Os valores e modelos dos semivariogramas, juntamente com o seu grau de liberdade espacial e a validação cruzada, estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que o maior alcance obtido foi de 12,80 para a Pt. Tavares *et al.* (2012) observaram alcance de 35,26 para a Pt na camada de 0-20 cm. Guimarães *et al.* (2016) observaram alcances para a Pt e Ds de (69,6; efeito pepita puro e 40,3) e (69,6; 43,1 e 35,7), para pastagem/Cambissolo, pastagem/Argissolo e pastagem/Latossolo, respectivamente.

Houve a ocorrência de efeito pepita puro (EEP) somente para a Rp na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 3). Silva *et al.* (2017b) estudaram a variabilidade espacial da Rp de um Latossolo Vermelho – Amarelo Distrófico típico e observaram EPP da Rp para a camada de 0,0-0,10 m.

Os modelos de semivariogramas ajustados aos atributos físicos do solo foram o modelo esférico (Esf) e o gaussiano (Gau), com exceção da Ds (0,10-0,20 m), os demais se ajustaram ao modelo Esf (Tabela 3). Batista *et al.* (2017) observaram que para a mesma camada, que a Ds apresentou melhor ajuste ao modelo esférico. Tavares *et al.* (2014), Ribeiro *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2017a), observaram para Rp, U e Pt melhor ajuste para o do modelo esférico.

**Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área
Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordestino**

Marcos Vinicius da Silva; Gledson Luiz Pontes de Almeida;

Pedro Henrique Dias Batista; Héilton Pandorfi; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macêdo; Marcio Mesquita & Rodes Angelo Batista da Silva

Tabela 3 Geoestatística aplicada aos atributos físicos do solo nas camadas 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m.

¹Rp: Resistência a penetração (MPa); ²U: Umidade do solo (%); ³Ds: Densidade do Solo (kg dm⁻³); ⁴Pt: Porosidade total (%); ⁵C₀: Efeito Pepita; ⁶C₀+C: Patamar; ⁷A: Alcance; ⁸R²: Ajuste do semivariograma; ⁹C₀/(C₀+C): Porcentagem do GDE; ¹⁰GDE: Grau de Dependência Espacial; ¹¹DP: Desvio padrão; ¹²a: Profundidade de 0,0-0,10 m; ¹³b: Profundidade de 0,10-0,20 m; EPP: Efeito Pepita Puro; Ft: Forte; Esf: esférico; Gau: Gaussiano.

Atributos	Modelo	⁵ C ₀	⁶ C ₀ +C	⁷ A	⁸ R ²	⁹ C ₀ /(C ₀ +C)	¹⁰ GDE	Jack-Knifing	
								Média	¹¹ DP
¹ Rp (a ¹²)	Esf	0,002200	0,07670	10,51	0,869	2,860%	Ft	0,031	1,032
¹ Rp (b ¹³)	EPP	-	-	-	-	-	-	-	-
² U (a ¹²)	Esf	0,00100	0,57600	14,83	0,988	0,170%	Ft	-0,024	0,957
² U (b ¹³)	Esf	0,03400	0,80600	12,03	0,734	4,210%	Ft	0,036	1,076
³ Ds (a ¹²)	Esf	0,00095	0,01220	11,93	0,873	7,780%	Ft	-0,029	1,150
³ Ds (b ¹³)	Gau	0,00001	0,02292	8,76	0,868	0,043%	Ft	-0,016	0,952
⁴ Pt (a ¹²)	Esf	3,93000	17,74000	12,80	0,884	22,150%	Ft	0,027	1,066
⁴ Pt (b ¹³)	Esf	0,75000	31,10000	9,96	0,886	2,410%	Ft	0,033	1,352

As representações digitais detalhadas da heterogeneidade espacial das propriedades do solo, consistentes com a paisagem, são necessários para o manejo específico do local (Figura 1). Observa-se que a Ds (Figura 1A, B) e a Pt (Figura 1C, D) apresentaram-se inversamente proporcionais, ou seja, ocorreu acréscimo da Ds nos pontos onde se obtiverem as menores percentagens de Pt. Resultados similares foram encontrados por Ribeiro *et al.* (2016) em análise da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo cultivado com soja a mais de 20 anos e, constaram que a Ds se apresentou maior nos pontos de menor Pt. Conforme Barros *et al.* (2016) o espaço poroso tem apresentado grande relação com a densidade do solo, a qual tende a aumentar com a redução da porosidade.

Nota-se relação da U (Figura 1E, F) com a Rp (Figura 1G) do solo foi positiva, logo, esse comportamento pode estar relacionado com o tipo e manejo do solo analisado, corroborando Ferrari *et al.* (2018) que obtiveram a mesma relação na camada de 0 a 20 cm, em área que acomodava um canal há 5 anos. Em contraposição a Batista *et al.* (2017) que em estudos da espacialização dos atributos do solo em área próxima ao presente estudo, ressaltaram relação negativa entre Rp e U.

4 Conclusões

Por meio da geoestatística foi possível espacializar a variabilidade dos atributos físicos do solo

e relacionar esses dados com variáveis biométricas da palma.

Através dos mapas de krigagem foi possível observar que os locais de menores valores de resistência a penetração e densidade do solo estão correlacionados com maiores valores de umidade e na porosidade total do solo, que contribui para o desenvolvimento do sistema radicular da palma forrageira.

Todos os atributos físicos do solo apresentaram grau de dependência espacial forte para ambas as camadas do solo estudadas, o que indica que todos os semivariogramas ajustados para os atributos estudados tiveram um efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar.

5 Referências

- Araújo, D.C.D.S.; Montenegro, S.M.; Montenegro, A.A.D.A.; Silva Junior, V.D.P. & Santos, S.M.D. 2018. Spatial variability of soil attributes in an experimental basin in the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(1): 38-44.
- Barros, K.R.M.; de Lima, H.V.; Rodrigues, S. & Kern, D.C. 2016. Distribuição da porosidade textural e estrutural em solos de Terra Preta Arqueológica. *Revista Ciência Agronômica*, 47(4): 609-615.
- Batista, P.H.D.; de Almeida, G.L.P.; Tavares, U.E.; do Nascimento, V.N. & Sarmento, R.M. 2017. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob colheita mecanizada de capim-buffel no Agreste Pernambucano. *Revista Engenharia na Agricultura*, 25(4): 307-317.
- BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>

Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área
Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordestino

Marcos Vinicius da Silva; Gledson Luiz Pontes de Almeida;

Pedro Henrique Dias Batista; Héilton Pandorfi; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macêdo; Marcio Mesquita & Rodes Angelo Batista da Silva

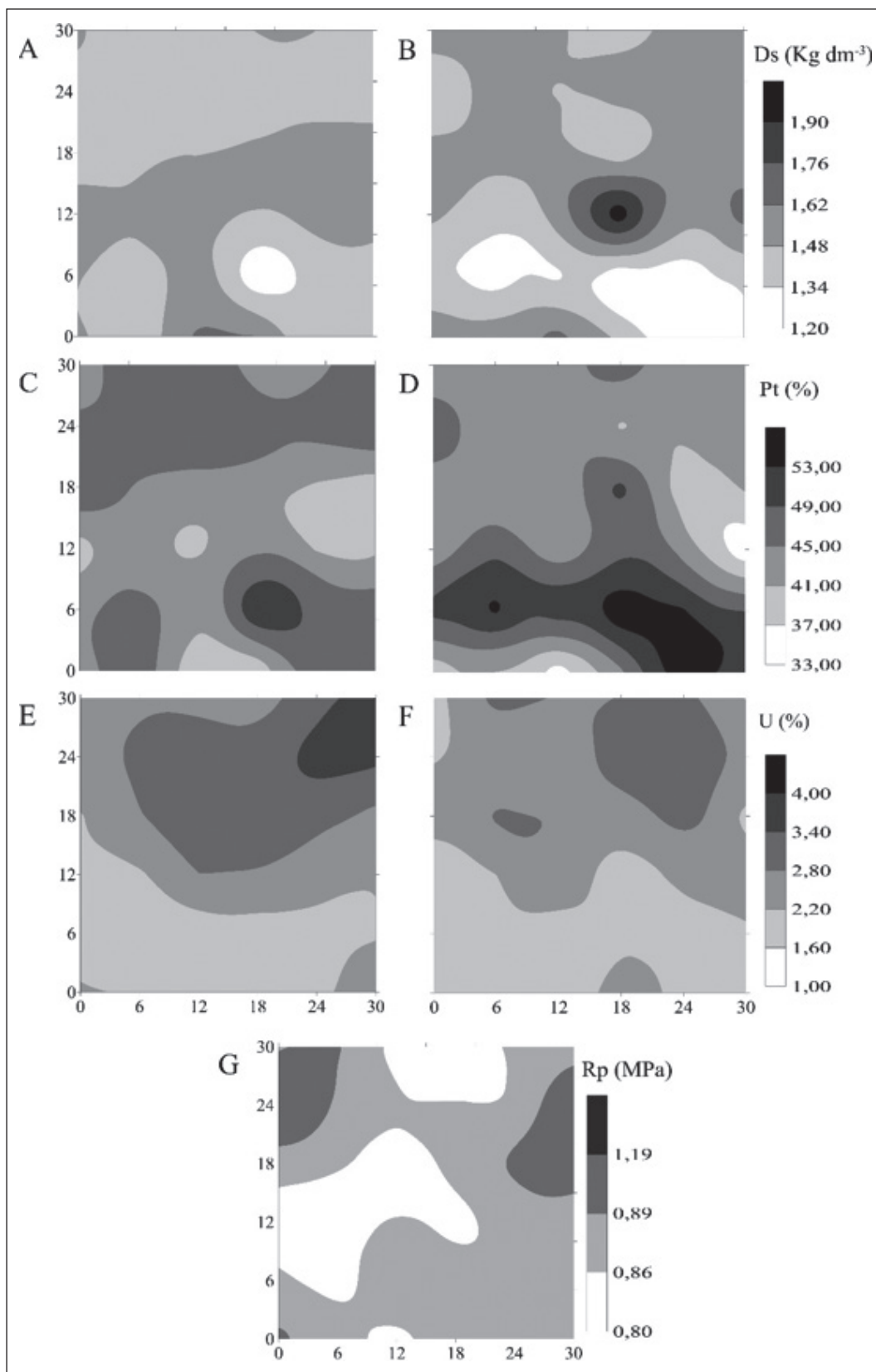


Figura 1 Mapas de krigagem da densidade do solo – Ds (A, B), porosidade total – Pt (C, D), umidade – U (E, F) nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m e, resistência a penetração do solo – Rp (G) na camada de 0,0-0,10 m.

**Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área
Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordestino**

Marcos Vinicius da Silva; Gledson Luiz Pontes de Almeida;

Pedro Henrique Dias Batista; Hélliton Pandorf; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macêdo; Marcio Mesquita & Rodes Angelo Batista da Silva

- projetos/rede/pesquisa/ >. Acesso em: 21 mai. 2018.
- Cambardella, C.A.; Moorman, T.B.; Parkin, T.B.; Karlen, D.L.; Novak, J.M.; Turco, R.F. & Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5): 1501-1511.
- Carvalho, A.A.; da Silva, T.G.F.; de Queiroz, M.G.; Júnior, G. D.N.A.; Jardim, A.M.D.R.F. & de Souza, C.A.A. 2017. Temporal stability and spatial variability of soil moisture in argissol cultivated with forage cactus. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(7): 1998.
- Design, G. 2005. GS+ Geostatistics for the environmental sciences. Version 7.0. Plainwell, MI. Gamma Design GS+ Geostatistics for the environmental sciences 2005.
- Dias, F.P.M.; de Castro, J.R.; de Jesus Nunes, F.; Nonato, A.C.R.; Júnior, F.B.; Fé, J.A.R.; Santos, D.N. & Nóbrega, J.C.A. 2017. Eficiência de Malhas Amostrais na Caracterização da Variabilidade Espacial de Atributos Físicos do Solo. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(2): 31-36.
- Donagema, G.K.; de Campos, D.B.; Calderano, S.B.; Teixeira, W.G. & Viana, J.M. 2011. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos.
- Englund, E. & Sparks, A. 1991. Geo-EAS-Geostatistical Environmental Assessment Software: software de análise geoestatística (software). *Las Vegas: Environmental Protection Agency*, 1.
- Fernandes, Y.A.D.; de Oliveira Silva, M.T.; Portela, J.C.; Farias, P.K.P.; dos Santos, S.T. & Fernandes, J.E. 2018. Densidade do solo e resistência mecânica à penetração de Cambissolos em agroecossistemas no Semiárido Potiguar. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(3): 2673 - 2682.
- Ferrari, J.M.S.; Gabriel, C.P.C.; Silva, T.B.G.; Mota, F.D.; Gabriel Filho, L.R.A. & Tanaka, E.M. 2018. Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 12(2): 164-175.
- Ferreira, M.A.; Bispo, S.V.; Rocha Filho, R.R.; Urbano, S.A. & Costa, C.T.F. (2012). The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. p.1-22. In: Konvalina, P. (ed). *Organic Farming and Food Production*. In Tech, South Bohemia, EU.
- Guimarães, W.D.; Junior, J.G.; Marques, E.A.G.; Santos, N.T. & Fernandes, R.B.A. 2016. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. *Revista Ciência Agrônoma*, 47(2): 247-255.
- Minitab, I. 2017. MINITAB release 18: statistical software for windows. *Minitab Inc*, USA.
- Montenegro, A.D.A. & Montenegro, S.M.G.L. 2006. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1): 30-37.
- Morrill, W.B.; Rolim, M.M.; Neto, E.B.; Pedrosa, E.M.; Oliveira, V.S. & de Almeida, G.L. 2012. Produção e nutrientes minerais de milho forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(2): 182-188.
- Ribeiro, L. da S.; de Oliveira, I.R.; Dantas, J.S.; da Silva, C.V.; da Silva, G.B. & de Azevedo, J.R. 2016. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9): 1699-1702.
- Santos, D. P.; de Assunção Montenegro, A.A.; Soares Rodrigues, R.A.; dos Santos Araujo, D.C.; Silva dos Santos, C. & da Cruz Neto, J.F. 2018. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em vale aluvial na Região de Pernambuco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(1): 2271-2282.
- Santos, K.S.; Montenegro, A.A.; de Almeida, B.G.; Montenegro, S.M.; Andrade, T.D.S. & Fontes Junior, R.V.D.P. 2012. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(8): 828-836.
- Silva, F.J.; de Oliveira, C.A.A.; da Silva Almeida, L.; de Lima, L.P. & Guimarães, E.C. 2017b. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e da produtividade do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3): 77-84.
- Silva, M.C.C.D.; Andreotti, M.; Costa, N.R.; LIMA, C.G.D.R. & PARIZ, C. 2017a. Soil physical attributes and yield of winter common bean crop under a no-till system in the brazilian cerrado. *Revista Caatinga*, 30(1): 155-163.
- Soil Science Division Staff. 2017. *Soil survey manual*. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Souza, Z.M.D.; Souza, G.S.D.; Marques Júnior, J. & Pereira, G.T. 2014. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. *Ciência Rural*, 44(2): 261-268.
- Stolf, R. 1991. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência de solo. *Revista brasileira de ciência do solo*, 15(3): 229-235.
- Tavares, U.E.; Montenegro, A.A.A.; Rolim, M.M.; Silva, J. S.; Silva, T.F.V. & Andrade, C. W. L. 2014. Variabilidade espacial da resistência à penetração e da umidade do solo em Neossolo Flúvico. *Water Resources and Irrigation Management*, 3(2): 79-89.
- Tavares, U.E.; Rolim, M.M.; Pedrosa, E.M.; Montenegro, A.A.; Magalhães, A.G. & Barreto, M.T. 2012. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(11): 1206-1214.
- Vauclin, M.; Vieira, S.R.; Vachaud, G. & Nielsen, D.R. 1983. The Use of Cokriging with Limited Field Soil Observations 1. *Soil Science Society of America Journal*, 47(2): 175-184.
- Vieira, S.R.; Hatfield, J.; Nielsen, D.R. & Biggar, J. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51(3): 1-75.
- Vitória, E.L. & Fernandes, A.A. 2017. Effects of spatial variability on soil physical attributes in areas cultivated with cassava prepared with different tillage systems. *Comunicata Scientiae*, 8(2): 221-229.
- Vitória, E.L.; Calvi, D.P.; Barbosa, M.A. & Canal, L. 2014. Variabilidade espacial dos atributos físicos em áreas cultivadas com mamão sob diferentes preparos do solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, 22(2): 150-161.
- Warrick, A.W. & Nielsen, D.R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. *Application of soil physics*, 319-344.