

Variabilidade espacial da condutividade elétrica aparente do solo por indução eletromagnética⁽¹⁾.

Thiago Irving Nunes de Brito⁽²⁾, Tatiana da Silva Santos⁽²⁾, Gustavo André de Araújo Santos⁽²⁾, Glécio Machado Siqueira⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMA/CNPq.

⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, CP 35, Centro, Chapadinha, Maranhão, CEP 65500-000; ⁽³⁾ Professor, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, CP 35, Centro, Chapadinha, Maranhão, CEP 65500-000.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) por indução eletromagnética em um Latossolo Amarelo Distrocoeso. Os dados foram coletados em um transepto de 1300 m contendo 130 pontos, espaçados a cada 10 m. O equipamento de indução eletromagnética foi calibrado para medir a CEa nas camadas de 0 m, 0,3 m, 0,9 m, 1,2 m e 1,5 m. Há um aumento dos valores de coeficiente de variação com o aumento da altura de leitura da CEa. Todos os atributos apresentaram dependência espacial. O grau de dependência espacial entre as amostras iminui com o aumento da altura de leitura, indicando um maior erro amostral.

Termos de indexação: hipótese intrínseca, geoestatística, manejo do solo.

INTRODUÇÃO

A condutividade elétrica aparente do solo (CEa), medida por contato ou por indução eletromagnética, têm sido utilizada por ser uma variável que se correlaciona com as propriedades físicas e químicas do solo (Lesch, 2005).

Portanto, esta propriedade pode ser utilizada como um parâmetro auxiliar para a agricultura de precisão, por permitir a avaliação da variabilidade espacial do solo e a definição de unidades de manejo, permitindo inferir sobre outras propriedades do solo como a textura, salinidade, conteúdo de água, entre outras (Corwin & Lesch, 2003; Lesch, 2005; Lesch et al., 2005). Estas condições são propícias para a análise dos dados por meio da geoestatística, que modela a variabilidade espacial das mais diversas propriedades do solo, permitindo a construção de mapas de variabilidade espacial sem tendência e com variância mínima.

A hipótese intrínseca é normalmente a mais utilizada por ser menos restritiva, quando comparada às demais hipóteses da geoestatística, exige apenas a existência de estacionariedade do semivariograma, sem nenhuma restrição quanto à

existência de variância finita (Vieira, 2000; Siqueira et al., 2015).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) por indução eletromagnética em um Latossolo Amarelo Distrocoeso, no município de Mata Roma no Leste do Estado do Maranhão.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo possui cerca de 1,93 ha e está localizada no Município de Mata Roma no Leste do Estado do Maranhão (03° 42' S e 43° 111 W). A área de estudo vem sendo manejada desde 2004 sob o sistema de semeadura direta com cultivo de soja e milho, não havendo rotação de culturas de maneira periódica.

Na parte central da área de estudo foram demarcados 130 pontos de amostragem em um transepto com 1300 m, sendo a distância entre pontos de 10 m, onde foi determinada a condutividade elétrica aparente do solo por indução eletromagnética utilizando o equipamento EM38, cujas leituras foram realizadas nas seguintes profundidades: 0 m, 0,3 m, 0,6 m, 0,9 m, 1,2 m e 1,5 m, de acordo com Rhoades & Corwin (1981). As leituras foram realizadas com o equipamento na posição vertical, o que possibilitou a determinação da CEa em cada uma das camadas do solo em estudo, indicando o valor potencial da salinidade do solo presente naquele momento.

Os dados foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva e posteriormente por meio de ferramentas de geoestatística, seguindo as premissões da hipótese intrínseca da geoestatística de acordo com Vieira et al. (1981) e Vauclin et al. (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há uma tendência do erro amostral com o aumento da altura de leitura da condutividade elétrica aparente do solo por indução eletromagnética (ECa), fato confirmado pelos valores de coeficiente de variação (Tabela 1).

Os valores de média diminuem com o aumento da altura de leitura, demonstrando a diminuição da salinidade do solo no volume medido (Rhoades & Corwin, 1981).

Todos os dados apresentaram distribuição de frequência normal por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov com probabilidade de erro de 1% (D, Tabela 1). Fato também demonstrado pelos valores de assimetria e curtose próximo a 0 e 3, respectivamente.

A Figura 2 demonstra haver estacionariedade dos dados ao longo do transepto em estudo, pois todas as leituras apresentam o mesmo padrão espacial, ademais de possuírem valores de média e variância próximos (Siqueira et al., 2013).

Apenas nos primeiros 20 pontos os a leitura de CEa na altura de 1,5 m apresenta comportamento distinto dos demais, porém posteriormente todas as leituras apresentam o mesmo padrão de comportamento.

O modelo exponencial foi ajustado as três primeiras leituras de CEa, enquanto que posteriormente foi ajustado o modelo esférico e exponencial. Todos os dados apresentaram variabilidade espacial detectada por meio do semivariograma.

Os valores de alcance variam entre todas as leituras de CEa.

O grau de dependência espacial aumenta com o aumento da altura de leitura da CEa, de acordo com Cambardella et al. (1994) quanto menor o valor de grau de dependência espacial maior semelhança entre as amostras e por conseguinte melhor o ajuste geoestatístico aos dados.

CONCLUSÕES

Há um aumento dos valores de coeficiente de variação com o aumento da altura de leitura da CEa. Todos os atributos apresentaram dependência espacial. O grau de dependência espacial entre as amostras diminui com o aumento da altura de leitura, indicando um maior erro amostral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B; NOVACK, J.M; PARKIN, T.B; KARLEN, D.L; TURCO R.F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v.58, p.1240-1248, 1994.

CORWIN, D.L.; LESCH, S.M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, 95: 455-471, 2003.

LESCH, S.M. Sensor-directed response surface sampling designs for characterizing spatial variation in soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture* 46, 153-179, 2005.

LESCH, S.M.; CORWIN, D.L.; ROBINSON, D.A. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 351-378, 2005.

RHOADES, J.D.; CORWIN, D.L. Determining soil electrical conductivity - depth relations using inductive electromagnetic soil conductivity meter, *Soil Science Society America Journal*, v.35, p.54-60, 1981.

SIQUEIRA, G. M. ; BEZERRA, J. M. ; DAFONTE, J. D. ; VAZQUEZ, E. V. ; ARMESTO, M. V. . Analysis of geostatistics through roughness data sampling of soil at different scales. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v. 3, p. 19-31, 2013.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D.R. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Science Society of America Journal*, v.47, n.1, p.175-184, 1983.

VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. *Soil Science Society of America Journal*, v.45, p.1040-1048, 1981.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos para os atributos em estudo.

	0 m	0,3 m	0,6 m	0,9 m	1,2 m	1,5 m
Número de valores	130	130	130	130	130	130
Valor mínimo	13,7	13,1	11,6	12	12,1	10
Valor máximo	18	17,7	17,6	16,9	17	18,4
Média	16,048	15,713	15,296	15,156	14,976	14,526
Variância	0,931	1,060	1,434	1,074	0,830	1,468
Desvio Padrão	0,965	1,029	1,197	1,036	0,911	1,211
Coefficiente de variação (%)	6,000	6,600	7,800	6,800	6,100	8,300
Assimetria	-0,495	-0,557	-0,923	-0,8	-0,458	-1,113
Curtose	-0,344	0,019	0,527	0,359	-0,129	4,227
D	0,124n	0,125n	0,131n	0,117n	0,087n	0,132n

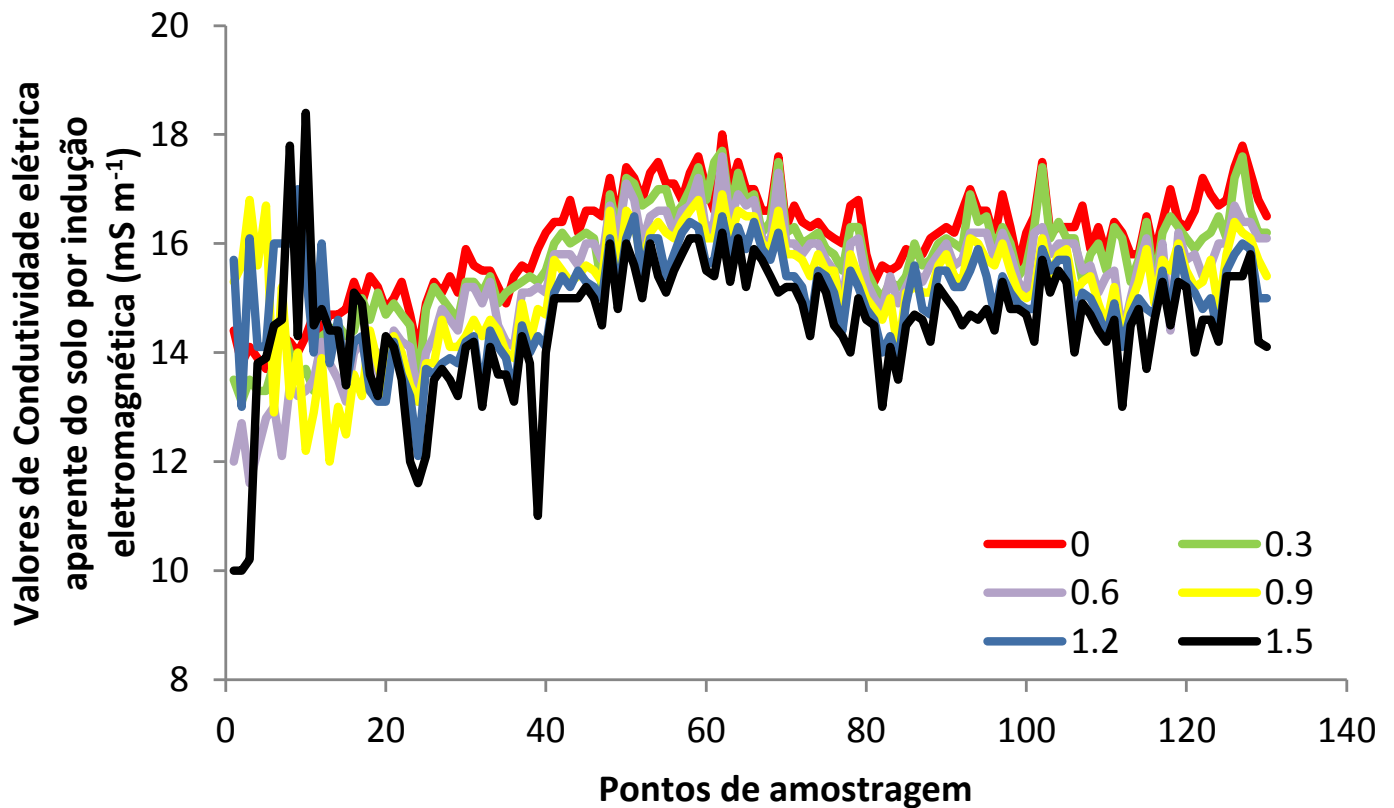


Figura 1 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica aparente do solo por indução eletromagnética (mS m⁻¹) ao longo dos pontos de amostragem e nas diferentes alturas.



Tabela 2 – Parâmetros geoestatísticos para os atributos em estudo.

	0 m	0,3 m	0,6 m	0,9 m	1,2 m	1,5 m
C_0	0,137	0,189	0,205	0,193	0,205	0,693
C_0+C_1	1,189	1,421	2,039	1,286	0,914	1,503
a (m)	261	287	319	446	257	169
Modelo	Gaussiano	Gaussiano	Gaussiano	Esférico	Esférico	Exponencial
Grau de dependência espacial	11,52	13,30	10,05	15,00	22,42	46,10