

## Comportamento espacial dos atributos químicos em Latossolos cultivados com soja no Cerrado

Renato Falconeres Vogado<sup>1</sup>; Liliane Oliveira Lopes<sup>1</sup>; Fabrício Ribeiro Andrade<sup>1</sup>; Sammy Sidney Rocha Matias<sup>2</sup>; Júlio Cesar Azevedo Nóbrega<sup>2</sup>; Andréa Cristiane Baptistel<sup>3</sup>.

<sup>(1)</sup> Aluno 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: renatoagro86@hotmail.com; liliane\_ol@hotmail.com; fabricioandradaagro@gmail.com; <sup>(2)</sup> Prof. Dr Universidade Federal do Piauí/UFPI/Bom Jesus-PI, Campus Profª Cinobelina Elvas; Email: ymmsa2001@yahoo.com.br; juliocnobrega@gmail.com; <sup>(3)</sup> Aluna do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia – Universidade Federal do Piauí/UFPI/Campus Profª Cinobelina Elvas. E-mail: andrea.baptistel@hotmail.com.

**RESUMO:** Na região do Cerrado brasileiro, o cultivo e o uso intensivo de implementos agrícola aliados aos fatores de formação do solo, tem promovido mudanças no comportamento dos seus atributos químicos, físicos e biológico. O objetivo do presente estudo foi verificar o comportamento dos atributos químicos de um Latossolo por meio da variabilidade espacial em duas áreas adjacentes do Cerrado piauiense. O trabalho foi realizado no município de Currais, PI, em duas área de produção de soja, manejadas mediante preparo convencional. As amostras de solo foram retiradas de uma profundidade de 0,00-0,20 m, em duas malhas, com intervalo regular de 200 m, totalizando 100 pontos, sendo que cada ponto foi oriundo de oito subamostras. Em cada amostra, foram analisadas o pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio e calculada a capacidade de troca catiônica, a percentagem de saturação por bases e alumínio. A identificação de ambientes diferentes possibilita a aplicação de corretivos e fertilizantes de acordo com as necessidades das culturas.

**Termos de indexação:** solo, fertilidade, manejo.

### INTRODUÇÃO

O solo, normalmente apresenta variações nos seus atributos, mesmo em áreas consideradas homogêneas e pertencentes a uma mesma classe de solo (Amaro Filho et al., 2007). Este fato ocorre porque o material de origem dos solos não são uniformes devido às diferenças com relação à dureza, composição química, cristalização, etc., associado a condições de relevo, clima e organismos biológicos que atuam na gênese dos mesmos (Souza et al., 2010). Assim, a produtividade das culturas pode ser variável em uma mesma área por menor que seja o grau de variação espacial de determinados atributos.

Na região do Cerrado brasileiro, o cultivo e o uso intensivo de implementos agrícola aliados aos

fatores de formação do solo, tem promovido mudanças no comportamento dos seus atributos químicos, físicos e biológicos por meio da maior exposição aos intemperes climáticos, que facilita a lixiviação dos atributos químicos e o processo erosivo (Lima et al., 2013), principalmente na profundidade 0,00-0,20 m, fato que influencia na variabilidade do solo e conseqüentemente na produção das culturas (Amado et al., 2009).

De acordo com Silva Neto et al. (2011), a falta de conhecimento da variabilidade espacial do solo induz a vários erros de planejamento em área agrícolas, como por exemplo, o uso de insumos (fertilizantes) que são aplicados de forma homogêneas baseando-se em teores médios dos nutrientes contidos no solo, mais especificamente naquele ponto de coleta, podendo superestimar ou subestimar esses teores no solo, implicando no excesso ou déficit nutricional em determinadas áreas.

Procurando conhecer a variabilidade existente no solo alguns agricultores estão adotando o novo sistema de produção denominado, no Brasil de agricultura de precisão, sistema que incorpora procedimentos e tecnologias que permitem aplicar no local correto e momento adequado, as quantidades de insumos necessários à produção agrícola (Souza et al., 2010).

Isso é possível porque a AP aplica os princípios da geoestatística para caracterizar a variabilidade espacial dos atributos que fazem parte dos fatores de produção agrícola (Amado et al., 2009). Com isso, essa ferramenta permite identificar zonas com restrições químicas que possam estar limitando o rendimento e posteriormente realizar a correção de maneira adequada.

Neste sentido o presente estudo objetivou-se avaliar por meio da geoestatística a variabilidade espacial dos atributos químicos de Latossolos cultivados com soja na região do Cerrado piauiense.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Paraíso, localizada no Município de Currais, PI, cujas

coordenadas geográficas são 09°00'09" de latitude sul e 44°76'35" de longitude oeste, com altitude média de 470 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW', caracterizado por ser quente e semi-úmido e com temperaturas superiores a 18°C no mês mais frio e com média anual de 27°C. A precipitação média anual fica em torno de 1200 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a abril.

O estudo foi realizado em uma área comercial de soja cultivada em sistema convencional há mais de cinco anos. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Pragana, 2011), com teores médios de 810 g kg<sup>-1</sup> de areia, 100 g kg<sup>-1</sup> de silte e 90 g kg<sup>-1</sup> de argila.

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de um trado elétrico do tipo rosca, na camada de 0,00-0,20 m, distanciados a cada 200 m em uma área de 156,39 ha<sup>-1</sup> e 150,00 ha<sup>-1</sup> em duas direções perpendiculares entre si, formando duas malhas amostrais. No total foram coletadas 100 amostras compostas, formadas a partir de oito sub amostras distanciadas do ponto central 75m, sendo cada ponto georeferenciado.

Foram quantificados os atributos químicos do solo determinando o pH em H<sub>2</sub>O, os teores de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e matéria orgânica (MO) de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997). Com os valores obtidos nas análises do solo, calculou-se a capacidade de troca de catiônica efetiva (CTCe) e percentagem de saturação por bases (V).

Para determinar a variabilidade espacial foi considerado a teoria das variáveis regionalizadas por meio de semivariograma. Os semivariogramas de cada atributo foram obtidos mediante o programa GS+ (Robertson, 2008). Foram ajustados aos dados os seguintes modelos: (a) esférico, (b) exponencial e (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<sup>2</sup>) 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<sub>0</sub>/C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>), sendo considerada forte quando superior a 75%, moderada entre 25% e 75% e fraca quando inferior a 25% (Cambardella et al., 1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito pepita, o patamar, o alcance, os modelos de semivariogramas ajustados aos dados experimentais, bem como a relação efeito pepita/patamar e o coeficiente de regressão da validação cruzada encontram-se na **tabela 1**.

Para todas as variáveis analisadas na área I e área II houve o ajuste a algum modelo de semivariograma (**Tabela 1**), indicando assim uma distribuição aleatória na zona de estudo e de independência espacial (Cruz et al., 2010) corroborando com os resultados obtidos por Silva Neto et al. (2011).

Os dados de pH (H<sub>2</sub>O), CTCe e V na área I e MO na área II ajustaram ao modelo esférico; MO e SB na área I e pH (H<sub>2</sub>O), SB e CTCe na área II ao modelo exponencial e; V na área II ao modelo gaussiano.

O efeito pepita (C<sub>0</sub>) indica a variabilidade ao acaso ou não, considerando a distância de amostragem utilizada. De acordo com a **tabela 1** os maiores valores do efeito pepita (C<sub>0</sub>) foram encontrados em ambas as áreas para o P e V, sendo que os demais atributos apresentaram valores inferiores a 0,3. Segundo Cambardella et al. (1994), esses resultados indicam que a distância de amostragem preconizada neste estudo foi suficiente para indicar e identificar a variabilidade dos atributos químicos do solo.

Em relação ao patamar (C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>), observa-se que os atributos na área I apresentam uma variância com amplitude de 0,005 para MO e 47,24 para P, enquanto na área II a amplitude esteve entre 0,00001 para pH e 59,08 para P 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<sub>0</sub>) e o patamar (C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>) do semivariograma indica o grau de dependência espacial dos atributos (Lima et al., 2013). No presente estudo a relação C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>) mostrou forte dependência para todos os atributos com exceção do pH e CTCe na área I e P e V na área II (**Tabela 1**) que obtiveram moderado grau de dependência espacial, segundo a classificação de Cambardella et al. (1994).

O desempenho dos semivariogramas, analisados pela relação decrescente dos seus respectivos coeficientes de determinação espacial (R<sup>2</sup>), indicaram para P e MO valores acima de R<sup>2</sup> = 0,86, sendo os atributos com melhores ajustes, seguido da MO e V (R<sup>2</sup> = 0,84) para a área I. Com relação à área II os valores obtidos foram, para MO (R<sup>2</sup> = 0,86) (**Tabela 1**). Observa-se ainda que os maiores valores de R<sup>2</sup>, também obtiveram os melhores ajustes na validação cruzada, com coeficientes de regressão (CRVC) próximos de um (b) e zero (a) (**Tabela 1**), corroborando com os dados obtidos por



Parfitt et al. (2009) avaliando os atributos químicos de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado.

Na área I do presente estudo o menor alcance foi de 340 m para o CTce e o maior foi de 1242 m para V, já na área II o menor valor de alcance foi de 294 m para SB e o maior foi de 1018 m para V, revelando assim um ponto em comum para ambas as áreas, indicando um limite maior de dependência nos mapas para os atributo (**Tabela 1**).

A construção dos mapas de krigagem (**Figura 1**) obtidos por meio dos ajustes do semivariograma permite identificar e delimitar área com maior e menor variabilidade do solo, possibilitando, aplicações de insumos (corretivos e fertilizantes) a taxa variável, visando a implementação de quantidades adequadas dos mesmos de acordo com a necessidade da planta. Verifica-se que a área I possui uma maior variação de cores do que a área II, isto indica que a forma de manejo da área I está acarretando um menor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, ou, a correção da acidez do solo e aplicação de fertilizante pode ter sido feita de forma errônea, possibilitando uma maior variação dos teores dos nutrientes no solo quando comparados com o da área II.

## CONCLUSÃO

A identificação de ambientes diferentes possibilita a aplicação de fertilizantes de acordo com as necessidades da cultura.

## AGRADECIMENTOS

A Fazenda Paraíso, à Evolução Agrícola, à Universidade Federal do Piauí, pelo apoio logístico e financeiro e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas em nível de mestrado.

## REFERÊNCIAS

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.

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R. F. D.; ASSIS JÚNIOR, R. N. & MOTA, J. C. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 415-422, 2007.

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.

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. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A. & SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, 44: 16-23, 2013.

PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; CASTILHOS, D. D.; ÁVILA, C. L.; RECKZIEGEL, N. L. Spatial variability of the chemical, physical and biological properties in lowland cultivated with irrigated rice. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 819-830, 2009.

PRAGANA, R. B. Reconhecimento de solos da serra do quilombo no município de Bom Jesus-Piauí e diagnóstico da qualidade destes solos cultivados sob o sistema plantio direto. 2011. 158f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

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

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A. & NEVES NETO, D. N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, 32:541-552, 2011.

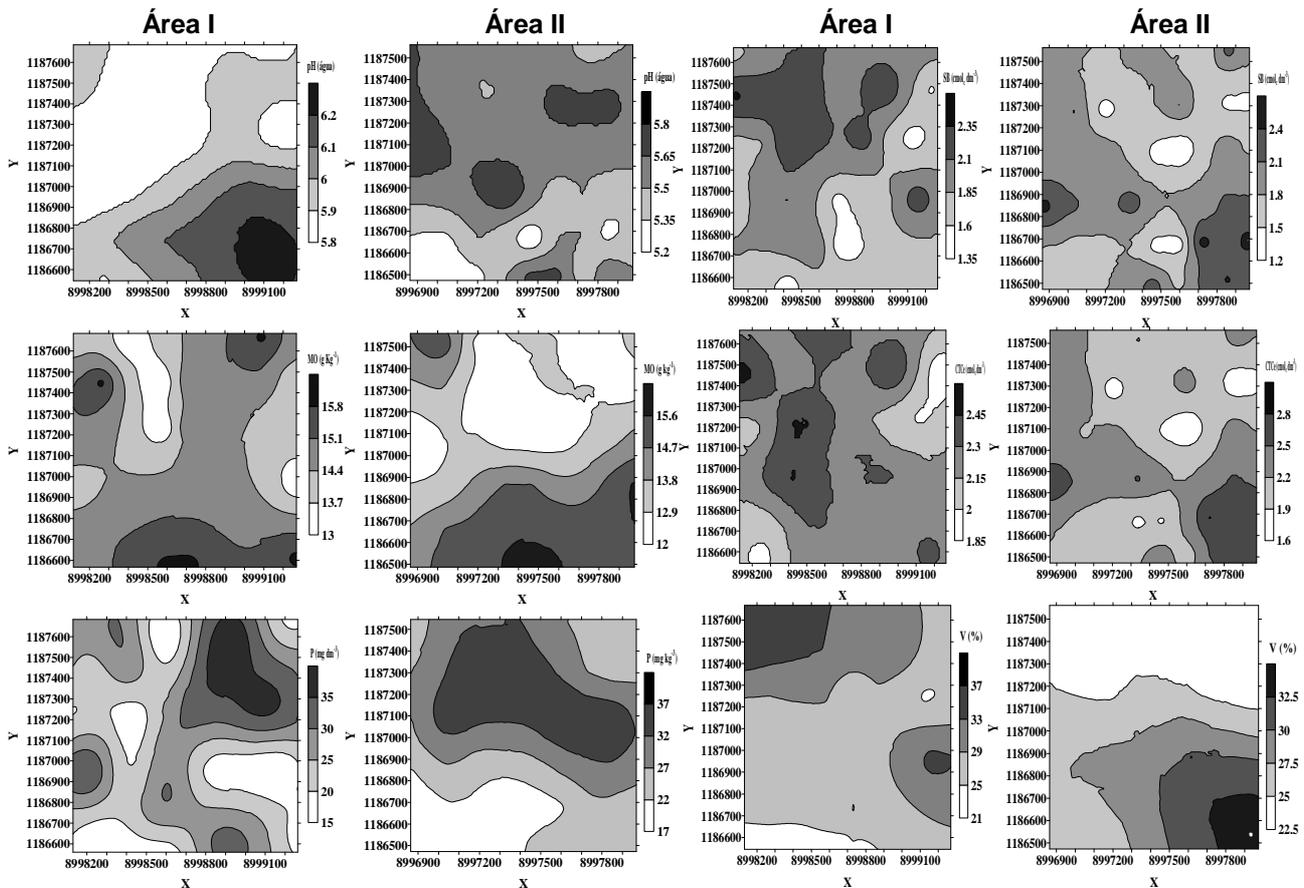
SOUZA, Z. M.; CERRI, D. G. P.; MAGALHÃES, P. S. G. & SIQUEIRA, D. S. Spatial variability of soil attributes and sugarcane yield in relation to topographic location. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 250-256, 2010.

SURFER for windows: relese 7.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide. New York, 1999. 619p.

**Tabela 1** - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para os atributos químicos na profundidade de 0,00 – 0,20 m de duas áreas de cultivo de soja em Latossolo do Cerrado piauiense.

| Variáveis             | Modelo      | C <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub> | GDE   | Alcance (m) | R <sup>2</sup> | CRVC |       |
|-----------------------|-------------|----------------|---------------------------------|-------|-------------|----------------|------|-------|
|                       |             |                |                                 |       |             |                | b    | a     |
| <b>Área I</b>         |             |                |                                 |       |             |                |      |       |
| pH (H <sub>2</sub> O) | Esférico    | 0,011          | 0,035                           | 31,43 | 905         | 0,51           | 1,07 | -0,45 |
| MO                    | Exponencial | 0,005          | 1,148                           | 0,44  | 579         | 0,80           | 0,96 | 0,63  |
| P                     | Gaussiano   | 2,9            | 47,24                           | 6,14  | 322         | 0,84           | 1,00 | -0,26 |
| SB                    | Exponencial | 0,012          | 0,098                           | 12,24 | 420         | 0,61           | 0,87 | 0,01  |
| CTCe                  | Esférico    | 0,02738        | 0,05786                         | 47,32 | 314         | 0,32           | 1,00 | -0,03 |
| V                     | Esférico    | 6,45           | 33,87                           | 19,04 | 1242        | 0,80           | 0,99 | 0,11  |
| <b>Área II</b>        |             |                |                                 |       |             |                |      |       |
| pH (H <sub>2</sub> O) | Exponencial | 0,00001        | 0,02262                         | 0,04  | 795         | 0,7            | 0,98 | 0,08  |
| MO                    | Esférico    | 0,224          | 2,061                           | 10,87 | 937         | 0,86           | 0,93 | 0,87  |
| P                     | Esférico    | 22             | 59,08                           | 37,24 | 619         | 0,74           | 0,96 | 0,67  |
| SB                    | Exponencial | 0,0235         | 0,167                           | 14,07 | 294         | 0,75           | 0,86 | 0,27  |
| CTCe                  | Exponencial | 0,0168         | 0,1146                          | 14,66 | 390         | 0,74           | 1,01 | -0,02 |
| V                     | Gaussiano   | 18,8           | 37,67                           | 49,91 | 1018        | 0,83           | 0,98 | 0,48  |

C<sub>0</sub> = efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub> = patamar; GDE (C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>) \*100) = grau de dependência espacial; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do modelo; CRVC = coeficiente de regressão da validação cruzada; b = Coeficiente angular; a = Intercepto; pH em água; MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo; SB = Soma de Bases CTCe = Capacidade de Troca Catiônica efetiva e V = Saturação por Bases.



**Figura 1** - Mapas da distribuição espacial dos atributos, pH em água, matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K<sup>+</sup>), Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Alumínio (Al<sup>3+</sup>), capacidade de troca catiônica (CTCp) e saturação por bases (V), na profundidade de 0,00 – 0,20 m em duas áreas de cultivadas com soja em Latossolo do Cerrado piauiense.