

Distribuição espacial do fósforo em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob sistema plantio direto ⁽¹⁾

Gerceu Dorneles de Sousa Neto ⁽²⁾; **Jefferson Santana da Silva Carneiro** ⁽²⁾; **João Vidal de Negreiros Neto** ⁽³⁾; **Analu Guarnieri** ⁽⁴⁾; **Antonio Clementino dos Santos** ⁽⁵⁾; **Rubens Ribeiro da Silva** ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

⁽²⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); E-mail: agrodorneles@live.com; ⁽³⁾ Doutorando em produção vegetal; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Tocantins-(TO); ⁽⁴⁾ Mestranda em produção vegetal; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal do Tocantins- Campus Araguaína; Araguaína, Tocantins-(TO); ⁽⁶⁾ Professor; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); E-mail: rrs2002@mail.uft.edu.br;

RESUMO: A variabilidade dos atributos químicos do solo é resultante de vários processos, principalmente pelas práticas de manejo do solo e pelas culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial do fósforo do solo em área cultivada com sistema plantio direto, por meio da geoestatística. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A área avaliada foi de 1755 m² sendo coletadas 100 amostras indeformadas com uso de anel volumétrico a fim de avaliar o teor de fósforo (P) do solo. A análise do teor de fósforo do solo foi realizada a partir do solo coletado no anel volumétrico. Os valores obtidos na avaliação da variabilidade do fósforo foram submetidos à análise exploratória dos dados, com o auxílio do programa computacional de estatística Assistat 7.6. Utilizou-se o teste de Shapiro & Wilk a 5% de significância para testar a hipótese de normalidade, ou da anormalidade. A análise estatística e geoestatística, bem como a interpolação por krigagem ordinária e a elaboração dos mapas foram realizados utilizando-se o *software* GS+, versão 5.1.1. A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, utilizando-se o programa GS+v. 5.1.1. O atributo químico fósforo apresentou dependência espacial, indicando a importância da distância entre as amostras para efeito de fertilidade do solo. O relevo influenciou na variabilidade do fósforo.

Termos de indexação: fertilidade do solo; dependência espacial; atributo químico.

INTRODUÇÃO

A utilização do solo no sistema convencional de cultivo altera seus atributos químicos originais, pelo manejo de corretivos e fertilizantes (Araújo et al., 2011). Nos últimos anos os métodos de preparo do solo, como o reduzido e o plantio direto, vêm sendo

adotados em substituição aos convencionais. No sistema plantio direto, a variabilidade espacial dos atributos do solo é aumentada pela ação residual das linhas de adubação, que se mantêm na sequência dos cultivos, juntamente com a redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos presentes no solo (Couto, 1997).

De acordo com Junior et al., (2007) a variabilidade do solo é resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação, como o clima, topografia, material de origem, vegetação, processos geológicos e pedológicos complexos e práticas de manejo do solo e pelas culturas. O entendimento da natureza da variabilidade é indispensável para avaliar o efeito dos atributos do solo sobre a produtividade das culturas agrícolas, principalmente em regiões tropicais, onde a dinâmica dos processos e a heterogeneidade são maiores do que em outros ambientes (Richter & Babbar, 1991). Em ecossistemas nativos, o solo encontra-se em equilíbrio dinâmico, onde as entradas e saídas se compensam (Dias-Filho, 2006).

Dados georreferenciados em estudos da variabilidade espacial de atributos do solo de uma propriedade agrícola permitem a obtenção de mapas de fertilidade de solos e o estabelecimento de estratégias de aplicação de fertilizantes (Junior et al., 2007). Os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de ferramentas para entender a uma aparente aleatoriedade dos dados, mas com possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial do fósforo (P) em área cultivada com milho sob sistema plantio direto, por meio da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Gurupi, localizado na região Sul do estado

do Tocantins, a 280 m de altitude, abrangendo as coordenadas geográficas 11°43'45" de latitude Sul e 49°04'07" de longitude Oeste. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima regional é do tipo b1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica. Conforme preceitos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), o solo local é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Tratamentos e amostragens

A grade amostral utilizada foi composta por 100 pontos espaçados regularmente a cada 5,0 m no sentido longitudinal com borda de mesmo tamanho e 3,2 m na transversal e borda de 1,95 m, com quatro linhas de 25 pontos cada. Utilizou-se amostragem sistemática, que consistiu em estabelecer um plano de amostragem seguindo um critério linear na área experimental delimitada de 130 x 13,5 m (1755 m²).

As amostras de solo foram coletadas com anel volumétrico de volume conhecido (50 cm³), afim de se realizar a análise do fósforo disponível (Embrapa, 1997).

Análise estatística

O valor do fósforo do solo foi submetido à análise exploratória dos dados para verificar se esse ocorria de maneira aleatória ou agregada, calculando-se a média, mediana, curtose e o coeficiente de variação (CV), bem com o tipo de distribuição do valor do fósforo do solo, com o auxílio do programa computacional de estatística Assistat 7.6. Utilizou-se o teste de Shapiro & Wilk (1965) a 5% de significância para testar a hipótese de normalidade, ou da anormalidade.

A análise estatística e geoestatística, bem como a interpolação por krigagem ordinária e a elaboração do mapa foi realizado utilizando-se o software GS+, versão 5.1.1.

A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas, utilizando-se o programa GS+v. 5.1.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **tabela 1** apresenta os resultados da análise descritiva do fósforo do solo. O valor da mediana do fósforo do solo para a área em sistema plantio direto foi classificado, conforme classes de interpretação de fertilidade do solo (Ribeiro et al., 1999), médio (15,66 mg dm⁻³). A adoção do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (1965) aos dados indicou

distribuição anormal para o atributo fósforo do solo. Estudando a espacialidade de dados de fertilidade do solo no Norte do Tocantins, Silva-Neto et al., (2011), evidenciaram o P também apresentou distribuição não normal.

A ausência de normalidade do fósforo do solo deve-se, provavelmente, ao histórico de adubação desuniforme da área em estudo. Por se tratar de área experimental, onde no passado houve diferentes manejos do solo, a distribuição espacial dos dados não foi normal. Sob este aspecto os semivariogramas resultantes dos dados apresentaram patamares bem definidos e a distribuição não apresentou caudas muito alongadas, contribuindo para estimativas de krigagem ordinária, que levam em conta os valores médios (Isaaks & Srivastava, 1989).

Os coeficientes de curtose utilizados para avaliar se os dados seguem distribuição normal devem ser nulos, podendo ser aceitos valores entre +2 e -2 (Ortiz, 2003). Observa-se que os valores de coeficientes de curtose (**Tabela 1**) atenderam a esse critério de normalidade.

A variabilidade dos dados pode ser medida pela variância e pelo coeficiente de variação, considerados os primeiros indicativos de heterogeneidade dos dados (Berner et al., 2007).

Os modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores de fósforo obtidos da área experimental estão apresentados na **tabela 2**. Os dados do atributo químico fósforo disponível foram ajustados ao modelo exponencial. Esse ajuste corrobora em parte os apresentados por Cruz et al. (2010), que encontraram a maioria dos atributos do solo ajustados aos modelos exponencial e gaussiano.

O valor do alcance para P disponível apresentou 19,7 m. O alcance é um indicador do limite da dependência que a variável apresenta no espaço. Significa que determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance, possui distribuição espacial aleatória, dessa forma, são independentes entre si; por outro lado, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas às outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados (Campos et al., 2008).

Valores de alcance muito baixos podem acarretar queda na qualidade das estimativas, visto que poucos pontos são usados na interpolação para estimar valores em locais não medidos (Corá et al., 2004). O teor de fósforo do solo apresentou baixo ADE. O valor de ADE revela que as propriedades intrínsecas do solo como, material de origem, clima, relevo e organismos diminuíram de importância, indicando maior relevância às propriedades extrínsecas dos efeitos dos manejos



adotados ao longo do tempo de uso da terra (Cambardella et al., 1994).

Os mapas temáticos de isolinhas obtidos por meio da interpolação de dados do atributo químico fósforo disponível, por krigagem, são apresentados nas **figura 1**. Na área superior à direita, no mapa de fósforo disponível, ocorreram teores mais elevados. Essa região coincide com o ponto mais baixo da área estudada, indicando que houve acúmulo de fósforo disponível.

CONCLUSÕES

O fósforo disponível do solo apresentou dependência espacial, indicando a importância das distâncias entre as amostras para efeito de diagnóstico de fertilidade do solo.

O relevo influenciou na variação espacial da disponibilidade de fósforo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A.S.; SILVA, J.E.C.; SANTOS, A.C.; SILVA-NETO, S.P.; DIM, V.P.; ALEXANDRINO, E. Substituição de nitrogênio por esterco bovino na produtividade de forragem e qualidade do solo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.4, p.852-66, 2011.
- BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, n.5, p.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 of American Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES-JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M. Aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta utilizando técnicas geoestatísticas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.4, p.974-980, 2008.
- CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- COUTO, E.G. Variabilidade espacial de propriedades do solo influenciadas pela agricultura em escala regional e local no sul do estado do Mato Grosso. 1997. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 31p. 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, 561p.1989.
- JUNIOR, L. A. Z.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. *Ciência Rural*, Santa Maria v.37, n.4, p. 1000-1007, jul-ago, 2007.
- KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479p. 1948.
- ORTIZ, J. L. Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. 2003. 205p. Dissertação Mestrado. UNESP/ESALQ, Piracicaba. 2003.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I. Soil diversity in the tropics. *Advison Ecology Research*, v. 21, p. 315-389, 1991.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. *Biometrika*, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- 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 dos parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótipo sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.32, n.2, p. 541-552, 2011.

Tabela 1. Análise descritiva do fósforo em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

Variável	Média	Mediana	Variância	Coeficiente			SW ¹
				Varição	Assimetria	Curtose	
P	15,66	16,00	28,98	34,37	0,21	1,44	0,00007ns

⁽¹⁾SW: teste de normalidade de Shapiro-Wilk; (ns): não-significativo a 5%; P disponível em mg dm⁻³.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores do fósforo do solo.

Atributo	Modelo	Parâmetro						
		C ₀ ¹	C ₀ + C ²	ADE ³ (%)	Classe	A ⁴ (m)	R ^{2*}	SQR ⁵
P	Exponencial	13,850	31,800	56,45	ME	19,7	0,444	144

⁽¹⁾C₀: efeito pepita; ⁽²⁾C₀+C: patamar; ⁽³⁾ADE: avaliador de dependência espacial; ⁽⁴⁾A: alcance; ⁽⁵⁾SQR: soma dos quadrados dos resíduos; (*)R²: coeficiente de determinação espacial; P fósforo disponível.

Figura 1. Mapas de contorno da distribuição espacial do fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

