



Variabilidade espacial de nitrogênio e matéria orgânica em solo com resíduos de níveis de salinidade e doses de nitrogênio submetido à adubação verde ⁽¹⁾

Pedro Ramualyson Fernandes Sampaio⁽²⁾; Neyton de Oliveira Miranda⁽³⁾; Juliana de Paiva Pamplona⁽⁴⁾; Marcos de Sousa Campos⁽⁵⁾; Mikhael Rangel de Sousa Melo⁽⁶⁾; José Francismar de Medeiros⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES;

⁽²⁾, Engenheiro Agrônomo, Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, prfsampaio@usp.br; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN; neyton@ufersa.edu.br; jfmedeir@ufersa.edu.br; ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, juliana_paiva_pamp@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Engenheiro Agrônomo, Estudante de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas-BA; marcossc_ufersa@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, mikhael.rangel@yahoo.com.br

RESUMO: O trabalho foi desenvolvido no contexto de solo degradado pelo uso e pela aplicação de água de qualidade inferior, situação para a qual a adubação verde pode ser uma alternativa de recuperação. O presente trabalho teve como objetivo utilizar o adubo verde crotalária juncea para avaliar atributos químicos de nitrogênio e matéria orgânica do solo quanto à variabilidade espacial sobre o efeito residual de níveis de salinidade e doses de nitrogênio mineral. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. Em anos anteriores, a área experimental recebeu seis experimentos consecutivos com diferentes culturas, em delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas 5 x 3, correspondentes a níveis de salinidade e doses de nitrogênio, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram Nitrogênio e Matéria Orgânica do Solo nas profundidades de 0,00-0,15 m e 0,15-0,30 m. Os resultados foram submetidos ao estudo da variabilidade espacial das variáveis por meio de técnicas geoestatísticas. As características químicas de Nitrogênio e Matéria Orgânica do Solo apresentaram dependência espacial nas duas profundidades estudadas. Os diferentes alcances obtidos nas duas profundidades indicam tratar-se de diferentes fenômenos responsáveis pela variabilidade espacial.

Termos de indexação: Leguminosa, dependência espacial, fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

O avanço do processo degradativo dos solos brasileiros, principalmente nas fronteiras agrícolas, tem gerado preocupação com a prevenção da degradação de novas áreas e adoção de práticas como a adição de matéria orgânica ao solo. A

viabilidade da adubação verde em recuperar solos degradados está em incorporar ao solo o tecido vegetal não decomposto, de forma a manter ou aumentar a fertilidade do solo (Fageria & Santos, 2007), podendo diminuir a erosão e recuperar características físicas, químicas e biológicas do solo. O ideal é que as plantas sejam incorporadas ao solo após o florescimento e antes da frutificação, adicionando grande quantidade de material vegetal.

A principal vantagem de se utilizar leguminosas refere-se à capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium/Bradyrhizobium* nas raízes, enriquecendo-se o solo com esse macronutriente, possibilitando reduzir a quantidade de nitrogênio aplicado na adubação química (Mateus & Wutke, 2006). Entretanto, em condições semiáridas geralmente é necessário irrigação para o cultivo de adubos verdes, os quais quando irrigados com água salina ou cultivados em solos salinizados, podem ter seu crescimento prejudicado, bem como a sua utilidade em recuperar a qualidade do solo nessas áreas.

Reichardt (1985) afirma que em diversos estudos envolvendo interações solo-água-planta, o emprego de técnicas de estatística clássica, como a análise, torna-se inadequado em algumas situações. Uma alternativa é o emprego de ferramentas de geoestatística, que considera a existência de dependência da variação com relação ao espaço de amostragem, indica a existência de correlações espaciais entre propriedades e pode descrever melhor essas interações.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo utilizar o adubo verde crotalária juncea para avaliar atributos químicos de Nitrogênio e Matéria Orgânica do Solo quanto à variabilidade espacial em solo com resíduo de níveis de salinidade e doses de nitrogênio mineral.



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada na comunidade de Alagoinha (5°03'37"S; 37°23'50"W e altitude de 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4°C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

A área experimental recebeu seis experimentos consecutivos, de fevereiro a abril de 2006, novembro de 2006 a fevereiro de 2007, novembro de 2007 a janeiro de 2008, fevereiro a abril de 2008, outubro de 2008 e fevereiro de 2009. Neles, foram aplicados, via fertirrigação, níveis de salinidade da água e doses de nitrogênio que diferiram a cada experimento.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas 5 x 3 e com quatro repetições. As parcelas corresponderam à aplicação nos anos anteriores dos cinco níveis de salinidade, e as subparcelas corresponderam à aplicação das três doses de nitrogênio. As parcelas foram constituídas de três subparcelas, ambas com três fileiras duplas de plantas, sendo consideradas as duas fileiras laterais como bordaduras e a fileira central como parcela útil, onde se encontravam as plantas avaliadas. A área útil para as avaliações das plantas era de 15 m².

As amostragens do solo da área experimental foram realizadas com auxílio de um trado holandês. Foram obtidas em cada subparcela duas amostras compostas deformadas, cada uma delas composta pela mistura de quatro amostras simples coletadas nas profundidades de 0,0–0,15 m e 0,15–0,30 m, para o estudo do Nitrogênio (N) e da Matéria Orgânica do Solo (MOS). As amostras foram colocadas em baldes separados, para homogeneização e, em seguida, colocados em sacos plásticos identificados para controle das profundidades e parcelas estudadas. A coleta foi realizada sessenta dias após a incorporação da cultura ao solo.

Foi realizada a estatística descritiva incluindo valores mínimos e máximos, média, mediana, desvio-padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose. O estudo da variabilidade espacial das variáveis estudadas por meio de técnicas geoestatísticas utilizou os dados de cada subparcela como sendo uma amostra, totalizando 60 amostras,

as quais foram georeferenciadas segundo coordenadas cartesianas, correspondentes ao centro de cada subparcela. O nível de variabilidade dos parâmetros analisados foi classificado conforme o coeficiente de variação (CV), segundo Warrick (1998), em baixa para CV menor que 15%, média para CV entre 15 e 50% e alta para CV acima de 50%. 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 se a razão for $\leq 0,25$, moderada quando está entre 0,26 e 0,74 e fraca se $\geq 0,75$ (Cambardella et al., 1994). A estimativa espacial foi realizada por interpolação dos valores não amostrados, pelo método da krigagem, de modo a definir o padrão espacial das variáveis estudadas, o que permitiu a elaboração dos mapas de distribuição espacial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da estatística descritiva (**Tabela 1**) permitiu identificar e remover valores extremos na distribuição das variáveis. A simetria da distribuição é indicada pela proximidade entre valores de média e mediana de todas as variáveis e profundidades após a transformação dos dados e comprovada pelos valores de assimetria próximos de zero para todas as variáveis, e pelo ajuste delas à distribuição normal. O ajuste à distribuição normal é importante por facilitar o ajuste dos semivariogramas e favorece a estimativa de valores em pontos não amostrados, por meio da krigagem (Machado et al., 2007).

Os coeficientes de variação obtidos são considerados médios por Warrick (1998), para o N e MOS, nas duas profundidades, com valores de 20,83 e 25,81% na profundidade de 0 – 0,15 m e, 33,66 e 28,51% na profundidade de 0,30 m, respectivamente, indicando média variabilidade do teor do nutriente na área amostrada. Vanni (1998) considera que uma série de dados é heterogênea e a média tem pouco significado, se ele for maior do que 35 %; se maior do que 65 % a série é muito heterogênea e a média não tem significado; a série é homogênea e a média representa a série de dados onde foi obtida se o CV é menor do que 35 %.

Os modelos ajustados aos semivariogramas e seus parâmetros (**Tabela 2**) indicam que os atributos químicos do solo apresentaram dependência espacial. Nas duas profundidades avaliadas, as variáveis de N e MOS se ajustaram ao modelo exponencial, modelo este obtido com maior frequência em estudos de variabilidade espacial. Os valores de alcances de N e MO, obtidos na camada superficial, foram de 3,57 e 3,01 m, respectivamente. As diferenças entre os alcances



das variáveis nas duas camadas indicam tratar-se de diferentes fenômenos responsáveis pela variabilidade espacial. Os alcances de dependência espacial observados para a camada subsuperficial foram superiores aos obtidos na primeira camada, o que define uma maior expansão dos atributos nesta profundidade após a adubação verde. A MOS obteve maior alcance, indicando que para essa variável, as amostras seriam independentes a uma distância de 38,39 m. O valor de alcance tem implicação prática na condução de experimentos, porque define a distância na qual os pontos amostrais estão espacialmente correlacionados entre si e podem ser utilizados para estimar valores em qualquer ponto entre eles (Machado et al., 2007).

A dependência espacial foi considerada forte, conforme Cambardella et al. (1994), para o N e MOS nas duas profundidades, com exceção da MOS na camada de 0,15-0,30 m, cuja dependência foi moderada (**Tabela 2**). Resultados semelhantes com o GDE de atributos químicos do solo foram obtidos por Cavalcante et al. (2007) e Machado et al. (2007). Segundo Cavalcante et al. (2007) uma dependência espacial forte pode estar associada a variações do conjunto de características do solo, enquanto que a dependência moderada seria devido a homogeneização do solo, proporcionadas pelas adubações nos diferentes sistemas de uso e manejo, como no caso da incorporação do adubo verde ao solo.

Os mapas de isovalores da MOS são diferentes nas duas profundidades. A camada de 0,00-0,15 m (**Figura 1A**) apresenta teores intermediários de matéria orgânica, bem distribuídas pela área, destacando-se alguns pontos bem definidos com maiores ou menores teores, os quais podem ser relacionados a parcelas específicas, cujo tratamento favoreceu ou prejudicou a decomposição do adubo verde. Na segunda profundidade (**Figura 1B**) a variável apresentou tendência bem evidente de evolução espacial, consistindo de área central com valores baixos e maiores valores nas laterais, que pode ser explicada por problemas de irrigação e maior lixiviação no centro da área.

Os mapas de isovalores do N apresentaram distribuições semelhantes nas profundidades estudadas (**Figura 1C e D**), atingindo maiores médias na superfície do solo e diminuindo em profundidade. Isso é corroborado por Cavalcante et al. (2007) ao avaliarem atributos químicos em diferentes usos e manejos do solo. Na camada de 0,00-0,15, o N variou entre 0,44 a 0,93 g kg⁻¹ e apresentou predominância dos maiores níveis na porção superior da área. O N destacou alguns pontos com maiores alcances na segunda camada, onde maior parte do adubo verde foi decomposto e

fornecido nitrogênio ao solo. Fica evidente o fato de o manejo do solo (adubação e irrigação) interferir na distribuição espacial destes atributos químicos.

CONCLUSÃO

As características químicas de Nitrogênio e Matéria Orgânica do Solo apresentaram dependência espacial nas duas profundidades estudadas.

O alcance obtido para a MOS na segunda profundidade atingiu valor superior ao tamanho da parcela, enquanto que o N das duas profundidades e a MOS da primeira foram inferiores, indicando que esta variabilidade espacial é provocada por diferentes fenômenos.

REFERÊNCIAS

- CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p. 1995.
- 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 America Journal, Madison, v.58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.2, p.394-400, mar-abr, 2007
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Resposta do arroz irrigado à adubação verde e química no Estado de Tocantins. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 4, p. 387-392, 2007.
- MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 591-599, 2007.
- MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. Pesquisa & Tecnologia, vol. 3, n.1 Jan-Jun 2006
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 445p
- VANNI, S.M. Modelos de regressão: Estatística aplicada. São Paulo, Legmar Informática, 1998. 177p.
- WARRICK, A. W. Spatial variability. In: HILLEL, D. Environmental soil physics. San Diego: Academic Press, 1998. p.655-675.

Tabela 1- Estatística descritiva de atributos químicos de Nitrogênio (N) e Matéria Orgânica do Solo (MOS) em duas profundidades estudadas, 30 dias após a incorporação da *Crotalaria juncea* L.

	N (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)
	0,00-0,15 m		0,15-0,30 m	
Média	0,67	7,66	0,54	6,44
Mediana	0,63	7,49	0,49	6,28
Mínimo	0,42	3,76	0,14	3,12
Máximo	0,98	12,79	0,98	10,62
Des. Padrão	0,14	1,98	0,18	1,84
Assimetria	-0,05	0,30	0,42	0,17
Curtose	-0,55	0,16	-0,19	-0,74
CV%	20,83	25,81	33,66	28,51
Teste S-W				
W	0,96	0,98	0,96	0,98
Pr	0,06	0,55	0,05	0,32

Tabela 2- Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas isotrópicos para os atributos químicos de Nitrogênio (N) e Matéria Orgânica do Solo (MOS) em duas profundidades estudadas, 30 dias após a incorporação da *Crotalaria juncea* L.

Variável	Modelo	Efeito Pepita	Patamar	Alcance	R ²	GDE	SQR
		(Co)	(Co+C)	Ao			
0,00-0,15 m							
N	Exponencial	0,0030	0,021	3,57	0,23	0,14	7,78x10 ⁻⁶
MO	Exponencial	0,4800	4,232	3,01	0,57	0,11	0,031
0,15-0,30 m							
N	Exponencial	0,004	0,038	12,96	0,92	0,11	2,63x10 ⁻⁶
MO	Exponencial	1,910	5,984	38,39	0,92	0,32	0,08

R²: coeficiente de determinação; GDE: grau de dependência espacial; SQR: Soma do quadrado dos resíduos

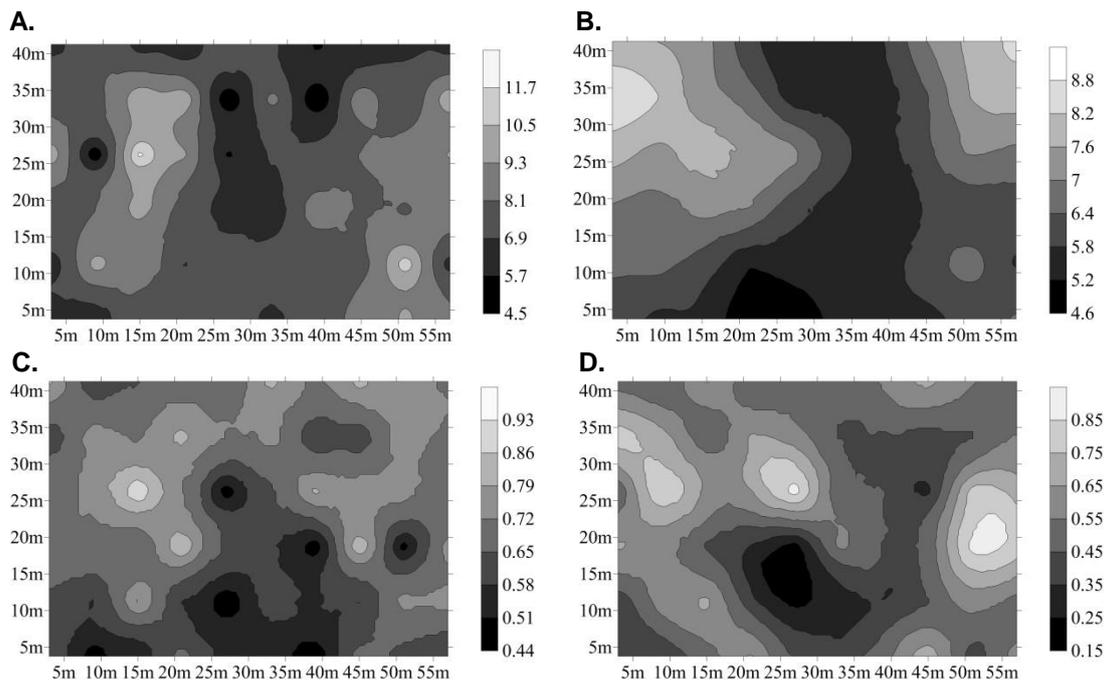


Figura 1- Mapas de isovalores do teor de MOS (g kg⁻¹) nas camadas (A) 0 a 0,15 m e (B) 0,15 a 0,30 m, e teor de N (g kg⁻¹) nas camadas (C) 0 a 0,15 m e (D) 0,15 a 0,30 m, na área de amostragem.