



## Variabilidade espacial da biomassa de crotalária juncea sob efeito residual de níveis de nitrogênio e salinidade da água no solo<sup>(1)</sup>

**Pedro Ramualyson Fernandes Sampaio<sup>(2)</sup>; Neyton de Oliveira Miranda<sup>(3)</sup>; Aline da Silva Alves<sup>(4)</sup>; Monique Cristina Simão Lopes<sup>(5)</sup>; José Francismar de Medeiros<sup>(3)</sup>; Sergio Nascimento Duarte<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES.

<sup>(2)</sup> Engenheiro Agrônomo, Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP; prfsampaio@usp.br; <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido; neyton@ufersa.edu.br; jfmedeir@ufersa.edu.br; <sup>(4)</sup> Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, prefeitura municipal de Iguatu, professora temporária, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Iguatu-CE; tidaline@gmail.com; <sup>(5)</sup> Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido; moniquecslopes@gmail.com; <sup>(6)</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, snduarte@usp.br;

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito residual no solo de níveis de salinidade da água e doses de nitrogênio no solo e a existência de dependência espacial sob a biomassa da *Crotalaria juncea* L. dentro da área de experimento. O local do experimento foi a Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN. Em anos anteriores, a área experimental recebeu seis experimentos consecutivos para testar níveis de nitrogênio e de salinidade da água sobre diferentes culturas. O mesmo delineamento foi aplicado a este experimento, ou seja, blocos ao acaso, com parcelas subdivididas 5 x 3, correspondentes ao efeito residual de salinidade e nitrogênio, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Os resultados foram submetidos ao estudo da variabilidade espacial das variáveis por meio de técnicas geoestatísticas. Foi observada dependência espacial de moderada a forte para todas as variáveis de massa seca da crotalária juncea. A confecção de mapas de isovalores das variáveis estudadas permitiu localizar no campo regiões onde o desenvolvimento da crotalária juncea foi prejudicado por possíveis problemas de solo ou de manejo.

**Termos de indexação:** Adubação verde, conservação do solo, geoestatística.

### INTRODUÇÃO

A adubação verde é realizada desde a antiguidade, consistindo da utilização de espécies vegetais, principalmente leguminosas, para reciclar nutrientes do solo e fixar nitrogênio atmosférico (Amado et al., 2001). Tais espécies, também designadas como plantas de cobertura, podem ser utilizadas em pré-plantio, consórcio ou pós-plantio

de culturas anuais ou perenes, podendo ser incorporadas ou não ao solo.

Os adubos verdes e seus resíduos aportam grande variedade de substâncias orgânicas ao solo e liberam macro e micronutrientes em formas lábeis, que podem se tornar disponíveis para culturas subsequentes, principalmente o nitrogênio (Amado; Mielniczuk; Aita, 2002). Nesse sentido, a principal vantagem das Leguminosas é reduzir a aplicação de adubo nitrogenado, devido à capacidade de fixação biológica de nitrogênio, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disto, apresentam sistema radicular profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo (Alcântara et al., 2000).

Entre as leguminosas utilizadas para adubação verde, a crotalária juncea é uma espécie leguminosa tropical arbustiva, de ciclo anual, porte ereto e crescimento determinado, amplamente recomendada, face ao seu rápido crescimento, grande potencial de produção de biomassa e reciclagem de nutrientes, fácil decomposição e eficiência na fixação biológica do nitrogênio da atmosfera (Kappes, 2011).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a biomassa do adubo verde crotalária juncea em experimento sob o efeito residual de níveis de salinidade e doses de nitrogênio no solo para avaliar existência de dependência espacial dentro da área experimental.

### 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<sup>h</sup>, 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 m<sup>2</sup>.

Para a determinação da massa fresca da raiz e da parte aérea, constou-se da coleta de 40 plantas da fileira dupla central, em um espaço de 1m de comprimento e 2m de largura, dentro da área útil de 15m<sup>2</sup> em cada subparcela; dessas plantas, foram selecionadas aleatoriamente, duas plantas que foram colocadas em estufa a 70 °C por 48 horas para determinar-se o conteúdo de água e, assim, calcular a massa seca da parte aérea, da raiz e total, por meio de balança de precisão. O material foi coletado em pleno florescimento, época em que a cultura foi incorporada 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 partir dos pontos amostrais, analisaram-se a estrutura e a dependência espacial através dos semivariogramas experimentais. Portanto a classificação do grau da dependência espacial (GDE) foi feita com base na

razão entre o efeito pepita e o patamar [ $C0/(C0 + C1)$ ], sendo considerada forte se a razão for  $\leq 0,25$ , moderada quando esta 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 proximidade entre a média e mediana pode ser observado na **Tabela 1**, para as variáveis de MSPA, MSR e MST, após transformação dos dados. Isso indica simetria das distribuições simétricas, comprovada pelos valores de assimetria, próximos de zero para todas as variáveis, e pelo ajuste delas à distribuição normal, conforme o teste de Shapiro-Wilk (S-W). Quanto aos CV de MSPA, MSR e MST, foram classificados como médios, com valores de 30,44, 48,75 e 31,45%, respectivamente. A variabilidade dos dados também foi analisada por Salviano et al., (1998), em trabalho sobre variabilidade espacial de crotalária juncea, que obteve coeficientes de variação coerentes com os deste trabalho. Se for usada interpretação dada por Vanni (1998), um CV de MSPA menor que 35%, a série de dados é homogênea e a média é representativa dos dados, enquanto que os CV maiores que 35% para MSR e MST, indicam que a série é heterogênea e média de pouco significado. Segundo o mesmo autor, CV maior que 65% indica série de dados muito heterogênea e nenhum significado da média. A dependência espacial observada pode estar associada a variações intrínsecas do conjunto de outras características do solo, sobrepondo-se ao efeito residual dos níveis de salinidade e doses de nitrogênio utilizadas. Nesse sentido, Salviano et al., (1998) afirmam que o desenvolvimento da planta é consequência de combinação de variáveis de solo e Miranda et al., (2005) relacionam a variabilidade no estande das culturas a propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, fatores climáticos, como precipitação e ao manejo, como aplicação desuniforme insumos agrícolas.

As variáveis de massa seca da crotalária (**Tabela 2**) também apresentaram dependência espacial e se ajustaram ao modelo exponencial (MSPA e MST) e esférico (MSR). O alcance de dependência espacial observado para MSR é o menor obtido neste trabalho, indicando que para essa variável, as amostras seriam independentes a uma distância de 11,04 m. Os outros valores de alcance, 35,02 m de MSPA e 33,38 m de MST são próximos aos 32 m



obtidos para MS da crotalaria por Salviano et al., (1998). Considerando o GDE das variáveis de Massa Seca da crotalaria juncea, verifica-se moderada dependência espacial para as variáveis de MSPA e MST, enquanto a dependência espacial da MSR foi classificada como forte. De acordo com Guimarães (2004), fenômenos naturais apresentam frequentemente certa estruturação na variação entre vizinhos, a qual pode indicar que as variações não são aleatórias.

O mapa de isovalores da Massa Seca da Parte Aérea (**Figura 1A**), que variou entre 27 e 49 g planta<sup>-1</sup> apresenta uma região destacada de valores baixos com maior área no bloco 4 (lado direito inferior) e parte no bloco 3 (lado esquerdo inferior). Dessa região, os valores aumentam em direção à parte inferior do mapa. Observa-se, também, concentração de valores intermediários de MSPA na lateral direita do mapa, entre os blocos 1 e 2 (lados superiores, esquerdo e direito, respectivamente). A concentração de valores baixos de massa seca nessa região indica a ocorrência de problema localizado de manejo ou de solo, da mesma maneira que ocorreu com a altura. O mapa de isovalores da Massa Seca Total apresenta grande semelhança com o de MSPA (**Figura 1C**). Isso é explicado porque a MSPA contribui com 85% da MST. Desta maneira, toda discussão envolvendo a massa seca pode ser englobada na discussão sobre a parte aérea. O mapa de isovalores de MSR (**Figura 1B**) apresenta pequenas regiões bem definidas, nas quais se localizam os maiores ou menores valores. Como o valor do alcance é pouco maior do que a dimensão das parcelas existe a possibilidade de que cada região com valores específicos esteja expressando o efeito residual dos tratamentos de experimentos anteriores. Nesse caso, regiões com maior desenvolvimento das raízes corresponderiam às subparcelas que apresentaram efeito residual das maiores dosagens de nitrogênio aplicado ao solo e dos menores níveis de salinidade.

## CONCLUSÕES

Foi observada dependência espacial de moderada a forte para todas as variáveis de massa seca da crotalaria juncea.

A confecção de mapas de isovalores das variáveis estudadas permitiu localizar no campo regiões onde o desenvolvimento da crotalaria juncea foi prejudicado por possíveis problemas de solo ou de manejo.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. DE; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25. 2001, p.189-197.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 26, n. 01 p. 241-248, 2002.

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.

GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. UFU/ FAMAT. Núcleo de estudos estatísticos e biométricos. 2004. 48 p. Disponível em: <[www.famat.ufu.br/ednaldo/geoest/apgeo1.pdf](http://www.famat.ufu.br/ednaldo/geoest/apgeo1.pdf)>. Acesso em: 10 de ago. 2014.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalaria na agricultura. *Revista Panorama Rural*, Ribeirão Preto, n. 147, p. 16-17, 2011.

MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, T. S.; MEDEIROS, J. F. DE; SILVA, C. A. Variabilidade espacial da produtividade do meloeiro em áreas de cultivo fertirrigado. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.2, p.260-265, 2005.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; G. SPAROVEK. Variabilidade espacial de atributos de solo e de Crotalaria juncea L. em área severamente erodida. Seção VI - Manejo e Conservação do Solo e da Água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:115-122, 1998.

VANNI, S.M. Modelos de regressão: Estatística aplicada. São Paulo, Legmar Informática, 1998. 177p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; SCHAEFER, G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

WARRICK, A. W. Spatial variability. In: HILLEL, D. *Environmental soil physics*. San Diego: Academic Press, 1998. p.655-675.



**Tabela 1:** Estatística descritiva da Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raíz (MSR) e Massa Seca total (MST) da *Crotalaria juncea* L.

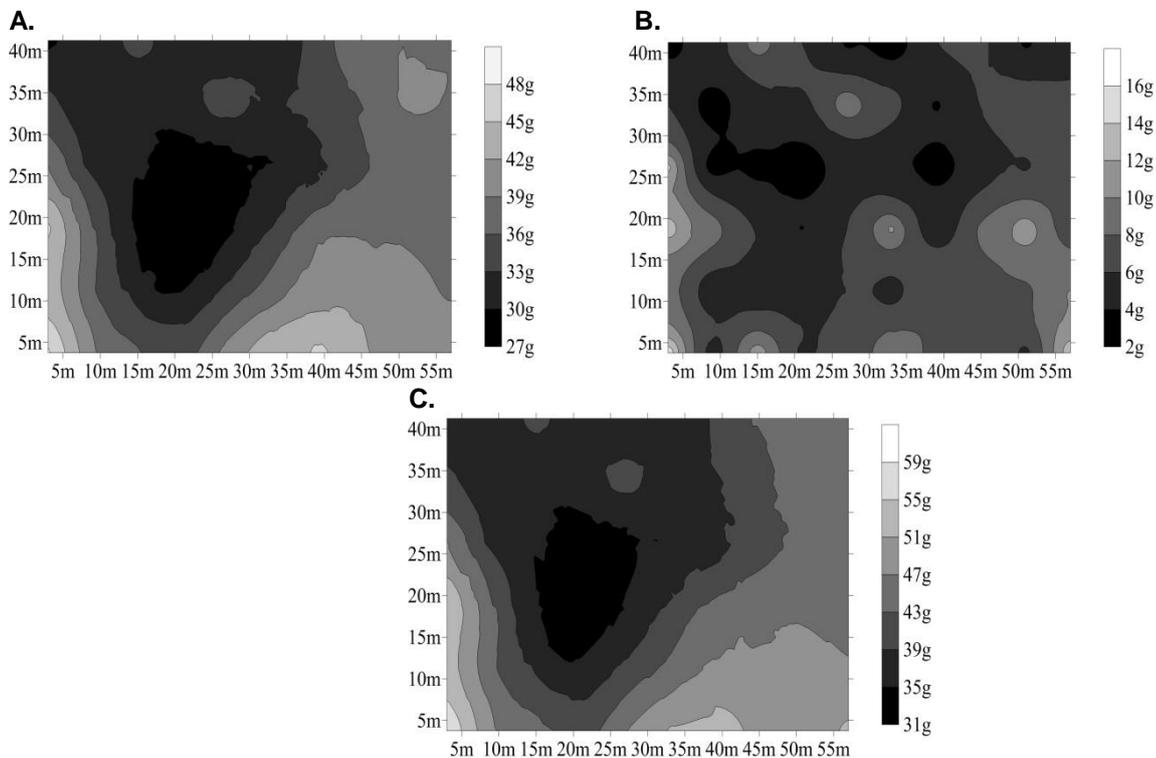
	MSPA	MSR*	MST
	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )
Média	35,99	6,56	42,55
Mediana	35,65	6,00	41,64
Mínimo	18,30	2,25	22,55
Máximo	67,94	16,70	84,64
Desvio padrão	10,96	3,20	13,38
Assimetria	0,64	1,19	0,73
Curtose	0,39	1,16	0,78
CV%	30,44	48,75	31,45
Teste S-W			
W	0,96	0,98	0,96
Pr	0,08	0,62	0,07

\* Dados dos valores transformados em Log.

**Tabela 2:** Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas isotrópicos de Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raíz (MSR) e Massa Seca total (MST) da *Crotalaria juncea* L.

Variável	Modelo	Efeito Pepita	Patamar	Alcance	R <sup>2</sup>	GDE	SQR
		(Co)	(Co+C)	Ao			
MSPA	Exponencial	70,60	177,40	35,02	0,67	0,40	340
MSR*	Esférico	0,0027	0,2034	11,04	0,67	0,01	1,461x10 <sup>-4</sup>
MST	Exponencial	170,70	250,20	33,38	0,69	0,43	577

\* Dados dos valores transformados em Log; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; GDE: grau de dependência espacial; SQR: Soma do Quadrado dos Resíduos.



**Figura 1:** Mapas de isovalores das variáveis (A) MSPA, (B) MSR, (C) MST na área de amostragem.