

DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA DEPOSIÇÃO DE CALDA PROMOVIDA POR UMA APLICAÇÃO AÉREA NA CULTURA DA SOJA¹

ELTON FIALHO DOS REIS^{2*}, DANIEL MARÇAL DE QUIROZ³, JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA⁴

RESUMO - A aplicação aérea de agroquímicos é uma ferramenta valiosa na agricultura, quando baseada em critérios técnicos bem definidos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dependência espacial do espectro de gotas e volume depositado na folha em aplicação aérea sobre a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Foi utilizado uma aeronave agrícola experimental, modelo acrobata, da marca Inglaer, equipada com oito atomizadores Micronair, modelo AU 5000, aplicando um volume de calda de 20 L ha⁻¹. Para obtenção do espectro de gotas foram utilizados alvos constituídos por papel hidrosensível, distribuídos no terço médio e superior das plantas. A análise do espectro das gotas foi feita utilizando o programa computacional "CIR" versão 1.5 2002. Para determinação do volume depositados nas folhas do terço superior, médio e inferior das plantas de soja, foi utilizado o corante alimentício azul brilhante adicionado a calda de pulverização. Estas folhas foram lavadas e o volume determinado por espectrofotometria. A análise da dependência espacial foi avaliada utilizando o programa GS+ versão 7. Os resultados mostram que não houve dependência espacial para os atributos avaliados. Houve baixo percentual de cobertura no terço superior e médio das plantas. A análise de geoestatística pode ser utilizada para caracterizar a espacialização de atributos da cobertura de aplicação, mas deve ser utilizada uma malha de amostragem de menor tamanho.

Palavras-chave: *Glycine Max*. Tecnologia de aplicação. Geoestatística. Agricultura de precisão.

SPATIAL DEPENDENCE OF SPRAY DEPOSITION ON SOYBEAN CROP FROM AN AERIAL APPLICATION

ABSTRACT - The aerial application of pesticides is a valuable tool in agriculture, when based on well-defined technical criterion. This paper aimed to evaluate the spatial dependence of the drops spectrum and its deposition by an aerial application over the soybean crop (*Glycine max*). An experimental agricultural aircraft was used, model Acrobat, from England Company, equipped with eight rotary atomizers, model Micronair AU 5000, applying a spray volume of 20 L ha⁻¹. To obtain the droplet spectrum were used hidro sensitive targets consisting of paper, distributed in the middle third and higher plants. Spectrum analysis of the drops was made using the computer program "CIR" version 1.5 in 2002. To determine the amount deposited on the leaves of the upper, middle, and bottom of the soybean plants, we used the bright blue food coloring added to the spray solution. These leaves were washed and the amount determined by spectrophotometry. The analysis of spatial dependence was evaluated using the GS + version 7 program. The results show no spatial dependence for the attributes. There was a low percentage of coverage in the upper and middle third of the plants. The geostatistical analysis can be used to characterize the spatial attributes of application coverage, but should be used a sampling grid of smaller size.

Keywords: *Glycine Max*. Application technology. Geostatistics. Precision farming.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em: 02/07/2011; aceito em: 07/07/2012.

²Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, 75110-390, Anápolis - GO, fialho-reis@ueg.br.

³Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - MG, 36571-000, Viçosa - MG, dmqueiroz@gmail.com.

⁴Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia - MG, 38400-902, Uberlândia, jpcunha@iciag.ufu.br.

INTRODUÇÃO

O uso de agroquímicos pela cultura da soja a torna uma importante consumidora destes insumos no mercado nacional. Entretanto, o sucesso do tratamento fitossanitário na soja depende estreitamente da tecnologia de aplicação utilizada para que eles atinjam o alvo. A aviação agrícola pode ser uma aliada, desde que utilizada corretamente, com vantagens para o controle de doenças de final de ciclo, como a ferrugem asiática da soja (GODOY, 2004).

Usualmente, em aplicações com baixos volumes recomendam-se que sejam realizadas com metodologias de controle da evaporação da água ou, mesmo a substituição da água por outro meio. Um exemplo dessa técnica é o emprego de óleo como aditivo nas aplicações aéreas, com volumes que variam de 5 a 30 L ha⁻¹ (ANTUNIASSI; BAILO, 2004), os maiores volumes na aplicação aérea proporcionam maior cobertura do alvo. Cunha e Carvalho (2005) mostraram que a adição de adjuvantes na calda de pulverização altera o comportamento da distribuição volumétrica proporcionada pela aplicação aérea reduzindo o risco potencial de deriva e aumentando a deposição da calda no alvo.

A aplicação aérea se caracteriza pela grande velocidade de deslocamento do veículo aplicador, baixo volume de aplicação e maior altura do dossel da cultura. Assim, os componentes do vento de proa e de cauda são uma das maiores causas de variação da velocidade e altura de vôo e os sistemas de aplicação não compensam a variação de calda (ARAÚJO, 2009). Como o volume de calda de pulverização é reduzido, a dificuldade de cobertura do alvo é maior e, a adoção de atomizadores rotativos tem se mostrado eficiente para esta redução de volume, proporcionando um melhor espectro de gotas (SCHRODER, 2006).

A cobertura e deposição do ingrediente ativo sobre o alvo é importante quando se trata de doenças causadas por fungos, que começam suas infestações pelas folhas mais baixas da planta até atingir a planta inteira, tornando-se mais difíceis de ser controlados (CHAIM et al., 1999; GODOY, 2004). A qualidade da cobertura do alvo pode estar condicionada ao diâmetro de gotas. Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (CUNHA; RUAS, 2006; CUNHA et al., 2006). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de fungicidas de contato.

Esta variação na distribuição espacial na tecnologia de aplicação pode ser estudada pela técnica da geoestatística. Esta técnica estima pontos não amostrados a partir de pontos conhecidos, utilizando a semivariância em função da distância (LIEBHLD

et al., 1993). Uma vez ajustado modelo para dependência espacial nos semivariogramas é possível construir mapas interpolados que mostram o padrão de distribuição espacial da variável estudada, fazendo a predição dos dados por krigagem, estimando os valores sem tendenciosidade e com variância mínima (GREGO; VIEIRA, 2005). Um efeito pepita alto indica que as variações nos valores das amostras dentro de todo o espaço amostral são aleatórias e possuem um padrão de dependência espacial (VIEIRA, 2000).

Pressupondo que a aplicação da calda de pulverização apresente dependência espacial, avaliou-se o grau de dependência espacial dos atributos da cobertura de agroquímicos em aplicação aérea na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo situa-se na fazenda Capão do Carirú, município de Abadiânia, GO, em uma área de 15 hectares cultivada com soja durante oito safras consecutivas. O solo no local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, apresentando relevo suave e ondulado.

A aplicação foi realizada com uma aeronave agrícola modelo Acrobata da empresa Inglaer, monoplane de asa baixa afilada, motor de 194 kW (260 hp), velocidade de aplicação foi de 160,9 km h⁻¹, com evolução do vôo em carrossel, perpendicular a direção do vento e altura média de vôo em relação a cultura foi de 3 metros. A barra de pulverização da aeronave composta por oito atomizadores Micronair, modelo AU-5000, com ângulo da hélice de 35°. A aplicação foi realizada com volume de calda de 20 L ha⁻¹, uma pressão de trabalho de 206 kPa (30 PSI), largura de faixa de 16 m, controlada com correção diferencial em tempo real. Foi adicionando a calda 2,5% v/v do adjuvante éster metílico de óleo de soja, para simular condições reais de uma aplicação aérea na região, visando uma produção de gotas de tamanho mais uniforme. A soja encontrava-se com altura média de 0,80 m e na estádio fenológico R3.

As amostras foram coletadas em uma malha regular de amostragem de 46 m x 46 m, totalizando 79 pontos amostrais, sendo que cada ponto foi georreferenciado. A navegação em campo foi feita com a utilização de um GPS (sistema de posicionamento global), "Omnistar SST", com o sistema de correção diferencial em tempo real via satélite, um computador portátil, Pocket PC Ipaq 3850, munido de um programa de navegação "Field Rover II".

Durante a aplicação, a temperatura média ambiente foi de 28°C, a umidade relativa do ar 56% e a velocidade do vento entre 5,4 e 6,0 km h⁻¹. Todos os parâmetros foram monitorados com um termohigro-anemômetro da marca LUTRON modelo LM-8000, com coletas em intervalos de tempo tomados aleatoriamente no período da aplicação.

Para análise do espectro de gotas foram utilizadas etiquetas hidrosensíveis (76 x 26 mm). Os alvos foram distribuídos nos terço superior e médio da planta, com uma etiqueta por ponto, sendo avaliado o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (AR), cobertura da aplicação (%). A análise foi feita utilizando o programa computacional "CIR" (Conteo y tipificación de impactos de pulverización) versão 1.5 2002.

A avaliação da deposição da calda de pulverização, na cultura da soja, foi realizada utilizando-se um traçador, composto do corante alimentício azul brilhante (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n.1) adicionado à calda, na concentração de 1790 mg L⁻¹. Foram coletados dois folíolos na parte central ao acaso em três posições da planta (terço inferior, médio e superior), em cinco plantas em um raio de 1 m próximo ao ponto georreferenciado. Em seguida, as amostras foram transportadas para o laboratório, para a remoção do depósito, utilizando 100 mL de água deionizada por altura, agitados por 30s (BOSCHINI et al., 2008). A solução depois da lavagem foi armazenada em recipientes de vidro, conservados ao abrigo da luz, para determinação quantitativa do depósito do traçante. Os folíolos tiveram sua área medida por meio de digitalização e análise no programa computacional "Image Tool" versão 3.0 (CUNHA et al., 2011).

A determinação da quantidade do traçador depositada, em cada amostra, foi realizada por meio da espectrofotometria, utilizando um espectrofotômetro digital UV-2000 com lâmpada de tungstênio halógena e deutério D2, no comprimento de onda de 630 nm para o azul brilhante, conforme Palladini et al. (2005). Com o uso da curva de calibração, obtida por meio de soluções-padrão, os dados de absorbância foram transformados em concentração (mg L⁻¹) e, de posse da solução padrão e do volume de diluição das amostras, determinou-se o volume retido no alvo. Logo após foi feita, a divisão do depósito total pela área foliar de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em µL cm⁻² de folha.

A análise da dependência espacial do espectro de gotas e deposição da calda de pulverização foi avaliada pela geoestatística, e os procedimentos para ajuste do modelo do semivariograma foram feitos conforme Vieira et al. (1983), utilizando o programa GS+ versão 7 (ROBERTISON, 1998). Os graus de pertinência para cada atributo foram submetidos à análise descritiva, determinando as medidas de posição (média, valor mínimo e máximo) e dispersão (coeficientes de variação, variância, desvio padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir os dados da estatística descritiva para os atributos avaliados, que tem por finalidade descrever os dados amostrais por meio

de medidas de posição (média e mediana) e de dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação) podendo ser utilizada como ferramenta auxiliar, de forma a caracterizar o comportamento das variáveis estudadas. Para avaliar a variabilidade dos dados, analisaram-se as medidas de dispersão (variância, desvio padrão e os coeficientes de variação), pois diferentes amostras com medias semelhantes podem apresentar diferentes variabilidades. Um dos motivos para a variabilidade elevada foi o fato de se ter feito uma amostragem simples em cada um dos 79 pontos de coleta, além da sensibilidade da própria avaliação. Valores semelhantes foram encontrados por Cunha et al., (2011).

A Tabela 1 apresenta os dados das medidas de tendência central (média e mediana) sendo bem próximas indicando uma concentração de dados em torno da média. Os destaques são os maiores valores de curtose e assimetria para amplitude relativa, cobertura e deposição, mostrando que apesar da média e mediana serem próximos não ocorre possibilidade dos dados terem distribuição normal, existindo uma alta concentração em torno da média, isso são características do sistema de aplicação aérea utilizando micronair.

O diâmetro da mediana volumétrica (DMV) apresentou pequenas variações para o terço superior e médio, valores que não influenciaram na deposição de calda no dossel da cultura. Diferente de qualquer equipamento de aplicação terrestre, um avião agrícola, possui características próprias e específicas principalmente turbulência e aerodinâmicas, produzidas por toda a estrutura e componentes de um avião (asas, fuselagem, hélice e equipamento de aplicação) que tem importância na geração, dispersão e deposição das gotas sobre o alvo. As gotas apresentaram alta variabilidade, mas os valores de DMV são semelhantes aos encontrados na aplicação aérea com o uso de Micronair (CUNHA, et al., 2011).

Para melhorar a qualidade da pulverização, devem-se melhorar os padrões de gotas aplicadas, especialmente no que diz respeito à homogeneidade do espectro de gotas. Quanto maior o valor da amplitude relativa, maior será a faixa de tamanho de gotas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa tendendo à zero. Os valores de amplitude relativa e DMV devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno da média. A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho das gotas. Logo para a aplicação no terço médio houve uma redução do DMV, mas reduzindo a homogeneidade das gotas aplicadas, apresentando maior média de amplitude relativa (Tabela 1). Os valores de amplitude relativa mostram que os atomizadores rotativos produziram gotas com menor coeficiente de variação, se comparados a pontas hidráulicas, ou seja, gotas com maior uniformidade de tamanho. O vento durante a aplicação estava no sentido perpendicular

(vento de través) a direção do vôo, fazendo com que as faixas se sobreponham minimizando o efeito negativo da turbulência provocada pela aerodinâmica da aeronave.

Para que o defensivo agrícola alcance boa eficiência na aplicação e atinja o resultado esperado, é necessário que haja cobertura eficiente e atinja o alvo desejado. Geralmente a cobertura na parte inferior das plantas é prejudicada, devido o grande obstáculo que é a parede formada pela massa foliar, ocasionando grandes perdas nas lavouras pela difi-

culdade de controle de doenças, favorecendo a disseminação da praga ou doença para outras áreas. A cobertura apresentou valores menores na parte inferior da cultura, valores esses que apresentaram uma grande variabilidade, como indicado pelas medidas de dispersão, mostradas na Tabela 1. Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (CUNHA; RUAS, 2006; CUNHA et al., 2006).

Tabela 1. Estatística descritiva para diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (AR), cobertura da aplicação (COB), para os pontos localizados na malha de amostragem durante a aplicação aérea da calda de pulverização.

Parâmetros Estatísticos	DMV (μm)		AR		COB (%)	
	Terço superior	Terço médio	Terço superior	Terço médio	Terço superior	Terço médio
Nº Amostras	79	79	79	79	79	79
Média	144,5	125,4	0,869	0,997	3,47	2,09
Mínimo	82	73	0,57	0,51	0,20	0,30
Máximo	214	209	1,89	2,51	13,5	8,8
Mediana	149	119	0,79	0,92	2,9	1,7
Assimetria	-0,0988	0,457	1,687	2,09	1,497	1,81
Curtose	2,2169	2,26	6,477	8,798	6,16	6,75
Desvio Padrão	30,7	33,16	0,245	0,333	2,51	1,62
Variância	942,8	1099,64	0,06	0,11	6,29	2,64
C.V. (%)	21,2	26,4	28,1	33,4	72,3	77,8

Os dados das medidas de tendência central (média e mediana) sendo próximas indicam uma concentração de dados em torno da média, para os valores de deposição no terço superior e médio os valores da mediana foram abaixo da média, mostrando que a série de dados apresenta maior quantidade de valores menor que o valor médio. Já para o terço inferior a mediana apresentou valor acima da média, mostrando que existe maior quantidade de valores acima da média, isso devido o terço inferior apresentar vários valores sem deposição da calda de pulverização, resultando em aplicações deficientes. Os destaques são os valores altos de curtose e assimetria para terço superior e médio mostrando que apesar da média e mediana serem próximos não ocorre possibilidade dos dados terem variabilidade normal, existindo uma alta concentração em torno da média.

A deposição apresentou menores valores para o terço inferior do dossel da cultura da soja, como apresentado na Tabela 2. Isso ocorreu devido ao baixo volume de aplicação na aviação agrícola e a dificuldade de atravessar a massa foliar da cultura. Para fungicidas, essa desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle de doenças, principalmente para

os de contato, que requerem cobertura do alvo. A própria turbulência do ar gerada pela passagem da aeronave pode interferir na deposição.

A dependência espacial dos atributos foi quantificada pela análise geoestatística, por meio do ajuste de semivariogramas. A normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, entretanto é conveniente apenas que a distribuição dos dados não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989).

A análise dos semivariogramas proporciona à determinação dos parâmetros: efeito pepita (C_0), variância estrutural (C), patamar (C_0+C) e alcance (a). Em todas as posições da planta as variáveis de espectro de gotas e deposição de calda de pulverização não apresentaram dependência espacial, para a distância amostral analisada, conforme mostrado na Figura 1. A ausência de dependência espacial, para essas variáveis, foi constatada pela inexistência do patamar ($C_0 + C$) nos semivariogramas, ocorrendo o que se denomina efeito pepita puro, revelando a descontinuidade do semivariograma para distâncias me-

Tabela 2. Estatística descritiva para deposição da calda de pulverização retida na folhagem para os pontos localizados na malha de amostragem durante a aplicação aérea da calda de pulverização.

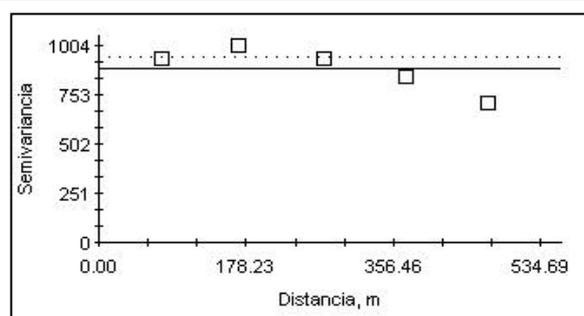
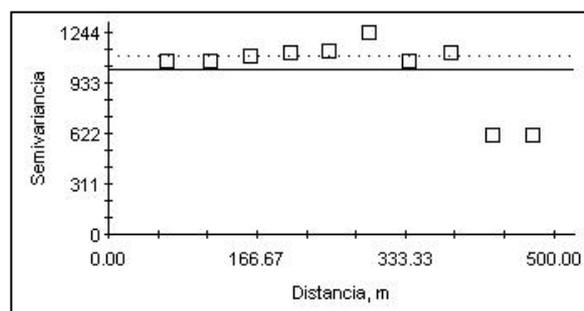
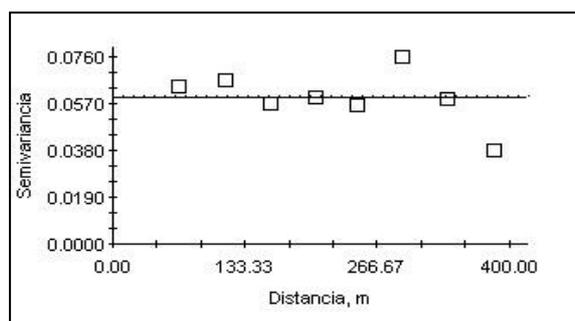
Parâmetros estatísticos	Deposição da calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Nº amostras	79	79	79
Média	0,0505	0,0504	0,0335
Mínimo	0,0198	0,0201	0,000
Máximo	0,1073	0,1107	0,0713
Mediana	0,0451	0,0468	0,0352
Assimetria	0,606	0,548	-0,263
Curtose	2,59	2,43	1,86
Desvio padrão	0,02258	0,02203	0,0223
Variância	0,00051	0,000485	0,000498
C.V. (%)	43,7	43,7	66,5

nores que a distância de amostragem.

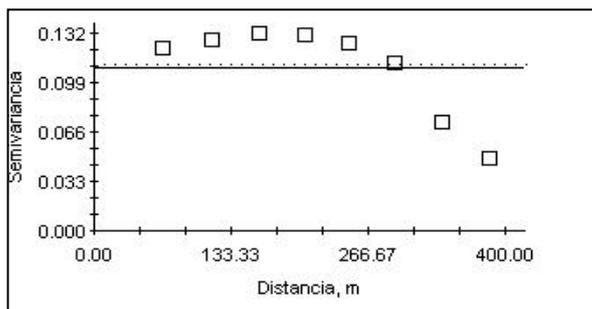
Esse efeito pode ser também devido à variabilidade em pequena escala não captada pela amostragem realizada. Quando o efeito pepita é muito grande, teoricamente caminhamos para um semivariograma com efeito pepita puro, significando a não existência de dependência espacial das amostras (VIEIRA, 2000).

Esperava-se que uma área onde o comprimento do vôo fosse pequeno, houvesse variação da altura e velocidade da aeronave, apresentando assim dependência espacial, entretanto, na prática, isso não ocorreu, conforme mostrado na Figura 1. Houve uma grande variabilidade dos dados, necessitando de um esquema de amostragem com pontos mais próximos que o utilizado neste estudo ou de um maior número de repetições. Outra causa dessa grande variabilidade é a falta de métodos com sensibilidade para análise de espectro e deposição em pulverizações.

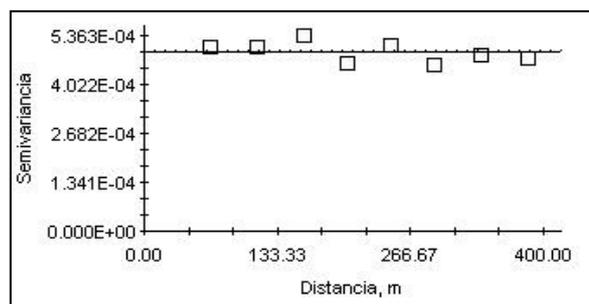
O efeito pepita puro é um tipo de comportamento do variograma próximo à origem e reflete a variação espacial de um fenômeno de transição onde para um valor de patamar a amplitude terá um valor infinitesimalmente menor que as distâncias de observação. O efeito pepita alto indicou que as variações das amostras dentro de todo o espaço amostral são mais aleatórias e menos explicados pela dependência espacial, conforme Goovaerts, (1997). O semivariograma analisa o grau de dependência espacial entre amostras dentro de um campo experimental, como não ocorreu a dependência espacial, ressalta-se que neste caso não se deve utilizar o método geoestatístico de interpolação. Mostrando-se que não houve alteração da altura e velocidade da aeronave durante a aplicação da calda de pulverização.

A) Diâmetro da mediana volumétrica no terço superior (μm)B) Diâmetro da mediana volumétrica no terço médio (μm)

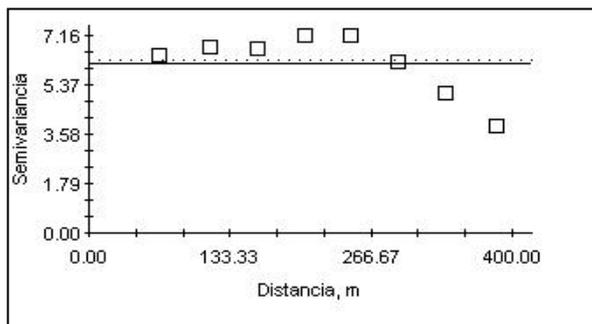
C) Amplitude relativa no terço superior



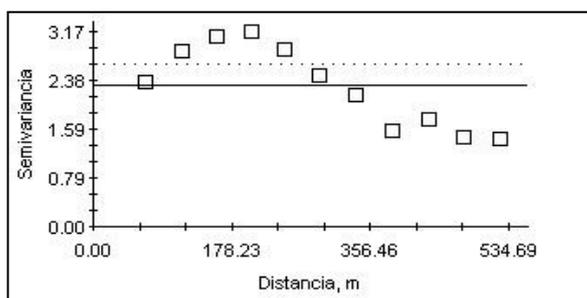
d) Amplitude relativa no terço médio



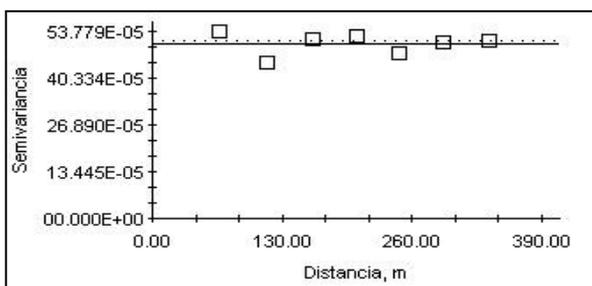
i) Deposição no terço inferior ($\mu\text{L cm}^{-2}$)



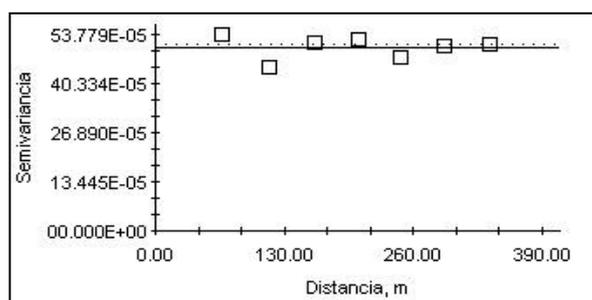
e) Cobertura no terço superior (%)



f) Cobertura no terço médio (%)



g) Deposição no terço superior ($\mu\text{L cm}^{-2}$)



h) Deposição no terço médio ($\mu\text{L cm}^{-2}$)

Figura 1. Semivariogramas para o espectro de gotas (a, b, c, d, e, f) e deposição da calda de pulverização retida na folhagem (g, h, i) para os pontos localizados na malha de amostragem durante a aplicação aérea da calda de pulverização.

CONCLUSÕES

O espectro de gotas e a deposição da calda de pulverização em aplicação aérea para a cultura da soja não apresenta dependência espacial na distância amostral realizada;

O percentual de cobertura no terço superior e médio do dossel da cultura apresenta valores reduzidos;

A deposição da calda de pulverização é menor na parte inferior do dossel na cultura da soja;

A análise de geoestatística pode ser utilizada para caracterizar a espacialização de atributos da cobertura de aplicação desde que utilizada em uma malha de amostragem de menor tamanho.

REFERENCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 145-184.

ARAÚJO, E. C. Pulverização aviação agrícola. **Cultivar máquinas**, Pelotas, Ano VIII, n. 81, p. 8-12, 2009.

BOSCHINI, L., et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999.

CUNHA, J. P. A. R.; CARVALHO, W. P. A. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 130-135, 2005.

CUNHA, J. P. A. R., et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.31, n.2, p.343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 61-66, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O.. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

GODOY, C. V. Aspectos técnicos de controle da ferrugem da soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 84, p. 18-21, 2004.

GOOVAERTS, P., **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York, NY: Oxford University Press, 1997. 483 p.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied geostatistics**. New York, NY: Oxford University Press, 1989. 561 p.

PALLADINI, L. A.; RAEETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

ROBERTSON, G. P. GS+. **Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide**. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

SCHRODER, E. P. Em alta rotação. **Cultivar máquinas**, Pelotas, Ano V, n. 54, p. 12-15, 2006.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.,V.H.; SCHAEFER, C.E.GR., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-55, 2000.

VIEIRA S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.