

CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA NO INTERIOR DO DOSSEL DO CAFEIEIRO CONILON

Luciano Canal²; Edney Leandro da Vitória³; Debora Moro Soelo⁴; Deborah Hoffmam Crause⁵

¹Parte da dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical (PPGAT/ UFES) do primeiro autor, bolsista CAPES

²Engenheiro Agrônomo, MS, PPGAT/CEUNES/UFES, São Mateus-ES, contatcanalluc@hotmail.com

³Professor Adjunto, DSc, PPGAT/CEUNES/UFES, São Mateus-ES, edney.vitoria@ufes.br

⁴Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agricultura Tropical (PPGAT/UFES), São Mateus-ES, deboramoro.s@gmail.com

⁵Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agricultura Tropical (PPGAT/UFES), São Mateus-ES, deborahlife2014@hotmail.com

RESUMO: A cultura do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) tem grande significado econômico e social para o país e, está presente em mais de 80% dos municípios do Estado do Espírito Santo. Na maioria desses cultivos, o emprego de fitossanitários tem propiciado maior expressão do potencial produtivo da cultivar. Objetivou-se neste trabalho, avaliar por técnicas de geoestatística, a deposição e distribuição de gotas da pulverização pneumática realizada por equipamento tipo canhão na copa de cafeeiros da variedade Conilon, na região norte do Estado do Espírito Santo. O experimento foi realizado em condições de campo, em uma propriedade rural particular no município de Nova Venécia, norte do ES. A coleta de dados para análise geoestatística foi feita por meio de experimento que consistiu na montagem de seis malhas amostrais de 2,20 x 2,20 m (4,84 m²), inseridas no meio da copa das plantas selecionadas, exatamente na linha de plantio, em duas plantas consecutivas de cada linha. Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de dependência espacial pela técnica geoestatística, com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7®. Todas as variáveis analisadas apresentaram estrutura de dependência espacial. As variáveis avaliadas ajustaram-se ao modelo esférico ou gaussiano, com IDE forte e moderado. A pulverização através do uso de canhões atomizadores pode ser analisada através da geoestatística.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, variabilidade espacial, distribuição de gotas.

CHARACTERIZATION OF PNEUMATIC SPRAY INSIDE THE CANOPY CAFÉ CONILON

ABSTRACT: The culture of Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) has great economic and social importance for the country and is present in over 80% of municipalities in the state of Espírito Santo. In most of these crops, use of pesticides has enabled an increase of the productive potential of the cultivar expression. The aim of this study was to evaluate the use of geostatistical techniques, deposition and distribution of pneumatic spray droplets carried by the cannon type equipment in Conilon coffee variety of glass in the northern state of Espírito Santo. The experiment was conducted under field conditions in a particular country estate in the municipality of Venetia, Northern ES. Data collection for geostatistical analysis was made by means of experiment that involved the assembly of six sampling grid of 2.20 x 2.20 m (4.84 m²), inserted in the middle of the canopy of plants selected, only the cultivation of consecutive line plants of each line. The experimental data were subjected to analysis of spatial dependence by geostatistical technique, using the computer program GS + version 7®. All variables presented spatial dependence structure. The variables defined for the spherical or Gaussian model, with strong and moderate IDE. The spray guns through use can be analyzed using geostatistics.

KEY WORDS: geostatistics, spatial variability, distribution of drops.

INTRODUÇÃO

A cultura do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) tem grande significado econômico e social para o país e, está presente em mais de 80% dos municípios do Estado do Espírito Santo (FASSIO; SILVA, 2007). Na maioria desses cultivos, o emprego de fitossanitários tem propiciado maior expressão do potencial produtivo da cultivar, no entanto, representa uma significativa parcela do custo total de produção, sendo muitas vezes feito de forma ineficiente. Para Cunha et al. (2004), aplicações eficientes requerem distribuição uniforme de adequada densidade de gotas com tamanho apropriado sobre a superfície-alvo. Os mesmos autores ressaltam que aplicações ineficientes, embora possam produzir efetivo controle, são devidas a não utilização da melhor técnica disponível ou do melhor equipamento de aplicação, responsáveis por determinar o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados. Dentre as diferentes técnicas de aplicação de fitossanitários, a pulverização pneumática tem sido empregada com sucesso nas culturas de café e citros, sendo recomendável também para equipamentos costais, ao realizar tratamentos de cultivos de alta densidade foliar (VÁSQUEZ MINGUELA & CUNHA, 2010). Na pulverização pneumática, a calda é injetada a baixa pressão em uma corrente de ar de alta velocidade, geralmente superior a 80 m s⁻¹, que pulveriza em finas gotas transportando-as até o alvo. Essa corrente de ar também promove a abertura da massa

foliar da cultura, favorecendo a penetração das gotas da calda pulverizada (BALAN et al., 2006). Características próprias do cafeeiro podem impedir a penetração da calda no interior do dossel. O comprimento de ramos, a quantidade e tamanho de frutos, a altura, idade e o enfolhamento da planta combinados a sua arquitetura, podem constituir-se em sérios obstáculos à penetração das gotas (SCUDELER et al., 2004; RAMOS et al., 2007). Em plantas com alta densidade foliar, como o cafeeiro, é comum que grande parte das gotas da aplicação de fitossanitários não atinja o interior do dossel, situação em que fica prejudicada a uniformidade de distribuição das gotas no dossel da planta, podendo resultar em baixa eficácia de controle (MEWES et al., 2015), principalmente no caso de produtos que apresentam ação de contato, por requerer melhor cobertura do alvo. Com a tecnologia de aplicação de fitossanitários, busca-se a aplicação da quantidade certa de ingrediente no alvo desejado, com a máxima eficiência e de forma mais econômica possível, entretanto, sem causar efeitos deletérios ao ambiente (MATTHEWS, 2002). Nesse contexto, o emprego da geoestatística pode auxiliar na avaliação e entendimento da variabilidade espacial da distribuição de gotas, na aplicação de fitossanitários no dossel de culturas agrícolas, fornecendo subsídios para alcançar tais objetivos. Objetivou-se neste trabalho, avaliar por técnicas de geoestatística, a deposição e distribuição de gotas da pulverização pneumática realizada por equipamento tipo canhão na copa de cafeeiros da variedade conilon.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo em uma propriedade rural particular no município de Nova Venécia, norte do Estado do Espírito Santo. A área experimental foi instalada numa região com vento norte predominante e clima local caracterizado como tropical úmido, com inverno seco, temperatura média anual de 23°C e precipitação pluvial média anual de 1072 mm ano⁻¹, considerado Aw, conforme a classificação de Köppen. A área experimental foi implantada em uma lavoura de café conilon com seis anos de idade, com irrigação localizada do tipo microspray e produtividade média de 100 sacas ha⁻¹. A lavoura possui espaçamento de 3,60 m entre linhas por 1,00 m entre plantas na linha, altura média de 2,10 m e largura média do dossel de 1,60 m aferida em altura equivalente a 2/3 da altura da planta. A coleta de dados foi feita por meio de experimento que consistiu na montagem de seis malhas amostrais de 2,20 x 2,20 m (4,84 m²), inseridas no meio da copa das plantas selecionadas, exatamente na linha de plantio, em duas plantas consecutivas de cada linha. As malhas, constituídas de arame liso fino disposto horizontalmente e fio de nylon verticalmente, foram montadas perpendicularmente ao solo em seis linhas de cafeeiros consecutivas e paralelas ao caminhar do conjunto trator-pulverizador. Distanciadas a 0,0 (malha 1) 3,6 (malha 2), 7,2 (malha 3), 10,8 (malha 4), 14,4 (malha 5) e 18 m (malha 6) da passagem do pulverizador, as malhas foram posicionadas em alinhamento oblíquo à direção do jato pulverizado, a fim de evitar interferências entre elas. Para obtenção de uma amostragem sistemática, os fios foram distanciados um do outro a 0,20 m, tanto verticalmente quanto horizontalmente, totalizando 121 interseções para coleta de dados em cada malha. Em cada ponto de interseção dos fios foi fixada uma etiqueta de papel hidrossensível de 2,5 x 2,5 cm e, pareado com esta, a 6,0 cm de distância, foi fixado papel celofane com dimensões de 2,5 x 3,0 cm, para possibilitar a avaliação da deposição e distribuição de gotas no interior do dossel das plantas. Para aplicação foliar da calda usada como solução marcadora, contendo água e corante Azul Brilhante à concentração de 0,25% (p/v), conforme metodologia adaptada de Palladini (2000), utilizou-se um trator John Deere modelo 5425N com 75 cv (55 kW) e velocidade média de deslocamento de 5,0 km h⁻¹, tendo acoplado, pelo sistema de engate de 3 pontos um pulverizador. Após a secagem do corante, as etiquetas de papel celofane foram coletadas com auxílio de luvas cirúrgicas e pinças, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados por suas posições na malha e, logo em seguida, levadas ao Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES), para análise da deposição do traçador (corante) através de espectrofotometria de UV visível. Da mesma forma, as etiquetas de papel hidrossensível foram acondicionadas em envelopes devidamente identificados por suas posições na malha, sendo posteriormente, digitalizadas a 600 dpi e submetidas às análises de cobertura, espectro e densidade de gotas pelo software ImageTool versão 3, obtendo-se os seguintes parâmetros para avaliação da técnica de aplicação: Diâmetro da mediana volumétrica (DMV), Densidade de gotas (DEN) e; Cobertura (COB). Para análise da deposição da calda, adicionou-se 25 mL de água destilada a cada amostra, agitando-a em seguida por cerca de 30 segundos no próprio saco plástico, para remoção do traçador. Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de dependência espacial pela técnica geoestatística, com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7® (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos dados de deposição de calda, DMV, AR, cobertura e densidade de gotas para as malhas amostrais. A análise descritiva dos dados revelou que não há distribuição normal para todas as malhas amostrais estudadas, e a presença de grandes coeficientes de variação, entre 38,66% e 374,11%. Quando analisado a curtose que, segundo Sanquetta et al. (2014), refere-se ao grau de achatamento ou elevação relativa em relação à distribuição normal, podendo ser definida como leptocúrtica quando seu valor é inferior a -0,263, mesocúrtica para valores entre -0,263 e 0,263, e platicúrtica para valores maiores que 0,263. Foram leptocúrticas, a curtose dos dados das malhas amostrais 5, na variável DMV, e 3 na variável COB, sendo platicúrticas nas malhas das demais variáveis avaliadas, mostrando uma alta elevação dos dados em relação a curva normal, caracterizando um alto contraste nas

variáveis dentro das malhas amostrais estudadas. Foi encontrado coeficientes de variação superiores a 130% para a variável cobertura, indicando que houve regionalização da deposição de calda pelo equipamento. Verificou-se que as médias do DMV para as malhas amostrais, compreendiam um intervalo entre 231,45 e 888,05 μm , indicando haver uma grande variação entre as classes de diâmetros das gotas em relação às malhas analisadas, devido a maior sobreposição das gotas da calda pulverizada nos alvos mais próximos do pulverizador, observando-se que lugares onde não apresentaram gotas foram considerados para o cálculo da média.

Tabela 1 - Análise descritiva dos dados de deposição de calda, DMV, AR, cobertura e densidade de gotas para as malhas amostrais.

Variável	M	DP	VAR	Mín.	Máx.	Curt.	Ass.	CV%
Deposição ----- nL cm ⁻² -----								
Malha 1	907,94	1791,49	3209423,22	0	8746,35	5,55	2,50	197,31
Malha 2	1101,99	2317,04	5368681,90	0	12564,38	9,96	3,12	210,26
Malha 3	1182,14	2020,19	4081170,52	0	7427,40	1,62	1,72	170,89
Malha 4	232,89	361,65	130790,94	0	2082,16	8,46	2,60	155,29
Malha 5	12,65	47,31	2237,96	0	277,27	15,44	3,96	374,11
Malha 6	7,39	21,44	459,80	0	69,02	4,71	2,57	289,97
DMV ----- μm -----								
Malha 1	816,63	701,86	492607,79	0	3665,00	4,89	2,27	85,95
Malha 2	888,05	775,37	601206,04	240,53	7292,45	41,95	5,70	87,31
Malha 3	826,81	520,06	270459,47	87,49	4177,72	16,15	3,25	62,90
Malha 4	591,21	310,22	96238,65	0	2483,94	12,95	2,74	52,47
Malha 5	231,45	158,98	25275,05	0	640,84	-0,84	0,01	68,69
Malha 6	261,46	125,46	15740,04	0	629,35	0,99	-0,04	47,98
COB ----- % -----								
Malha 1	19,89	31,30	979,95	0	99,91	0,68	1,48	157,40
Malha 2	22,13	31,27	977,68	0,03	99,96	1,32	1,64	141,30
Malha 3	28,80	39,87	1589,93	0,00	99,99	-0,68	1,08	138,46
Malha 4	6,35	11,49	131,99	0	58,05	5,77	2,43	180,82
Malha 5	0,11	0,36	0,13	0	2,64	27,96	5,08	326,05
Malha 6	0,07	0,16	0,02	0	1,18	24,31	4,42	226,21
DEN ----- gotas cm ⁻² -----								
Malha 1	8,20	11,46	131,22	0	53,53	3,98	2,11	139,76
Malha 2	13,59	13,41	179,77	0,04	66,58	1,56	1,31	98,67
Malha 3	7,44	8,15	66,37	0,03	32,03	0,91	1,36	109,46
Malha 4	6,07	8,26	68,20	0	29,46	0,55	1,36	135,95
Malha 5	0,40	1,27	1,62	0	8,61	25,41	4,92	314,20
Malha 6	0,31	0,70	0,49	0	5,54	28,65	4,82	228,33

A Figura 1 ilustra os semivariogramas da variabilidade espacial de deposição de calda de pulverização nas malhas amostrais. A classificação e caracterização do espectro de gotas de um equipamento só podem ocorrer mediante a exposição de sua pulverização aos métodos de análise, neste caso, às etiquetas de papel hidrossensível. Quando realizado a análise descritiva para o DMV e AR utilizando apenas os pontos que apresentaram deposição positiva, verifica-se que o DMV, para as diferentes malhas amostrais encontram-se entre 283,24 e 888,05 μm , caracterizado, conforme classificação de Doble et al. (1985), como gotas grossas a extremamente grossas. Mewes et al. (2013), estudaram a deposição de calda em eucalipto com o uso de um pulverizador pneumático tipo canhão, encontrando valores de DMV entre 316,2 e 278,2 μm , para uma altura entre 12 e 15 m. O ajuste dos modelos, realizado a partir da menor soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2) e maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada, apresentou os modelos esférico e Gaussiano como os que melhor se ajustaram aos semivariogramas experimentais, caracterizando a variabilidade espacial em todas as malhas e variáveis analisadas, exceto na malha 6 na variável AR, que apresentou efeito pepita puro. O maior resultado de alcance da dependência espacial para deposição foi de 130,5 cm na malha 4, e o menor de 35,3 cm na malha 6. Um grande valor do alcance efetivo significa que o atributo verificado apresenta grande semelhança e estão correlacionados, enquanto que, quando seu valor for menor que aquele utilizado no experimento, indica que não há variabilidade espacial, caracterizado como Efeito Pepita Puro (EPP) (LANDIM; STURARO, 2002).

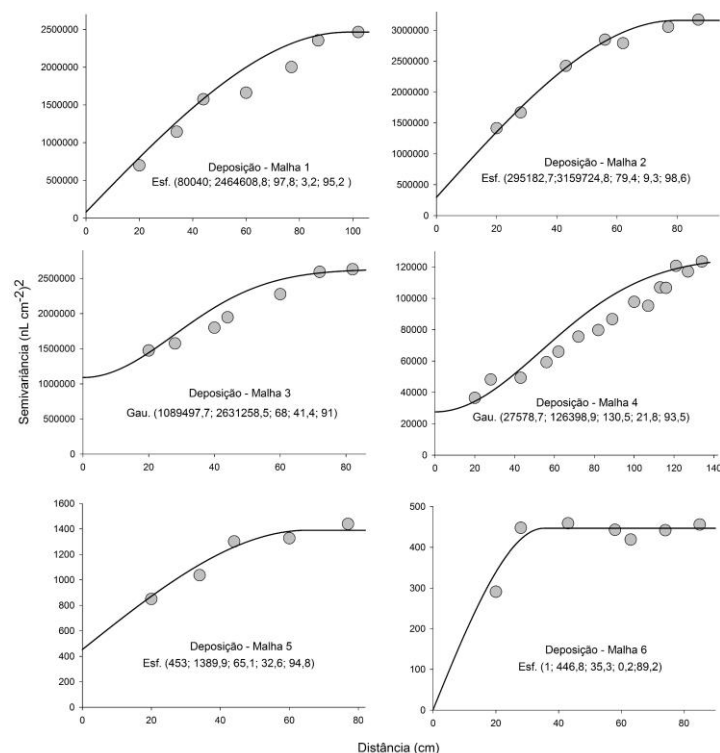


FIGURA 1. Modelos de semivariogramas ajustados para as malhas amostrais, na variável deposição (nL cm^{-2}). Valores entre parênteses são efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C), alcance (a), IDE e R^2 , respectivamente. Esf. – modelo esférico e Gau. – modelo gaussiano.

Na Figura 2 estão apresentados os resultados que melhor se ajustaram às semivariâncias experimentais para os valores do diâmetro da mediana volumétrica. Ajustes semelhantes para a variável deposição foram observados por Lacerda (2014), que obteve ajuste ao modelo gaussiano, na avaliação da pulverização com atomizador costal motorizado. De acordo com o IDE proposto por Cambardella et al. (1994), a dependência espacial nas malhas da variável deposição foram classificadas como forte e moderada. No estudo da deposição, o desempenho dos semivariogramas analisados pelos valores de coeficientes de determinação (R^2) variaram de 89,2%, para a malha 6, a 98,6% para a malha 2, o que significa que mais de 89,2% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. Reis et al. (2012), verificaram que não houve variabilidade espacial das gotas de pulverização com o uso de pulverização aérea, com DMV igual à $149 \mu\text{m}$ e deposição mediana de $0,0451 \mu\text{L cm}^{-2}$. A análise de outros estudos com características de gotas semelhantes (REIS et al., 2010; 2012), revelam que a pulverização com atomizadores não apresenta variabilidade espacial em aviação agrícola, caracterizado como efeito pepita puro. A variabilidade espacial encontrada nesse estudo está relacionada à forma de aplicação e às plantas pulverizadas, indicando que a expectativa de deposição de agrotóxicos com o uso de canhões atomizadores, pode ser analisada através da geoestatística.

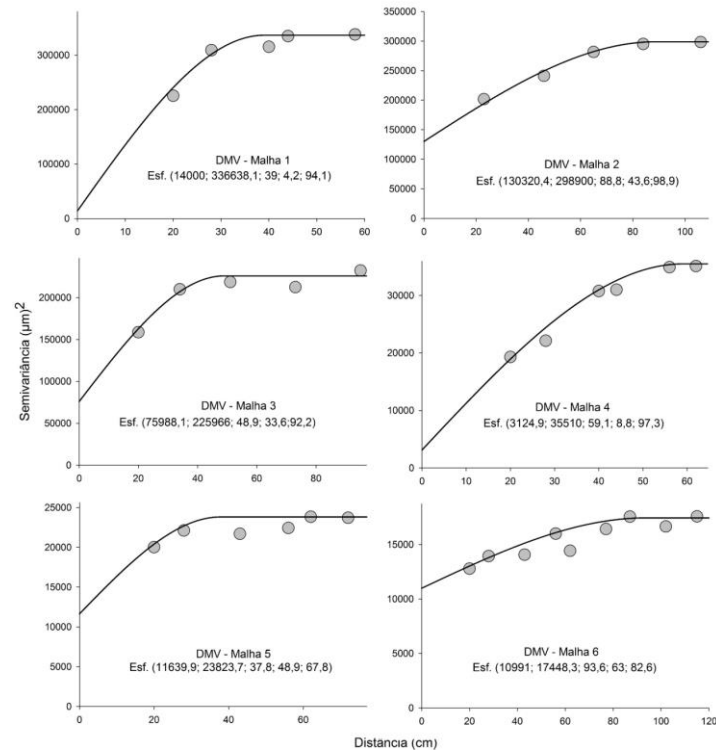


FIGURA 2. Modelos de semivariogramas ajustados para as malhas amostrais, na variável DMV (μm). Valores entre parênteses são efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C), alcance (a), IDE e R^2 , respectivamente. Esf. – modelo esférico.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados que melhor se ajustaram às semivariâncias experimentais para os valores da cobertura da pulverização. O maior resultado de alcance da dependência espacial para a cobertura foi de 104,3 cm na malha 3, e o menor de 50,6 cm na malha 4. O índice de dependência espacial nas malhas da variável cobertura foi classificado como forte e moderado.

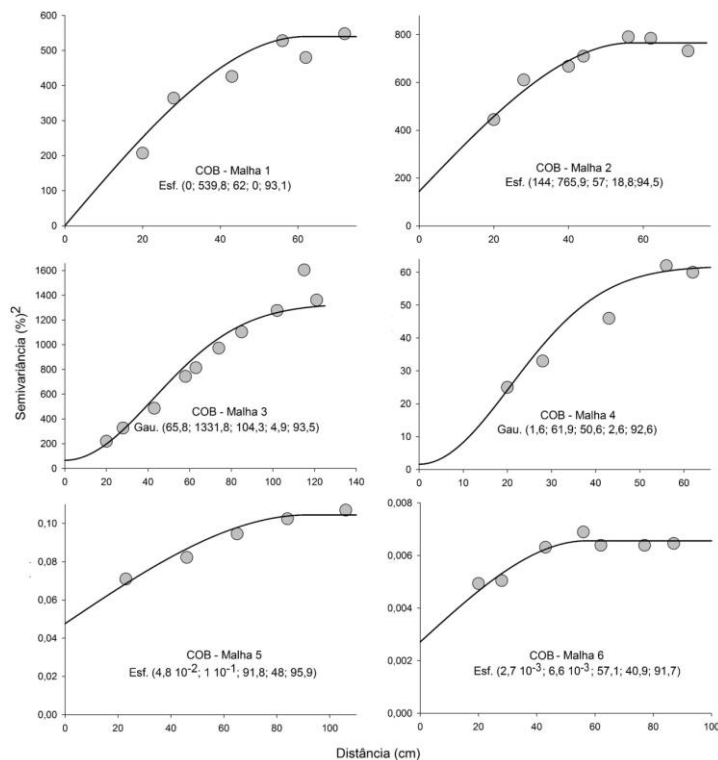


FIGURA 3. Modelos de semivariogramas ajustados para as malhas amostrais, na variável cobertura (%). Valores entre parênteses são efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C), alcance (a), IDE e R^2 , respectivamente. Esf. – modelo esférico e Gau. – modelo gaussiano.

Ajuste semelhante para a variável cobertura foi observado por Canal et al. (2015), que obtiveram o modelo esférico na avaliação da pulverização em dossel de cafeeiros Conilon, ao utilizar pulverizador costal hidráulico motorizado. Na Figura 4 estão apresentados os resultados que melhor se ajustaram às semivariâncias experimentais para os valores da densidade de gotas. O maior resultado de alcance da dependência espacial para a densidade de gotas foi de 159,0 cm na malha 3, e o menor de 52,4 cm na malha 6. O índice de dependência espacial nas malhas da variável densidade de gotas foi classificado como forte e moderado.

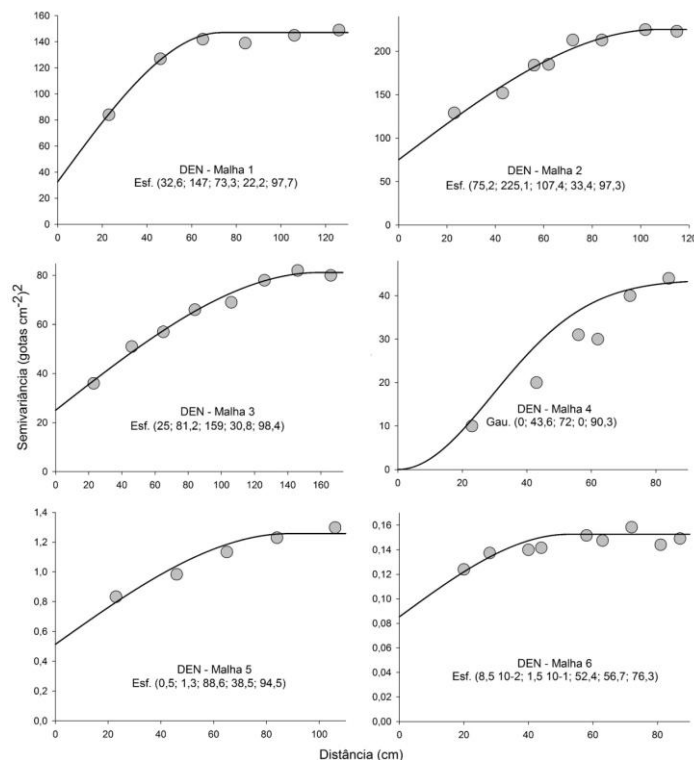


FIGURA 4. Modelos de semivariogramas ajustados para as malhas amostrais, na variável densidade de gotas (gotas cm⁻²). Valores entre parênteses são efeito pepita (C₀), patamar (C₀+C), alcance (a), IDE e R², respectivamente. Esf. – modelo esférico e Gau. – modelo gaussiano. Canal et al. (2015) identificaram ajuste semelhante para a variável densidade de gotas, observando-se o modelo esférico na avaliação da pulverização em dossel de cafeeiros Conilon, ao utilizar pulverizador costal hidráulico motorizado.

CONCLUSÕES

1. Todas as variáveis analisadas apresentaram estrutura de dependência espacial.
2. As variáveis avaliadas ajustaram-se ao modelo esférico ou gaussiano, com IDE forte e moderado.
3. A pulverização através do uso de canhões atomizadores pode ser analisada através da geoestatística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABI SAAB, O. J. G. Indicador de Velocidade do Vento. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 25, n. 1, p. 21-26, 2004.
- AMADO, T. J. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.
- BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Distribuição da calda na cultura da videira por turboatomizador com diferentes configurações de pontas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 731-738, mai-jun 2006.
- BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja? Revista Plantio Direto, Passo Fundo - RS, v. 121, p. 33-37, 2011.
- 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, v.58, p.1501-1511, 1994.
- CANAL, L.; VITÓRIA, E. L.; GONÇALVES, L. C.; LAURETT, L.; BERNARDINO, L. T.; MOTA, F. M. Variabilidade espacial de parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas no dossel do cafeeiro Conilon. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 7., 2015, Uberlândia. Resumos... Uberlândia: [], 2015.