

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO

SAMUEL DE ASSIS SILVA¹, CLEYTON BATISTA DE ALVARENGA²

¹ Dr. em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, samuel-assis@hotmail.com.

² Dr. em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, cleytonbatista@yahoo.com.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: Um dos pontos críticos do atual sistema de produção de culturas agrícolas é o uso de agrotóxicos, que, além de elevar o custo de produção, pode causar contaminações ambientais diretas e indiretas. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da qualidade da aplicação de defensivos agrícolas utilizando um pulverizador pneumático tipo canhão. Foram posicionadas etiquetas de papel sensível à água, no solo, a cada dois metros no sentido do fluxo de ar, até atingir o alcance máximo de 30m e também no sentido do deslocamento do trator posicionadas a cada 6m até uma distância máxima de 30m, formando uma área de 90m². Avaliou-se os parâmetros operacionais Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV), Coeficiente de homogeneidade (CH), Cobertura do alvo (%C) e Densidade de gotas (DG). Os dados foram submetidos a uma análise descritiva e a uma subsequente análise geoestatística para a construção dos mapas para as variáveis. O pulverizador analisado não foi capaz de realizar aplicações eficientes de defensivos mantendo uma boa uniformidade de aplicação, mesmo em condições adequadas de operação.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, uniformidade de aplicação, pulverização.

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE AGRICULTURAL DEFENSIVE USING A PNEUMATIC PULVERIZER

ABSTRACT: One critic of current agricultural production system is the use of pesticides, which, besides increasing the cost of production, can cause environmental pollution directly and indirectly. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of the quality of the application of pesticides using a type of pneumatic spray. We put paper labels sensitive to water, soil, each two meters in the direction of air flow to achieve maximum distance of 30 m and also in terms of displacement of the tractor placed every 6m with a maximum depth of 30m, forming a area of 90m². We evaluated the operating parameters of the volume mean diameter (VMD), the coefficient of homogeneity (CH), target coverage (% C) and density of droplets (DG). The data were submitted to descriptive analysis and a subsequent geostatistical analysis for the construction of maps for the variables. The spray was not considered capable of performing efficient applications of pesticides, while maintaining good uniformity of application, even in proper working condition.

KEYWORDS: Geostatistics, uniformity of application, spray.

INTRODUÇÃO: A qualidade da aplicação dos defensivos agrícolas pode ser crucial para atingir a produtividade almejada da cultura, e essa operação tem como objetivo aplicar a dose correta no alvo desejado. Uma pulverização de baixa qualidade pode provocar perdas significativas na produtividade, ocasionadas por reincidências de insetos, patógenos e plantas daninhas na área (Gadanha Júnior, 2000). Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca atenção à tecnologia de aplicação (Chueca et al., 2009). No entanto, além de conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (Cunha et al., 2005). Segundo Fox et al., (2008) a medida que a gotas afastam-se do pulverizador há uma redução da velocidade do fluxo de ar, tornando-o desuniforme durante sua trajetória. As gotas menores tendem a seguir a corrente de ar, depositando-se no alvo pelo movimento turbulento do mesmo, enquanto as gotas grandes depositam-se principalmente pelo impacto. Conhecer a uniformidade de aplicação é de grande importância para

minimizar os impactos negativos da atividade agrícola no ambiente além de elevar a eficiência dos sistemas agrícolas. Nesse contexto, a geoestatística é importante ferramenta a ser considerada, uma vez que é capaz de propiciar o desenvolvimento de técnicas para a amostragem e descrever a variabilidade das características do meio físico de um sistema (Silva et al., 2011). O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a uniformidade de distribuição da calda por meio da variabilidade espacial das gotas utilizando um atomizador tipo canhão.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Utilizou-se um pulverizador pneumático tipo canhão, marca Berthoud modelo AF 427, com capacidade do tanque de 400 litros e, com sistema de agitação hidráulica, dotado de bomba centrífuga com vazão de 90 L min^{-1} e, ventilado com hélices curva de alumínio e rotação de 4000 rpm. As aplicações foram realizadas no período da manhã quando as condições meteorológicas estavam adequadas à aplicação de defensivos.

A velocidade do ar na saída do canhão foi medida com um Termo-anemômetro digital modelo TAFR-180. O pulverizador foi tracionado por um trator MF 265 da série 300.000 com tração 4 x 2 TDA. Determinou-se com auxílio de um Tacômetro Minipa modelo MDT-2238A a rotação de 1600 rpm no contagiros correspondendo a 540 rotações por minuto na tomada de potência.

O volume de calda aplicado foi de 118 L ha^{-1} com o trator operando a $5,4 \text{ km h}^{-1}$. À calda de aplicação foram adicionados 10 g L^{-1} do corante Guarany recomendado para tintura de tecidos de cor preta, pré-diluído em água fervente conforme recomendação do fabricante.

Foram posicionadas etiquetas de papel sensível a água, no solo, a cada dois metros no sentido do fluxo de ar, até atingir o alcance máximo da faixa de aplicação, a qual foi determinada para o referido pulverizador em teste anterior e corresponde a 30m. No sentido do deslocamento do trator foram posicionadas etiquetas a cada 6m até uma distância máxima de 30m, formando uma área de 90 m^2 .

Após as etiquetas estarem secas foram recolhidas e fotografadas com uma máquina digital marca NIKON modelo COOLPIX-5400. A máquina foi posicionada em um suporte para que todas as fotos fossem obtidas a 0,20 m de altura. As imagens foram analisadas pelo programa computacional Image Tool 3.0. Foram determinados os parâmetros Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV), Coeficiente de homogeneidade (CH), Cobertura do alvo (%C) e Densidade de gotas (DG), que são responsáveis pela qualidade da aplicação no campo. Antes e durante a realização do trabalho foram monitoradas as condições climáticas de velocidade do vento ($3,2 \text{ km h}^{-1}$), temperatura ($23,6^\circ \text{ C}$) e umidade relativa (70 %).

Os dados foram submetidos a uma estatística descritiva e exploratória e testada a sua normalidade pelo teste Shapiro-Wilks, a 5% de probabilidade. Na seqüência, a dependência espacial foi calculada pela semivariância, dentro da qual se buscou avaliar o atendimento da hipótese de estacionalidade assumida (Vieira et al. 1983; Gonçalves et al., 2001) por meio de ajuste do variograma.

Os variogramas utilizados neste trabalho foram escalonados pela variância dos dados como sugeriram Vieira et al. (1991), para facilitar sua comparação. Observada a existência de dependência espacial definida pelo variograma, utilizou-se a krigagem ordinária para estimar valores sem tendência e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, ou seja, com variância mínima.

Após a estimativa dos dados por meio da krigagem ordinária, foram gerados mapas temáticos para as variáveis avaliadas no estudo. As análises geoestatísticas, bem como as interpolações, foram realizadas com o auxílio do software GS+ versão 7.0, enquanto que todos os procedimentos de construção de mapas foram realizadas no software Surfer, versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1, apresenta-se a análise exploratória dos valores encontrados para as variáveis em estudo. As medidas de tendência central foram diferentes para todas as variáveis, indicando uma distribuição onde os dados apresentam afastamento em relação a um valor central. Esse fato é confirmado pelo coeficiente de assimetria positivo, indicando distribuição assimétrica à direita o que levou a uma fuga desses dados da distribuição normal, conforme teste de Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade. No caso do coeficiente de curtose, as variáveis apresentaram distribuição leptocúrtica, com valores positivos distantes de zero, indicando uma elevação da curva de distribuição normal.

Analisando o coeficiente de variação, segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), todas as variáveis apresentaram média variação. Esses valores de CV podem ser atribuídos à grande amplitude dos dados, o que favorece um afastamento dos dados de um valor central. Por produzir gotas pequenas a pulverização com atomizador é bastante influenciada pelo vento, no momento da aplicação ventos de $3,2 \text{ km h}^{-1}$ afetaram a sedimentação das gotas, que apresentaram tamanho de $175,9 \mu\text{m}$, sendo bastante prejudiciais.

Tabela 1 – Estatística descritiva e distribuição de frequência das variáveis utilizadas na caracterização da uniformidade de aplicação.

Variáveis	Estatística								
	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	s	CV (%)	Cs	Ck	w
DMV	175	145,51	95,26	543,06	84,18	47,84	0,82	0,55	*
CH	2,4	2,00	1,41	7,38	1,17	48,50	0,66	0,72	*
%C	32,0	27,02	4,79	99,73	18,37	57,27	0,87	0,69	*
DG	16	13,82	2,83	52,61	9,31	56,46	0,99	0,73	*

DMV - μm ; %C - %; DG - gotas cm^{-2} ; CH- adimensional; s – desvio padrão; CV (%) – coeficiente de variação; Cs – assimetria; Ck – curtose; * distribuição não normal pelo teste Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade.

A análise da variabilidade espacial das variáveis foi medida através da análise variográfica (Tabela 2). Observa-se que dois modelos se mostraram mais adequados para explicar a estrutura da variabilidade espacial das variáveis, ajustando-se aos dados de DMV e CH o modelo gaussiano e aos dados de %C e DG o modelo exponencial, com alcances variando de 15 a 38m.

Tabela 2 – Modelos e parâmetros dos variogramas médios ajustados às variáveis em estudo.

Variáveis	Modelos e Parâmetros							
	Modelo	C ₀	C ₀ +C	IDE	a	R ²	RMSE	R ² (VC)
DMV	Gaussiano	0,48	2,07	79	38	84	2,28	25,5
CH	Gaussiano	0,74	2,66	72	35	85	2,26	32,3
%C	Exponencial	0,31	1,08	71	24	82	0,87	36,9
DG	Exponencial	0,27	1,14	76	15	79	0,99	23,7

C₀ – efeito pepita; C₀+C – patamar; IDE – índice de dependência espacial (C/ C₀+C); a – alcance; R² – coeficiente de determinação do modelo; RMSE – erro quadrático médio; R²(VC) – coeficiente de determinação da validação cruzada.

Obtidos os parâmetros dos variogramas para as variáveis em estudo elaborou-se mapas pelo método da krigagem ordinária, os quais se encontram na Figura 3. Observa-se nos mapas que o padrão de distribuição das variáveis DMV e Coeficiente de Homogeneidade é semelhante, ou seja, em locais onde essa primeira é menor a segunda também apresenta valores reduzidos. Isto ocorreu, por que quanto menor o tamanho das gotas, na maioria das vezes, maior a quantidade das mesmas, reduzindo o CH, que é a relação entre o diâmetro da mediana volumétrica e o diâmetro da mediana numérica.

Ao analisarmos a % de Cobertura e a Densidade de Gotas, observa-se que estas também seguem semelhante padrão de distribuição espacial. Este dois parâmetros apresentam estreita relação com o tamanho de gotas, pois a medida que as gotas são menores aumentasse a porcentagem de cobertura e a densidade de gotas. Tal semelhança no comportamento de distribuição é esperada, uma vez que essas variáveis são interligadas e devem ser consideradas, conjuntamente, para a avaliação da qualidade da pulverização.

Para a % de Cobertura, como era de se esperar, à medida que a distância horizontal em relação ao pulverizador se eleva, ocorre uma menor cobertura de gotas, ou seja, em uma situação real de aplicação, considerando os resultados desse trabalho, plantas situadas a uma distância superior a 15m receberiam um volume inferior ao recebido por aquelas situadas em distâncias inferiores a 15m. Este problema é ainda maior quando as condições de vento são críticas.

Mesmo com os cuidados possíveis no momento da aplicação, conforme discutido anteriormente, a variação da distribuição foi bastante grande. O pulverizador utilizado não foi capaz de manter uniformidade para nenhuma das variáveis avaliadas, o que demonstra sua ineficiência na aplicação de defensivos. A manutenção da uniformidade de distribuição da calda ao longo da faixa tratada é um dos maiores problemas deste tipo de equipamento, este aspecto se acentua quando as rajadas de vento alcançam o jorro de ar e calda em sentido contrário, no mesmo sentido ou lateralmente ao lançamento, alterando continuamente o tamanho da faixa tratada, o que dificulta o estabelecimento do volume de calda pulverizado e o talhão de reentrada da máquina na lavoura, tornando esta uma modalidade de controle, bastante ineficiente.

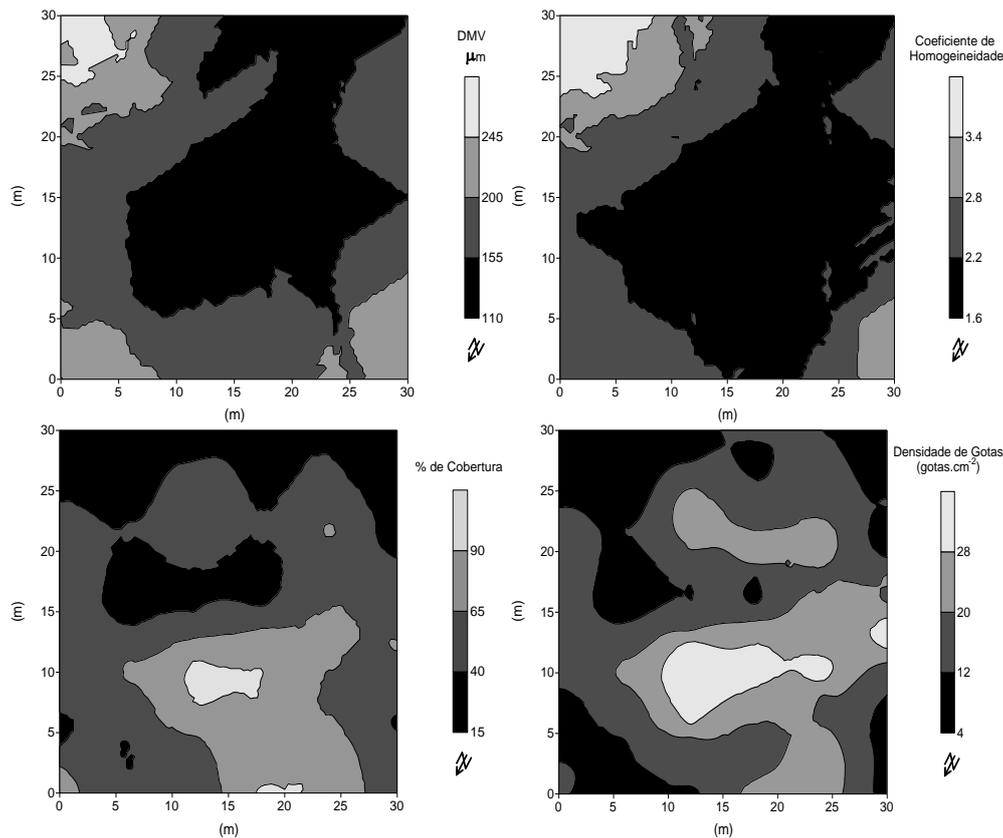


Figura 3 - Mapas temáticos das variáveis que caracterizam a uniformidade de aplicação.

O resultado mais crítico da aplicação foi observado para a densidade de gotas, onde, apesar da grande variação nos valores, estes se encontram, em sua totalidade, muito abaixo do recomendado para o controle de diversas doenças. Azevedo (2001) citam o intervalo de 50 a 70 gotas cm⁻² como a faixa mínima de cobertura do alvo para obter bom controle de doenças com fungicidas de contato.

CONCLUSÕES: O atomizador promoveu uma pulverização ineficiente sobre o ponto de vista técnico para aplicação de inseticidas e fungicidas na cultura do café de montanha na zona da mata de Minas Gerais. A aplicação da estatística espacial possibilitou o entendimento do comportamento da distribuição das gotas ao longo da faixa tratada.

REFERÊNCIAS:

- AZEVEDO, L.A.S. Proteção integrada de plantas com fungicidas. São Paulo, 2001. 230p.
- CHUECA, P.; GRAFTON-CARDWELL, E. E.; MOLTÓ, E. Influence of Spray Equipment and Water Volume on Coverage of Citrus and Control of Citricola Scale, *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera: Coccidae) With Mineral Oil. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 1, p. 296-303, 2009.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.
- Ebert, T.A.; Downer, R.A. A different look at experiments on pesticide distribution. *Crop Protection*. Wooster, v. FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE, R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. *Transactions of the ASABE*, v. 52, n. 2, p. 405-410, 2008.
- GADANHA JÚNIOR, C.D. Avaliação do tempo de resposta de controladores eletrônicos em pulverizadores agrícolas. 2000. 125 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.; QUEIROZ, D.M. Spatial variability in nutritional status of arabic coffee based on dris index. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 256-261, 2011.