

GILTON JOSÉ RODRIGUES

**CRITÉRIOS RASTREÁVEIS NA APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO
CONTROLE DO BICHO MINEIRO DO CAFEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

GILTON JOSÉ RODRIGUES

**CRITÉRIOS RASTREÁVEIS NA APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO
CONTROLE DO BICHO-MINEIRO DO CAFEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 15 de julho de 2005

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

Dr. Rogério Faria Vieira

Prof. Epídio Inácio Fernandes Filho
(Conselheiro)

Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Conselheiro)

Prof. Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Mauri Martins Teixeira, pela confiança, pela amizade, pelos ensinamentos e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos conselheiros Prof. Marcelo Coutinho Picanço e Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho, pelas contribuições e sugestões.

Aos amigos da Biologia Animal pela valiosa ajuda na condução dos trabalhos de laboratório, em especial ao Jander pela dedicação e sugestões.

Ao Prof. José Lino Neto do Departamento de Biologia Geral pela ajuda e concessão do laboratório para condução dos trabalhos.

Aos colegas de curso, pela paciência, ajuda, companheirismo e pelo bom convívio.

Ao Dr. Mário Herrera pelas valiosas sugestões e ajudas na condução dos experimentos.

Aos amigos da mecanização, Marcelo, Geraldo, Danilo e Wantuil pela presteza.

Ao Sr. Ricardo Bartholo, proprietário da Fazenda onde foram realizados os ensaios de campo, pelo apoio à pesquisa.

Ao amigo Técnico Agropecuário Gregorius Malagoli Martin pela valiosa ajuda na condução dos ensaios de campo.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e àqueles, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese.

BIOGRAFIA

Gilton José Rodrigues, filho de Adezílio Rodrigues de Freitas e Maria Arruda Rodrigues, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 18 de outubro de 1952.

Em 1972, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em agosto de 1975.

Em agosto de 2000, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, concentrado seus estudos na área de Mecanização Agrícola, submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2002.

Iniciou o Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa em agosto de 2002, concentrando seus estudos na área de Mecanização Agrícola, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2005.

ÍNDICE

Resumo	vi
Abstract	viii
Introdução.....	1
Bibliografia.....	6
Desempenho Operacional de Bicos Hidráulicos Utilizados na Determinação de Parâmetros Rastreáveis da Pulverização Hidropneumática	8
Resumo.....	8
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	16
Conclusões.....	20
Bibliografia.....	20
Características Aerodinâmicas de um Pulverizador Hidropneumático para Aplicação de Agroquímicos em Plantas Arbustivas	22
Resumo.....	22
Abstract.....	22
Introdução	23
Material e Métodos	25
Resultados e Discussão	30
Conclusões	36
Bibliografia.....	37
Parâmetros Rastreáveis de Aplicação com Pulverizador Hidropneumático para a Cultura do Café	38
Resumo	38
Abstract.....	38
Introdução	39
Material e Métodos	43
Resultados e Discussão	50
Conclusões	66
Bibliografia.....	66
Eficácia do Controle do Bicho Mineiro do Cafeeiro Considerando Parâmetros Rastreáveis da Pulverização	69
Resumo.....	69
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos.....	73

Resultado e Discussão.....	79
Conclusões.....	83
Bibliografia.....	84
Resumo e Conclusões.....	87
Anexos	89

RESUMO

RODRIGUES, Gilton José, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005.
Critérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho-mineiro do cafeeiro. Orientador: Mauri Martins Teixeira. Conselheiros: Marcelo Coutinho Picanço e Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de definir os parâmetros da aplicação de inseticidas para o controle do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) usando um pulverizador hidropneumático, para estabelecer critérios técnicos possíveis de ser rastreados. Foram determinadas as características técnicas de conjuntos de bicos de pulverização, as características aerodinâmicas do pulverizador na saída do rotor, a velocidade do jato de ar em diversas distâncias horizontal e vertical em relação à periferia do ventilador e a característica da população de gotas de pulverização ao longo da faixa de aplicação. Para o estudo da população de gotas foram avaliadas etiquetas de plástico, tipo *contact* como superfície amostradora, cujo fator de espalhamento foi determinado utilizando uma microsseringa como instrumento gerador de gotas e uma lupa microscópica para efetuar as medições das manchas. Os parâmetros de aplicação do inseticida relacionados com a eficácia do inseticida avaliados foram o coeficiente de uniformidade (CH), o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a densidade populacional das gotas de pulverização (gotas cm⁻²), a porcentagem de cobertura e o volume de aplicação. Na avaliação dos parâmetros da pulverização, usados como critérios rastreáveis, foram realizados ensaios em laboratório para determinar a eficácia de controle do bicho-mineiro, utilizando-se folhas de café com larvas de *Leucoptera coffeella*. As pulverizações foram feitas usando o inseticida cartap 500 PS. Os resultados de mortalidade foram avaliados em função das características da população de gotas. As etiquetas amostradoras de plástico possibilitaram a coleta das

gotas para o estudo da deposição, apresentando um fator de espalhamento de 1,61 para as gotas de diâmetro entre 250 e 900 μm . A distribuição da calda de pulverização não foi uniforme, no sentido vertical, com maiores diferenças nas posições mais próximas da saída do ventilador. Houve aumento da porcentagem de cobertura, da densidade de gotas e do DMV com a diminuição da velocidade do ventilador. A densidade populacional equivalente a 170 gotas cm^{-2} e o DMV de 200 μm proporcionaram controle de 90% com o menor consumo de inseticida. Foi necessário aumento de 50% no DMV para manter o controle em 90% com a redução de 7,5% na densidade populacional das gotas. O DMV e a densidade populacional foram os parâmetros que mais influenciaram o resultado de controle. Analisando-se apenas o DMV e a densidade populacional das gotas, foi possível explicar o fenômeno da eficácia de maneira satisfatória. O coeficiente de homogeneidade, a porcentagem de cobertura e o volume de aplicação estiveram correlacionados com o DMV e a densidade populacional das gotas. Há que se considerar o DMV e a densidade populacional das gotas como os principais parâmetros, uma vez que esses podem ser rastreados em um processo de certificação, estando diretamente relacionados com a qualidade das aplicações, a quantidade de inseticida introduzido no ambiente, a quantidade de resíduos no produto agrícola e os riscos para o aplicador.

ABSTRACT

RODRIGUES, Gilton José, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July of 2005.
Traceable criteria in applying the insecticide for controlling the leaf miner in the coffee plant. Adviser: Mauri Martins Teixeira. Committee members: Marcelo Coutinho Picanço and Elpídio Inácio Fernandes Filho.

This study was carried out to determine the parameters of the insecticide application for controlling the leaf miner in the coffee plant (*Leucoptera coffeella*) by using a hydropneumatic sprayer in order to establish the technical criteria possible to be tracked. Determination were performed for the technical characteristics of the spray nozzle sets; the aerodynamic characteristics of the sprayer at the rotor outlet; the speed of the air jet in several horizontal and vertical distances, relative to the fan periphery fan; and the characteristic of the spray drop population along the application range. To study the spray drop population, some plastic contact-type labels were evaluated as sampling surface, from which the dispersion factor was determined, by using a microsyringe as drop-generating instrument and a microscopic magnifying glass to measure the spots. The following parameters of the insecticide application related to the effectiveness of the insecticide were evaluated: the uniformity coefficient (CH); the diameter of the volumetric median (DMV); the population density of the spray drops (drops cm⁻²); the percent covering; and the application volume. In evaluating the spray parameters used as traceable criteria, the assays were accomplished under laboratory conditions to determine the effectiveness of the leaf miner control, by using coffee leaves with *Leucoptera coffeella* larvae. The insecticide cartap 500 PS was used in spraying. The mortality results were evaluated as a function of the drop population characteristics. The plastic sampling labels made possible the collection of the drops for the study of the deposition, as presenting dispersion factor of 1.61 for the drops with a diameter from 250 to 900 µm. The distribution of the spraying syrup was vertically nonuniform, with

higher differences at the positions closest to the outlet of the fan. The percentages of the covering, drop densities and DMV were increased as the speed of the fan decreased. The population density corresponding to 170 drops cm^{-2} and the 200 μm DMV provided a 90% control with the lowest insecticide consumption. An increase of 50% in DMV was required to keep the control at 90% with the reduction of 7.5% in the drop population densities. The parameters DMV and population density showed the highest influence upon the control result. By analyzing only DMV and the drop population densities, it was possible to explain satisfactorily the effectiveness phenomenon. The homogeneity coefficient, the covering percentage and the application volume were correlated to both DMV and drop population densities. Therefore, the DMV and the drop population densities are considered as the main parameters, since they may be tracked in a certification process because they are directly related to the quality of the applications, the amount of the insecticide introduced into environment, the residue amount in the agricultural product, and the risks to the applicator might be reduced.

INTRODUÇÃO

A cultura do café no Brasil é acometida por várias pragas, entre elas o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) que constitui praga-chave, ocasionando perdas entre 30% e 80% da safra (LIMA et al., 2003).

O controle químico tem sido o principal método empregado pelos cafeicultores para o controle dessa praga (FRAGOSO et al., 2002). No entanto, o uso indiscriminado dos inseticidas tem causado a diminuição dos inimigos naturais (MICHELETTI, 1991) e o surgimento de populações resistentes a inseticidas (GUEDES e OLIVEIRA, 2002).

O controle inadequado pode exigir tratamentos adicionais, aumento da dose do produto e, eventualmente, a substituição do produto, o que provocaria aumento nos gastos com os produtos químicos, o combustível e o operador, causando desgaste de máquinas e equipamentos, aumentando ainda o risco de intoxicar os aplicadores e contaminar o ambiente.

No entanto, a aplicação de inseticidas ainda será, por muito tempo, arma valiosa e poderosa na luta do homem contra as pragas. Para isso, essa arma tem que ser bem manejada, a fim de que seus efeitos colaterais não sejam mais prejudiciais que as pragas em si.

Nessa luta, em geral, tem-se dado grande importância aos ingredientes ativos utilizados e pouco às técnicas de aplicação e equipamentos empregados (TEIXEIRA, 1997). É importante não só o conhecimento do produto a ser aplicado, mas também o necessário domínio da tecnologia de aplicação.

Segundo Matuo et al. (2001), tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de agrotóxicos o emprego de todos os

conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas.

Nas últimas décadas, os métodos e equipamentos para aplicação de agrotóxicos evoluíram consideravelmente, melhorando a acurácia das aplicações. No entanto, ainda existem muitos casos de operações ineficientes, levando a uma excessiva ou insuficiente quantidade de ingrediente ativo a atingir o alvo. Cada cultura apresenta características diferentes, devido a tipo de estrutura das plantas, idade, espaçamento, práticas culturais e ambientais (HALL, 1993). Segundo Walklate et al. (2000), a estrutura é um dos fatores mais importante a se considerar, portanto, ao se buscar a eficácia de uma aplicação, deve-se considerar o tipo de alvo que se quer atingir.

Qualquer quantidade de produto aplicado que não atinja o objetivo não terá nenhuma eficácia e representará uma perda. Diferentes técnicas de aplicação podem ser usadas para cada praga e cada cultura (HALL, 1993). As técnicas que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes situações (TEIXEIRA, 1997). Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam um dos principais componentes, pois influenciam diretamente a qualidade e a segurança da aplicação.

Outro fator importante que deve ser considerado no controle eficaz das pragas é a adequada penetração das gotas no dossel das plantas. O tamanho da gota de pulverização afeta o movimento do jorro em direção ao alvo e a sua deposição (SALYANI, 1988; FAROOQ et al., 2001). A necessidade de boa penetração depende da localização da praga na planta e do tipo de produto utilizado.

A deposição tem sido medida em inúmeros estudos. Salyani et al. (1988) estudaram o efeito do volume de pulverização e da taxa de deposição no interior do dossel de plantas cítricas com pulverizadores hidropneumáticos. Concluíram que houve mais deposição no exterior do que no interior do dossel em todas as taxas de pulverização. Nas taxas de aplicação menores houve aumento relativo de deposição nas folhas internas, em relação às demais.

Farooq e Salyani (2002) usaram atomizadores para estudar a penetração do jato de pulverização na cultura cítrica. Concluíram que a deposição diminuiu com o aumento da profundidade do dossel da planta. O efeito da taxa de pulverização foi significativo a um metro de profundidade.

De acordo com Whitney et al. (1989), a velocidade de trabalho e o volume de aplicação são menos importantes na determinação da deposição do que fatores ligados à planta como altura e diâmetro. No entanto, alguns experimentos mostraram que a variabilidade da deposição aumentou com o incremento da velocidade de pulverização.

O direcionamento do jato de ar em relação ao alvo assume importância na busca da uniformidade da aplicação. Segundo Furness e Pinczewski (1985), a turbulência produzida pela convergência de jatos de ar produz maior variabilidade de deposição em todos os locais da planta, quando comparados com pulverizações com fluxo de ar divergente.

Estudos de padrões de pulverizações conduzidos com alto volume de calda e alto volume de fluxo de ar, e com baixo volume de calda e baixo volume de fluxo de ar, em plantações convencionais de macieiras, mostraram variação substancial na deposição na planta, com diferenças superiores a nove vezes. O coeficiente de variação da deposição variou de 68% a 133% para alto e baixo volume, respectivamente, com variações de quatro a dez vezes mais líquido depositado no lado próximo do pulverizador, comparado com o lado oposto da face pulverizada (HALL, 1993).

Pesquisas demonstraram que a folhagem reduz a velocidade do fluxo de ar, defletindo, espalhando ou absorvendo a energia do jato. Para conseguir mais uniformidade de cobertura nas pulverizações efetuadas na totalidade da planta, o tamanho das gotas e o fluxo de ar devem ser otimizados. Isso pode ser conseguido pelo melhor desenho do pulverizador, pelo redirecionamento do fluxo de ar, ou por outros meios, como uma escala progressiva de velocidades, que irá efetivamente depositar as gotas na superfície desejada.

Segundo Hall (1993), um pulverizador trabalhando a uma velocidade de 6,4 km h⁻¹ produz velocidade do ar 10% a 15% menor que à velocidade de 3,2 km h⁻¹, sendo o jato de ar defletido mais intensamente nas altas velocidades de trabalho.

Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição é através da análise da deposição do produto, seja em volume de líquido, em quantidade de princípio ativo ou mesmo em densidade de gotas depositadas na área (CHRISTOFOLETTI, 1999). De acordo com Adams et al. (1990), há necessidade de mais estudos sobre o efeito do tamanho das gotas no transporte e na deposição no alvo.

As gotas podem ser amostradas com vários tipos de superfícies artificiais, para posterior análise. Uma superfície considerada padrão para amostragem de gotas é obtida pela queima de tiras de magnésio metálico sob superfície de vidro plano, formando uma película de óxido de magnésio, sobre a qual se pulveriza o líquido (MATTHEWS, 1982).

Outras superfícies alternativas têm sido usadas, entre as quais o papel kromekote e papel fotográfico, cuja qualidade é controlada com rigor. Nesses casos, alguns corantes, como a croceína vermelha ou a negrosina, são adicionados às caldas, para melhor visualização das manchas.

Existem no mercado etiquetas de papel que são impregnadas com o corante azul de bromofenol, que na sua forma não-ionizada apresenta coloração amarela e que, em contato com a água ioniza, adquire coloração azul. Essas etiquetas são distribuídas pela Ciba-Geigy (1994).

A determinação da dimensão das gotas pode ser feita utilizando várias técnicas, desde as mais antigas, que incluem os microscópios de bolso com um retículo, até as mais modernas, com raios laser, que medem as gotas ainda no ar (MATTHEWS, 1979).

Com as exigências por produtos mais saudáveis e com menor quantidade de resíduos de agrotóxicos, pelos consumidores, há que se aprimorar a tecnologia de aplicação e determinar os parâmetros rastreáveis que possibilitam segurança para o produtor, o consumidor e o ambiente.

O conhecimento do espectro de determinada população de gotas de pulverização e de sua relação com a eficácia de controle da praga é fator importante na agricultura moderna, pois a qualidade da deposição pode influenciar de forma significativa o efeito biológico para determinada dose do agrotóxico aplicado.

Este trabalho teve como objetivo geral determinar os principais parâmetros de aplicação de inseticidas para o controle do bicho-mineiro do cafeeiro, visando estabelecer critérios que possam ser rastreados e fornecer ao produtor uma metodologia de quantificação da deposição de fácil acesso.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Desenvolver uma etiqueta amostradora para quantificação dos parâmetros da pulverização de fácil acesso para o agricultor e que possa ser utilizada em campo.

- Determinar as características do jato de pulverização proporcionadas por bicos em diversas pressões de trabalho.
- Avaliar os parâmetros aerodinâmicos de um pulverizador hidropneumático em diversos regimes de trabalho.
- Determinar os parâmetros relativos à população de gotas de pulverização que influenciam diretamente a eficácia das aplicações.
- Estabelecer os parâmetros rastreáveis para uma aplicação de inseticidas de maneira mais segura e econômica.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, A.J.; CHAPPLE, A.C.; HALL, F.R. Droplet spectra for some agricultural fan nozzles, with respect to drift and biological efficiency. In: Bode, L E.; Hazen, J.L.; Chassin, D.G. (ed). **Pesticide Formulations and Application Systems: ASTM STP 1078**. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 1990. v. 10, p. 156-169.

CIBA-GEIGY. **Water-sensitive paper for monitoring spray distribution**. No 11 784/1 e. Basle. Switzerland: Ciba-Geigy Ltd, 1994. 5p

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

FAROOQ, M.; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D.; WOLF, T.M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **J. Agric. Eng. Res.** v. 78, n. 4, p. 347-358. 2001.

FAROOQ, M.; SALYANI, M. Spray penetration into the citrus tree canopy from two air-carrier sprayers. **Transactions of the ASAE**, v. 45 n.5, p. 1287-1293. 2002.

FRAGOSO, D.B.; JUSSELINO FILHO, P.; PALLINI FILHO, A.; BADJI, C.A. **Action of Organophosphate Insecticides Used to Control *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) on the Predator Mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae)**. *Neotrop. Entomol.* v.31, n.3, p. 463-467. 2002.

FURNESS, G.O.; PINCZEWSKI, W.V.. A comparison of the spray distribution obtained from sprayers with covering and diverging airjets with low volume air assisted spraying on citrus and grapevines. **Journal of Agricultural Engineering Research** n. 32. p. 291-310. 1985.

GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E. Resistência a inseticidas-pragas do cafeeiro: Situação e perspectivas, p. 471-497. In: ZAMBOLIM (ed.), **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, UFV, 2002. 568 p.

HALL, F. Application to plantation crops. In: **Application technology for crop protection**. Cab International. Wallingford, 1993. p. 187-211.

LIMA, E. R.; AMBROGI, B. G.; COSTA, F. G.; SARAIVA, R. M. Emprego de semioquímicos no Manejo de Pragas do Café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção Integrada de Café**. Viçosa, MG: UFV; DFP, 2003. p. 47-66.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H.H. Curso de proteção de plantas. Mod. 2: Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos e técnicas de aplicação In: **ABEAS: Curso de Especialização por Tutoria à Distância**. Brasília, Brasil, 2001. 71p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1979. 302 p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982.336p.

MICHELETTI, S.M.F.B. Efeito de inseticidas sobre a emergência de *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Na. Soc. Ent. Brasil**. n. 20, p.265-269, 1991.

SALYANI, M. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. **Transactions of the ASAE**, v 31. n. 6. p. 1680-1684, 1988.

SALYANI, M.; MCCOY, C.W.; HEDDEN, S.L. Spray volume effects on deposition and citrus rust mite control. In: **Pesticide Formulations and Application Systems**. ASTM STP 980. West Conshohocken, Pa: American Society for Testing and Materials. n.8. p. 254-263. 2001.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.1997. 310 p. Tese (Doutorado em Agronomia).

WALKLATE, P.J.; RICHARDSON, G.M.; CROSS, J.V.; MURRAY, R.A. Relationship between orchard tree crop structure and performance characteristics of a axial fan sprayer. In **Pesticide application: Aspects of Applied Biology**. Wellesbourne. v.57. p. 285-292. 2000.

WHITNEY, J.D.;SALYANI, M.; CHURCHILL, D.B.; KNAPP, J.L.; WHITESIDE, J.O.; LITELL, R.C. A field investigation to examine the effects of sprayer type, ground speed and volume rate on spray deposition in Florida Citrus. **Journal of Agricultural Engineering Research** n.42.p. 275-83. 1989

DESEMPENHO OPERACIONAL DE BICOS HIDRÁULICOS NA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS RASTREÁVEIS DA PULVERIZAÇÃO HIDROPNEUMÁTICA

RESUMO

Os bicos de pulverização hidráulicos são muito importantes nos pulverizadores hidropneumáticos e os principais responsáveis pela divisão do líquido em gotas. Neste trabalho objetivou-se estudar o desempenho operacional de dois conjuntos de bicos de jato cônico, em quatro pressões. Avaliaram-se a vazão dos bicos, a influência da pressão no ângulo de abertura do jato, o coeficiente de descarga e a uniformidade de distribuição volumétrica na faixa de pressão de 414 a 1448 kPa. Os bicos de pulverização JA-1 e JA-2 apresentaram vazões, estatisticamente, iguais às fornecidas pelo fabricante. O ângulo do jato de pulverização modificou-se de forma significativa apenas nos bicos JA-2, com a elevação da pressão de 414 para 620 kPa. O coeficiente de descarga dos dois conjuntos de bicos foi inferior ao valor proposto para orifícios de fluxo turbulento, com menores valores para a série com menor diâmetro do orifício. A distribuição volumétrica foi bastante variável, em função da vazão nominal e da pressão. Para o estabelecimento de parâmetros rastreáveis relativos à pulverização é imprescindível o conhecimento das características dos bicos de pulverização e a sua condição de trabalho.

Palavras-chave: pulverizadores, tecnologia de aplicação, agrotóxico.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF HYDRAULIC NOZZLES IN DETERMINING THE TRACEABLE PARAMETERS OF THE HYDROPNEUMATIC SPRAY

ABSTRACT

The hydraulic spray nozzles are highly important in hydropneumatic sprayers, since they are the main responsible by the division of the liquid into drops. This study was targeted to the operational performance of two sets of conical jet nozzles

at four pressures. The following variables were evaluated: the nozzle flow rate; the influence of the pressure upon the jet opening angle; the discharge coefficient; and the uniformity of the volumetric distribution at the pressure range from 414 to 1448 kPa. The flow rates provided by the spray nozzles JA-1 and JA-2 were statistically equal to those provided by the manufacturer. The angle of the spray jet was significantly modified only in the JA-2 nozzles when the pressure was increased from 414 to 620 kPa. The discharge coefficient of both nozzle sets was below that value obtained by the turbulent flow orifice, but lower values were obtained for the set with lower orifice diameter. The volumetric distribution quite variable as a function of the nominal flow rate and pressure. The knowledge on the characteristics of the spray nozzles and their operational conditions is indispensable to the establishment of the traceable parameters relative to spray.

Keywords: sprayers, application technology, agrotoxicants.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os métodos e equipamentos para aplicação de agrotóxicos evoluíram consideravelmente, melhorando a acurácia das aplicações. No entanto, ainda existem muitos casos de operações ineficientes, levando a uma excessiva ou insuficiente quantidade de ingrediente ativo a atingir o alvo, principalmente em razão da grande importância que se dá ao produto fitossanitário e da pouca atenção à técnica de aplicação.

Com a procura cada vez maior por produtos com menos quantidade de resíduos de agrotóxicos e as exigências por processos de produção que sejam ambiental e socialmente corretos, cada vez mais se exige do produtor rural a utilização correta e criteriosa desses insumos. Entretanto, o que se vê no campo é a falta de informações em torno da tecnologia de aplicação (CUNHA e TEIXEIRA, 2001).

O objetivo da tecnologia de aplicação de agrotóxico é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, afetando o mínimo possível o ambiente (MATTHEWS, 2002).

Entre as técnicas de aplicação de agrotóxicos, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas (TEIXEIRA, 1997). Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam um dos principais componentes, e, segundo Miller e Ellis (2000), é importante definir as suas características, uma vez que estas influenciam de maneira direta a qualidade da deposição. Segundo Sidahmed (1998), os bicos têm como funções fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em pequena área e controlar a saída do líquido por unidade de área.

Segundo Christofletti (1999), o conhecimento das condições de trabalho e, principalmente, do desempenho operacional dos bicos é básico para uma aplicação eficiente. Womac et al. (1999) salientam que o tipo de bico, a vazão nominal, o ângulo de descarga, a pressão de operação e as características do líquido de aplicação são os fatores que determinam o espectro da população de gotas. Esse espectro é fundamental na pulverização, pois, segundo Farooq et al. (2001), o tamanho das gotas afeta o movimento do líquido e a sua deposição no alvo. Nesse contexto, os bicos são considerados o componente central do processo de pulverização, sendo, portanto, fundamental a determinação das suas características operacionais.

O mercado oferece uma diversidade de bicos hidráulicos de pulverização, com diferentes características operacionais, adequada a cada tipo de equipamento e produto a ser aplicado.

De maneira geral, recomendam-se os bicos de jato cônico vazio para as aplicações de inseticidas. Segundo Cunha (2003), esses bicos têm como característica maior deposição de líquido na porção mais externa do cone. Possuem um perfil de distribuição com menor concentração no centro, aumentando um pouco a medida que se aproxima das extremidades, para voltar a cair bruscamente. Geralmente são recomendados para as aplicações em culturas com grande massa foliar, em que a penetração das gotas no dossel e a cobertura do alvo são essenciais (SRIVASTAVA et al., 1993; MÁRQUEZ, 1997; WILKINSON et al., 1999).

Normalmente, esses bicos trabalham submetidos a uma pressão de 200 a 1.000 kPa, produzindo ângulo de abertura do jato de 60 a 80°. É importante a determinação da influência da pressão no ângulo de abertura do jato, uma vez que isso traz implicações na sua distribuição ao longo do arco de distribuição de um pulverizador hidropneumático e na uniformidade de distribuição do líquido pulverizado.

Outro fator importante a ser avaliado em um bico de pulverização é o coeficiente de descarga (C_D), que relaciona a vazão com a pressão aplicada. Esse coeficiente depende do tipo de bico e do tamanho do orifício, sendo considerado como referência o valor mínimo ideal de 0,611 para fluxo turbulento (SRIVASTAVA et al., 1993).

A correta seleção dos bicos de pulverização é essencial para a melhoria da precisão e segurança na aplicação dos agroquímicos (WOMAC et al., 1997). Portanto, faz-se necessário o conhecimento do desempenho operacional dos bicos na busca de uma aplicação mais eficiente, com diminuição dos riscos advindos dessa operação.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato cônico, submetidos a diferentes pressões do líquido, para estabelecer parâmetros rastreáveis em um processo de pulverização, com pulverizador hidropneumático.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se uma bancada de ensaios construída de acordo com a Norma ISO 5682/1 (ISO, 1986), concebida para a determinação da vazão e a distribuição volumétrica dos bicos (Figura 1).

A bancada de ensaios possui 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, com canaletas em forma de “V” com 0,05 m de profundidade e largura. A pressão hidráulica foi produzida por uma bomba de pistão, com vazão máxima de 20 L min^{-1} e uma pressão máxima de 500 kPa, e acionada por um motor elétrico de 220 V e potência equivalente a 2,2 kW. A bancada possui um sistema para regular a pressão e filtragem do líquido e uma barra porta-bicos com capacidade para cinco bicos. A altura de trabalho da barra pode ser variada de 0,10 a 0,70 m. Para medição da vazão são utilizadas provetas graduadas com capacidade de 20 mL e precisão de 0,2 mL.



Figura 1. Bancada para medição da uniformidade de distribuição volumétrica com as provetas coletoras.

A pressão foi medida com um manômetro calibrado, marca Famagras, cuja capacidade nominal é de 1578,6 kPa e com resolução de 19,73 kPa. A calibração foi feita utilizando-se um sistema de massa-padrão para obter a relação entre a pressão indicada e a real. O sistema foi composto por uma bomba hidráulica, modelo PH-80, e um cilindro hidráulico de pistão vazado, modelo RCH-120, marca Enerpac. Esse sistema foi montado sobre uma estrutura de reação dotada de uma haste metálica, para colocação de massas em incrementos de aproximadamente 10 kg.

Foram realizados três carregamentos até aproximadamente 205 kg, com o objetivo de verificar a repetitividade das leituras. Isso permitiu obter a curva de calibração do manômetro em estudo.

O manômetro calibrado foi acoplado à bancada de ensaios, onde foi realizado o estudo dos bicos de pulverização.

Foram empregados bicos cônicos fabricados em cerâmica, modelo JA-1 (1 mm de diâmetro) e JA-2 (1,3 mm de diâmetro), produzidos pela empresa Jacto, recomendados para trabalhar preferencialmente entre pressões de 414 a 1.448 kPa em pulverizadores hidropneumáticos.

As características técnicas de vazão dos bicos a serem avaliados são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Vazão nominal dos bicos hidráulicos tipo cone vazio avaliados

Pressão (kPa)	Vazão nominal (L min ⁻¹)	
	Bico JA-1	Bico JA-2
414	0,32	0,64
620	0,38	0,76
1034	0,50	1,00
1448	0,55	1,10

Fonte: Jacto S.A.

Para o estudo da vazão foram escolhidos, aleatoriamente, 14 bicos da série JA-1 e 14 da série JA-2, os quais foram avaliados de maneira individual. Os bicos foram colocados na bancada de ensaios e a eles foi ajustado um tubo plástico para conduzir o líquido pulverizado para uma proveta coletora com capacidade de 2.000 mL e precisão de 10 mL.

As avaliações foram feitas em quatro pressões, sendo a mínima e a máxima recomendadas pelo fabricante e duas intermediárias, ou seja, 414, 620, 1.034 e 1.448 kPa. Cada medição foi realizada durante 60 segundos, com cinco repetições.

A análise estatística dos dados consistiu em se determinar a precisão das medições, aplicando-se para isso o teste “t” de Student para uma confiabilidade de 95%. A Equação 1 foi empregada para determinar o erro da medição da vazão. O erro máximo admitido para este tipo de estudo foi de 5%. Para o erro calculado inferior ao limite estabelecido aceitou-se a média como representante da amostra (SANCHEZ, 1988).

$$L = \frac{(t * DP)}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

em que:

L = erro absoluto, L;

t = valor de “t” de student;

DP = desvio padrão; e

n = número de amostras.

A partir da determinação do erro absoluto, calculou-se o erro percentual referente à média. Para a realização dos cálculos elaborou-se uma tabela, utilizando o programa “Excel”.

Outro estudo foi conduzido para determinar o coeficiente de descarga (C_D). Esse coeficiente faz uso de todos os fatores que caracterizam a dinâmica da descarga de um determinado bico.

A velocidade do líquido ao passar pelo orifício do bico é fundamental no processo de pulverização. Ela pode ser calculada pela Equação 2 (SRIVASTAVA, 1993).

$$v_j = C_v \left(2 \frac{\Delta p}{\rho_1} \right)^n \quad (2)$$

em que:

v_j = velocidade do líquido, $m s^{-1}$;

C_v = coeficiente de velocidade;

p = pressão total, Pa;

n = coeficiente que depende do regime de escoamento e do tipo de emissor, para fluxo turbulento equivale a 0,5; e

ρ_1 = densidade do líquido, $kg m^{-3}$.

A vazão proporcionada pelo bico é outro fator importante e pode ser determinada pela Equação 3 (SRIVASTAVA, 1993).

$$Q = v C_A A \quad (3)$$

em que:

Q = vazão do bico, $m^3 s^{-1}$

v = velocidade do jato, $m s^{-1}$;

C_A = coeficiente de área; e

A = área do orifício do bico, m^2 .

O coeficiente de área considera a contração do líquido ao passar pelo orifício. Combinando as equações 2 e 3, pode-se escrever a vazão do bico conforme a Equação 4 (SRIVASTAVA, 1993).

$$Q = C_v \left(2 \frac{\Delta p}{\rho_1} \right)^{1/2} C_A A \quad (4)$$

O coeficiente de descarga pode ser calculado empregando-se a Equação 5, o que finalmente possibilita determinar a vazão de acordo com a Equação 6 (SRIVASTAVA, 1993).

$$C_D = C_v C_A \quad (5)$$

$$Q = C_D A (2gh)^{1/2} = C_D A \left(2 \frac{\Delta p}{\rho_1} \right)^{1/2} \quad (6)$$

O coeficiente de descarga depende do tamanho e do desenho do orifício e representa a relação entre a vazão real e a teórica possível. Portanto, para um determinado bico, relaciona-se a vazão do líquido proporcionada pelo bico com a raiz quadrada da pressão. A inclinação dessa reta será $C_D A \sqrt{2} / \sqrt{\rho_1}$, pela qual o coeficiente de descarga (C_D) pode ser determinado.

O valor do coeficiente de descarga (C_D) deve ser próximo de 0,611, valor este usado para orifícios com fluxo turbulento (SRIVASTAVA, 1993).

O ensaio de distribuição volumétrica tem por objetivo determinar o perfil de distribuição do líquido de pulverização proporcionado pelo bico.

Os trabalhos foram conduzidos em bancada de ensaios, cuja barra foi fixada a 0,5 m de altura e os bicos foram montados de forma individual. As avaliações foram efetuadas em quatro pressões, sendo a máxima e a mínima recomendadas pelo fabricante e duas intermediárias, segundo o procedimento estabelecido pela Norma ISO 5682/1 (ISO, 1986), e cinco repetições. Durante 60 segundos se coletou o líquido em provetas graduadas, alinhadas com cada canaleta ao longo da faixa de deposição.

Os erros das medições foram determinados utilizando-se a Equação 1. A média dos volumes coletados em cada posição, para cada pressão, foi convertida em porcentagem do volume total e apresentada em forma de gráfico.

O ângulo de abertura do jato de pulverização foi analisado através de um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições aplicando-se um esquema fatorial 4 x 2 (quatro pressões e dois tipos de bico).

O ângulo de abertura do jato foi determinado por meio de imagens frontais dos jatos de pulverização produzidos pelos bicos, obtidas por uma câmera fotográfica digital Sony, modelo Mavica FD 75. O ângulo foi medido tomando como base as projeções tangenciais às bordas do jato (Figura 2), e as imagens obtidas em quatro níveis de pressão. Foram escolhidos aleatoriamente, para este trabalho, quatro bicos de cada série (JA-1 e JA-2). As medições foram realizadas através do programa computacional "Image Tool" versão 3.0.

As aberturas dos ângulos foram medidas em graus, os quais foram submetidos à análise de variância; quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

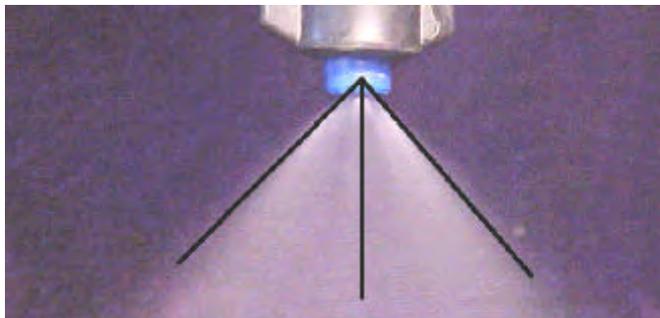


Figura 2. Modelo de imagem utilizada para determinação do ângulo de abertura do jato de pulverização propiciado pelos bicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições da vazão foram feitas com erro inferior a 1% em todos os casos, situando-se abaixo do limite máximo de 5% proposto por Sanchez (1988). Com esses valores, pode-se considerar a média calculada da vazão como representante da amostra.

O bico JA-1 apresentou vazão média de $0,297 \text{ L min}^{-1}$ na pressão de 414 kPa, atingindo $0,574 \text{ L min}^{-1}$ na pressão de 1.447 kPa (Figura 3), vazões semelhantes às propostas pelo fabricante. O bico JA-2 apresentou vazão média de $0,575 \text{ L min}^{-1}$ na menor pressão e $1,146 \text{ L min}^{-1}$ na maior. O JA-2 apresentou o dobro da vazão do JA-1 na mesma pressão, característica que permitirá obter vazões diferentes na calibração do equipamento.

A análise comparativa entre os valores de vazão obtidos e o fornecido pelo fabricante foi realizada pelo método estatístico L & O (LEITE e OLIVEIRA, 2002). Outra análise foi conduzida aplicando-se o teste “F” de Fischer pelo método Graybill (GRAYBILL, 1961), e o comportamento dos resíduos analisados, pelo teste “T”. Foi feita ainda uma análise do coeficiente de correlação. Com essas três análises, pode-se considerar que valores obtidos experimentalmente são estatisticamente semelhantes aos fornecidos pelo fabricante com 1% de significância.

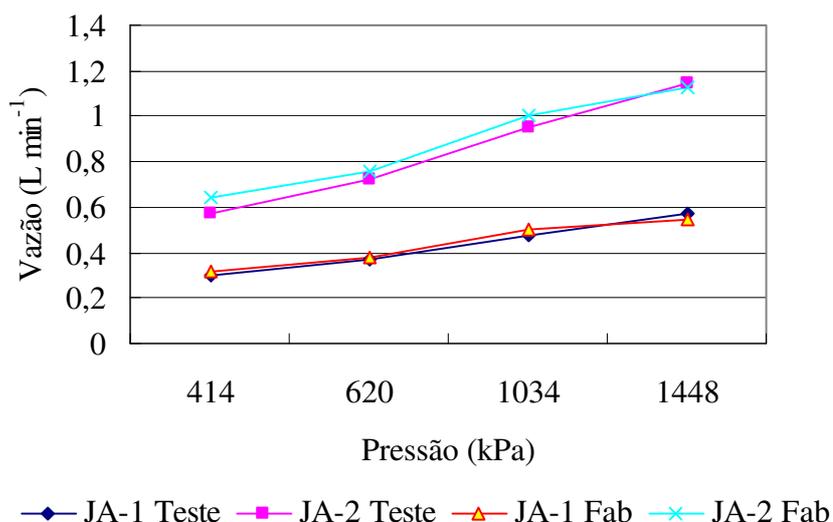


Figura 3. Vazões dos bicos fornecidas pelo fabricante e a obtida em laboratório, para quatro pressões de trabalho.

Na Figura 4 são apresentadas as curvas de vazão em função da raiz quadrada da pressão para os dados experimentais. Vê-se que o desempenho de cada bico está representado pela equação de ajuste usada para determinação do coeficiente de descarga.

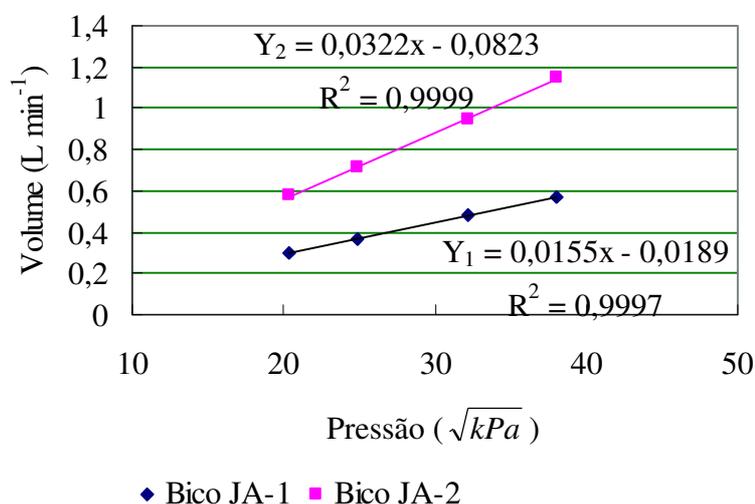


Figura 4. Vazão dos bicos de pulverização em função da raiz quadrada da pressão.

O coeficiente de descarga calculado com os valores da Figura 4 foi de 0,232 para o bico JA-1 e de 0,286 para o bico JA-2. Essas médias são consideravelmente menores que 0,611, que é aceita para orifício de fluxo turbulento. Srivastava (1993) obteve C_D equivalente a 0,274 para bicos com 2,39 mm de diâmetro.

A distribuição volumétrica da vazão dos bicos, em função da pressão estudada, é apresentada nas Figuras 5 e 6.

Os resultados da distribuição volumétrica dos bicos JA-1 estão representados na Figura 5. À pressão de 414 kPa, a faixa de deposição do jato foi de 60 cm, e a maior porcentagem de líquido se agrupou na parte central da faixa.

À medida que aumentou a pressão, até o limite de 1.448 kPa, a faixa de deposição do líquido pulverizado aumentou proporcionalmente. A distribuição do líquido pulverizado foi mais uniforme nas pressões mais altas. Esse comportamento é característico dos bicos de cone vazio. Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha (2003).

As características dimensionais da faixa de deposição do bico são importantes, tendo-se em conta que a distância de colocação dos bicos na barra de pulverização pode, para uma determinada pressão, produzir uma zona de sobreposição com maior concentração de líquido na corrente de ar, podendo, com isso, produzir gotas maiores. Esse fenômeno poderia produzir escorrimento nas folhas, sobretudo nas proximidades do sistema de aspersão.

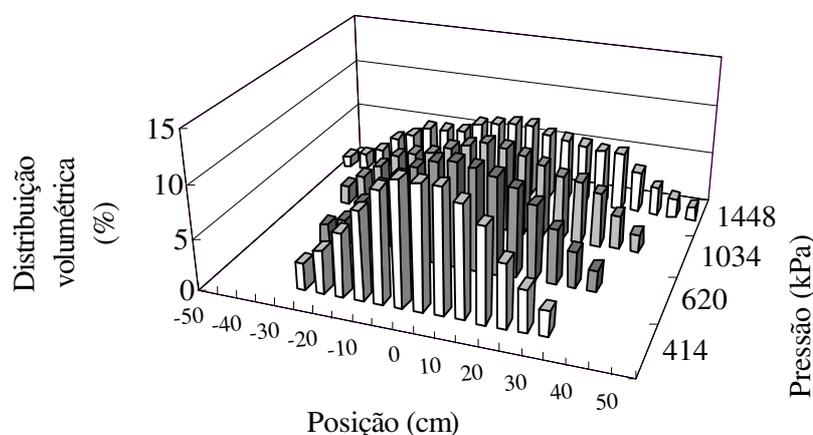


Figura 5. Distribuição volumétrica do jato aplicado pelo bico JA-1 em diferentes pressões.

A distribuição volumétrica dos bicos JA-2 está representada na Figura 6. Na pressão de 414 kPa a deposição se deu-se em uma faixa de 75 cm, 15 cm a mais em relação ao JA-1. Logo, somente com a troca de bicos em um pulverizador se produz novas características na pulverização, que, combinadas com o volume de ar, podem alterar a distribuição das gotas.

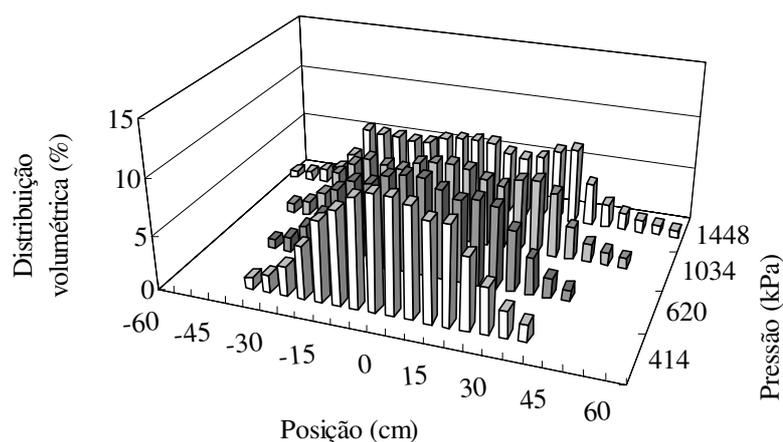


Figura 6. Distribuição volumétrica do jato aplicado pelo do bico JA-2 em diferentes pressões.

Houve tendência de aumento da zona de maior porcentagem de volume, com perfis irregulares, ao se elevar a pressão até 1.448 kPa. O maior acúmulo de líquido deu-se na parte central da superfície coletora e próximo às extremidades. Essas variações do perfil da distribuição em função da pressão só ocorreram no bico JA-2. É de vital importância o seu conhecimento na calibração adequada do pulverizador. É necessário sanar esses problemas, que normalmente são atribuídos a outras causas, pois causam deficiência na deposição.

O estudo do ângulo de projeção do jato produzido pelos bicos é importante, uma vez que produz faixas de aplicação em diferentes distâncias e, como consequência, fornece subsídios para adequar a distribuição dos bicos na barra portabicos do pulverizador.

Vê-se, na Tabela 2, as variações dos ângulos dos jatos dos bicos. As medições foram feitas com erro inferior a 1%.

Tabela 2 - Ângulos de abertura dos jatos de pulverização

Pressão (kPa)	Ângulo de abertura do jato (°)	
	Bico JA-1	Bico JA-2
414	80,82 A a	78,12 B a
620	81,44 A a	80,44 A b
1034	81,65 A a	81,44 A b
1448	82,49 A a	81,94 A b

Médias de ângulo de abertura seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada bico, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A interação entre as pressões e os bicos no ângulo de abertura do jato foi significativa a 5% pelo teste “F”. Na pressão de 414 kPa, o ângulo de abertura do

bico JA-2 diferiu significativamente do bico JA-1. Apenas com o bico JA-2 houve diferença significativa entre as pressões no ângulo de abertura dos jatos de pulverização: a pressão de 414 kPa proporcionou o menor ângulo. Esse fato demonstra que, com a mudança de bico com a mesma pressão ou alterando a pressão de trabalho para um mesmo bico, a faixa de deposição pode ser afetada, modificando as características do jato de pulverização.

CONCLUSÕES

- Os valores de vazão dos bicos obtidos experimentalmente são semelhantes aos fornecidos pelo fabricante.
- O desempenho dos bicos medidos através do coeficiente de descarga é de 0,233 e 0,286 para os bicos JA-1 e JA-2, respectivamente.
- A faixa de deposição da aplicação e o ângulo de abertura do jato de pulverização, proporcionados pelos bicos, aumentam com a pressão de trabalho.
- O bico JA-2 não deve ser usado na pressão de 414 kPa.

BIBLIOGRAFIA

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

CUNHA, J. P. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. Universidade Federal de Viçosa. UFV-MG. 2003. 81 p. (Tese de doutorado).

CUNHA, J.P.R.; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.5, n. 2, p. 344-348, 2001.

FAROOQ, M.; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D., WOLF T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **J. Agric. Eng. Res.** v. 78 n 4 p. 347-358, 2001.

Graybill, F. **An Introduction to Linear Statistical Model**, Ed. Mc Grawill-Hill, USA. 1961.

ISO – International Organization for Standardization. **Equipment for crop protection - Spraying equipment – Part 2: test methods for agricultural sprayers**. Geneva: ISO, 1986. 5 p. (ISO 5682/2).

LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and plant Analysis**. New York. v.7 e 8, p.1-23. 2002.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-Rom. Palestra.

MATTHEWS, G.A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p.345-353.

MILLER, P.C.H.; ELLIS M.C. B. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop protection**. v.19, p. 609-615, 2000.

SANCHEZ, D.P.R. **Estadística Modelos y métodos**. Alianza. Editorial AS. Madrid. España. 1988. 402 p.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p. 531-536, 1998.

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E. ROHRBACH, R.P. Chemical Application. In: Engineering principles of agricultural machines. St. Joseph: **ASAE**, p.265-324, 1993

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.1997.310p. Tese (Doutorado em Agronomia).

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B.A. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. v. 3. St. Joseph: ASAE, 1999. p.269-310.

WOMAC, A.R.; GOODWIN, J.C.; HART, W.E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1997. 47 p. (ASAE Paper n.97-1069).

WOMAC, A.R.; MAYNARD II, R.A.; KIRK, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**. ASAE, ST. Joseph, Michigan. v.42, n.3, p. 609-616, 1999.

CARACTERÍSTICAS AERODINÂMICAS DE UM PULVERIZADOR HIDROPNEUMÁTICO PARA APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM PLANTAS ARBUSTIVAS

RESUMO

O transporte do ingrediente ativo até o interior dos dosséis das plantas está condicionado à eficiência do equipamento utilizado. É importante estabelecer os principais parâmetros rastreáveis que sirvam de base para avaliar e controlar as técnicas de pulverizações visando a certificação da lavoura. Neste trabalho foram estudadas as características aerodinâmicas de um pulverizador hidropneumático usado para pulverizações do cafeeiro. Foram avaliadas a velocidade, a vazão e uniformidade da velocidade do ar na saída do difusor, bem como os parâmetros da corrente de ar após a saída do ventilador. A vazão de ar foi de $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A velocidade máxima do ar na saída do ventilador foi de $32,72 \text{ km h}^{-1}$, e a mínima, de $23,07 \text{ km h}^{-1}$, nas velocidades de 2.160 e 1.560 rpm do rotor, respectivamente. O coeficiente de uniformidade da velocidade do ar na saída do ventilador situou-se entre 0,76 e 0,82. O lado direito apresentou, em média, uma vazão de ar 5% superior à do lado esquerdo. A velocidade do ar medida a uma distância de 0,8 m da saída do ventilador variou de 15 a $3,8 \text{ m s}^{-1}$, nas alturas de 0,5 e 2,5 m em relação ao nível do solo, respectivamente.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, pulverização, agrotóxico.

AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A HYDROPNEUMATIC SPRAYER FOR THE AGRICHEMICAL APPLICATION IN SHRUBBY PLANTS

ABSTRACT

The transport of the active ingredient into the canopies of the plants is conditioned by the efficiency of the equipment used. It is worth establishing the main traceable parameters that are useful as a basis to the evaluation and control of the spray techniques for the certification of agriculture. The aerodynamic characteristics

of a hydropneumatic sprayer used in spraying the coffee plant were studied. The speed, flow rate and air speed uniformity at the diffuser outlet were evaluated, as well as the parameters of the air stream following the outlet of the fan. The air stream was $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. The highest air speed at the outlet of the fan was $32,72 \text{ km h}^{-1}$, whereas the lowest one was $23,07 \text{ km h}^{-1}$ at the rotor speeds 2.160 and 1.560 rpm, respectively. The uniformity coefficient of the air speed at the outlet of the fan ranged from 0,76 and 0,82. The right side averaged an air flow rate 5% superior to that on the left side. The air speed measured at 0,8m distance from the outlet of the fan ranged from 15 to $3,8 \text{ m s}^{-1}$ at the heights of 0,5 and 2,5 m relative to the soil level, respectively.

Keywords: application technology, spray, agrotoxicants.

INTRODUÇÃO

A eficácia de um tratamento depende da correta colocação do ingrediente ativo no alvo no momento certo e na quantidade adequada. No entanto, na maioria das vezes, se dá muito valor ao ingrediente ativo e pouco à tecnologia empregada, o que leva a uma aplicação insatisfatória, exigindo aplicações complementares ou a substituição do produto por outro mais eficaz.

A ineficácia das aplicações pode ser atribuída, em parte, à baixa penetração do líquido no dossel da planta, ao desvio da trajetória das gotas ou à ineficiência dos equipamentos. Na maioria das vezes, o transporte do ingrediente ativo para o interior do dossel da planta é condição básica para o controle eficaz de várias pragas e doenças.

Na pulverização, deve-se definir, de maneira criteriosa, o tipo de alvo que se quer atingir. Cada cultura apresenta características próprias, devido a estrutura das plantas, idade, espaçamento e práticas culturais e ambientais. A eficiência da aplicação nos diferentes tipos de alvo exige equipamentos apropriados, doses adequadas com o mínimo de perda e trabalho (HALL, 1993).

Independentemente do processo utilizado nas aplicações, é importante estabelecer os principais parâmetros que sirvam de base para avaliar e controlar a técnica utilizada, garantindo, dessa forma, a qualidade do tratamento, com o mínimo efeito danoso ao homem e ao ambiente.

O comportamento da corrente de ar produzida pelos pulverizadores hidropneumáticos tem sido fonte de pesquisa de inúmeros trabalhos, pois ela é responsável pela condução e distribuição das gotas no alvo.

Di Prinzio (1998), em experimentos realizados com frutíferas, concluiu que existe alta correlação entre os níveis de perda e a uniformidade da corrente de ar, o que pode comprometer a eficiência das pulverizações, com perdas globais próximas de 25%. Segundo esse autor, as causas das perdas são decorrentes do rápido declínio da velocidade da corrente, da evaporação, da falta de uniformidade na coluna de ar e da impossibilidade de fixar uma vazão de ar ótimo, devido a fatores exógenos, como a densidade de folhas, a velocidade de avanço do equipamento e as condições climáticas.

Com o objetivo de resolver esse tipo de problema, foram desenvolvidos ventiladores com alto volume e velocidade de ar. No entanto, esses ventiladores aumentam o consumo de energia e as perdas por deriva.

Kurdov e Kapitanov (1968) investigaram um critério prático para a seleção dos ventiladores para os pulverizadores pela configuração da saída do difusor. Esses autores estudaram a influência da largura de saída do ar, o efeito do defletor e a quantidade de aletas do ventilador no fluxo de ar e no seu alcance. Concluíram que, para garantir a velocidade de saída do ar de 36 m s^{-1} , com fluxo na faixa de 13 a $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o maior alcance do ar foi obtido com a largura da saída do ventilador de 160 mm, para a faixa de 80 a 170 mm.

Randall (1971), ao estudar o efeito do vento e da velocidade de trabalho no volume de ar do ventilador, aplicou a teoria do fluxo plano turbulento de Abramovich (ABRAMOVICH, 1963). O autor demonstrou que, em um pulverizador com velocidade de saída do ar correspondente a 90 m s^{-1} e vazão de $1,53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a velocidade decresce mais acentuadamente com o aumento da distância a partir da saída do difusor do que em um pulverizador usando a mesma quantidade de energia porém com velocidade de saída, equivalente a 41 m s^{-1} , e vazão superior a $1,53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

A corrente de ar do pulverizador com maior vazão e baixa velocidade deposita proporcionalmente maior quantidade de agrotóxico na árvore e de maneira mais uniforme que um pulverizador com menor vazão e velocidade alta (HALL, 1975). Deve-se salientar que quantidade mínima de ar é necessária para agitar as folhas e facilitar a penetração do jato no dossel.

Distribuição desuniforme da calda na folhagem e alta deriva podem levar a inadequado controle da praga e repetição da aplicação. Tratamentos adicionais aumentam o custo do produto químico, combustível, operador e desgaste de máquina e equipamento (DERKSEN & BRETH, 1994). Walklate et al. (2000) acrescentam que a estrutura do alvo é outro fator importante a ser considerado.

Os pulverizadores hidropneumáticos são amplamente utilizados nas pulverizações de plantas arbustivas. Esses equipamentos possuem dois sistemas principais: o hidráulico, para a formação das gotas que têm como unidade principal o bico; e o ar, encarregado de transportar a gota até o alvo. Nesse sistema é importante o estudo das características do ventilador, por ser responsável pela produção de ar e também ser o maior consumidor de energia.

O objetivo deste trabalho foi a avaliação de um pulverizador hidropneumático utilizado para aplicação de inseticidas na cultura do café, com diferentes velocidades de trabalho do ventilador para determinar os principais parâmetros rastreáveis da corrente de ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV. O teste consistiu em estudar as características da corrente de ar produzida pelo ventilador de um pulverizador hidropneumático, marca Hatsuta, modelo SS-420, acoplado a um trator Valtra Valmet, modelo 800 L (Figura 1). Esse tipo de equipamento hidropneumático é de baixa vazão de ar e amplamente utilizado para aplicação de agroquímicos na cultura do café.



Figura 1. Conjunto trator/pulverizador utilizado nos ensaios de estudo do fluxo de ar.

As medições foram feitas com o pulverizador nivelado, em local fechado com paredes laterais a 15 m de distância do local de trabalho. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas usando-se um termoigrômetro, marca Homis, modelo Termo-meter, e a velocidade do ar foi medida com um anemômetro de paletas, marca Kestrel 1000, com escala de medição de 0,3 a 40 m s⁻¹ e erro de ± 3%. A velocidade do ventilador foi medida, no centro do rotor, utilizando-se um tacômetro digital, marca Tako, modelo TD 303.

As variáveis foram analisadas com cinco velocidades angulares do rotor: 2.160 rpm, rotação máxima recomendada pelo fabricante, e 1.960, 1.860, 1.760 e 1.560 rpm. Nessas rotações foram medidos os parâmetros na saída do ventilador. No estudo do fluxo de ar fora do ventilador foram utilizadas as rotações de 2.160, 1.860 e 1.560 rpm.

Os ensaios de laboratório foram realizadas segundo a metodologia proposta por Sotolongo e Herrera (1986).

As variáveis avaliadas na saída do difusor foram os seguintes: velocidade do ar (ω), vazão do ar (Q) e uniformidade da velocidade do ar (η_1).

As medições da velocidade do ar foram feitas em toda a periferia da saída do ventilador, em 80 pontos, segundo o esquema da Figura 2. Cada ponto corresponde a uma área retangular determinada, ou seja, marcaram-se 16 pontos distribuídos na periferia do ventilador, e, em cada um deles, foram estabelecidos cinco pontos equidistantes - nomeados a, b, c, d, e e - cobrindo toda a largura da saída do difusor. Em cada ponto, as medições foram repetidas três vezes.

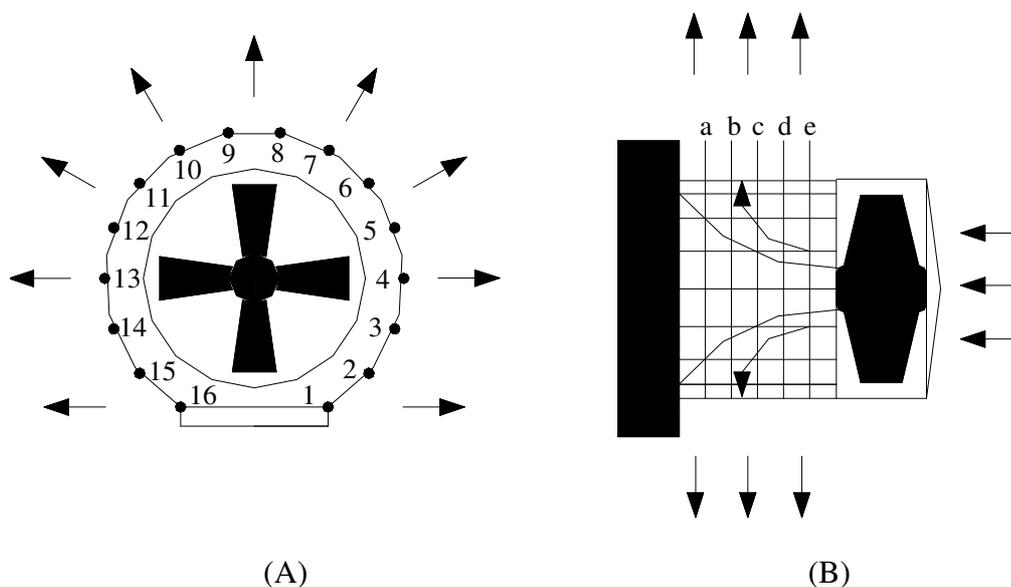


Figura 2. Pontos de medição da velocidade do ar na saída do difusor do ventilador - vistas frontal (A) e lateral (B).

A medição da velocidade do ar foi efetuada com um anemômetro cujo princípio é o da transdutância, modelo AVT/65. Suas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características técnicas do anemômetro

Parâmetros fornecidos	Escala de leitura
Constante de tempo	10 s.
Velocidade	0,125 a 50,0 m s ⁻¹
Leitura de velocidade	0 a 50 m s ⁻¹
Exatidão	± 0,5 % da escala selecionada
Repetitividade	< ± 1,0 % da leitura
Tempo de resposta ao fluxo	0,2 s.
Operação do sensor	0 a 93°C

A vazão de ar (Q) foi determinado pela Equação 1, proposta por Hinze (1950).

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \omega_{0i} \quad (1)$$

em que:

Q = vazão de ar, m³ s⁻¹;

a_i = áreas da seção onde se realiza as medições, m²; e

ω_{0i} = velocidade em cada ponto, m s⁻¹.

O coeficiente de uniformidade do ar representa a distribuição da velocidade na saída do ventilador (Figura 3). A variação se deve a fatores como o desenho do difusor, a existência ou não de defletores e a proximidade da parede do ventilador. Para isso, estabelece-se um fator que quantifica esse parâmetro, conforme a Equação 8 (BRAZEE, et al., 1981).

$$\eta_1 = \int_0^{B_{0m}} \frac{\omega_0}{\omega_{0m}} \frac{\partial B_{0m}}{B_{0m}} \quad (8)$$

em que:

η₁ = coeficiente de uniformidade da velocidade do ar;

ω₀ = velocidade do ar em cada ponto da abertura da saída do ventilador, m s⁻¹;

ω_{0m} = velocidade máxima do ar na seção, m s⁻¹;

B_{0m} = largura de saída, m; e

∂ = diferencial de integração.

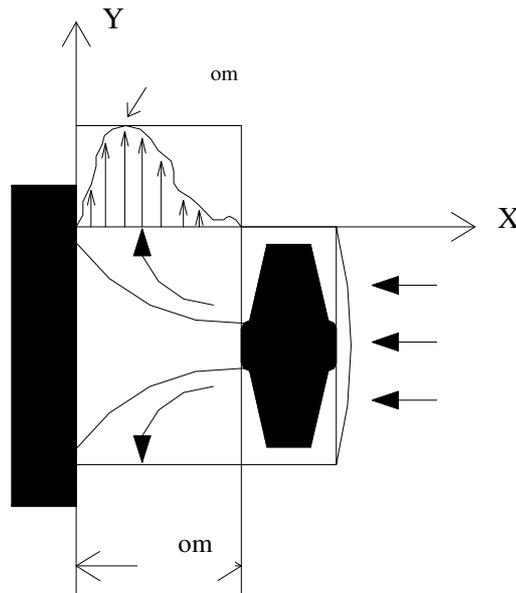


Figura 3. Esquema da velocidade do ar na periferia do ventilador após a passagem pelo rotor (vista de cima).

Os parâmetros da corrente de ar após a saída do ventilador foram determinados em local protegido, para evitar o efeito da corrente do ar externo. Foram feitas medições em três distâncias (0,8, 1,6 e 2,4 m) em relação à saída do difusor, no sentido longitudinal do deslocamento da corrente de ar. Em cada ponto determinado, fez-se a leitura em posições equidistantes de 0,05 m no sentido transversal ao deslocamento da corrente do ar, conforme a Figura 4.

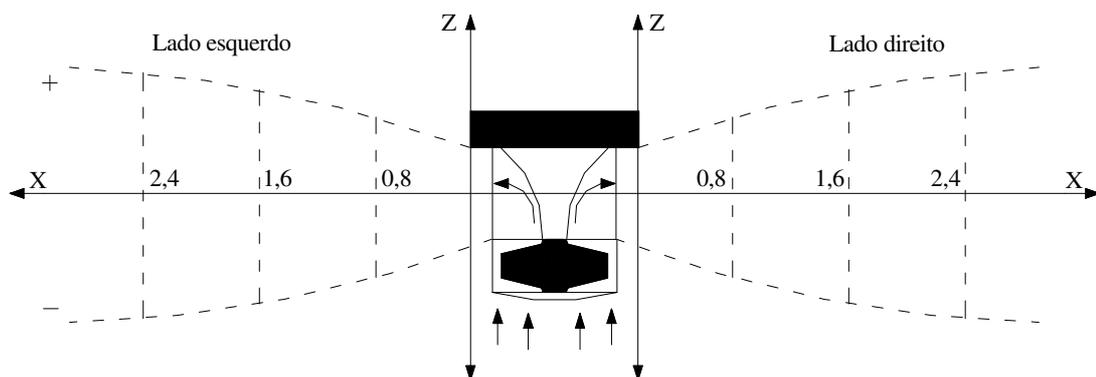


Figura 4. Vista superior do ventilador com os pontos de medição da velocidade do ar no sentido longitudinal (X) e transversal (Z) ao fluxo de ar, a partir da saída do ventilador.

No eixo X da Figura 4 estão representadas as distâncias em relação à saída do ventilador no sentido longitudinal do deslocamento do ar, e no eixo Z, a distância em relação ao eixo central, no sentido transversal à corrente. Convencionou-se que os valores obtidos nos pontos de medição opostos à entrada do ar no ventilador seriam

positivos e os valores obtidos nos pontos situados no lado da entrada do ar seriam negativos, partindo-se do ponto zero, correspondente ao eixo central.

As medições foram repetidas nas mesmas posições, porém em cinco alturas (0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 m) (Figura 5).

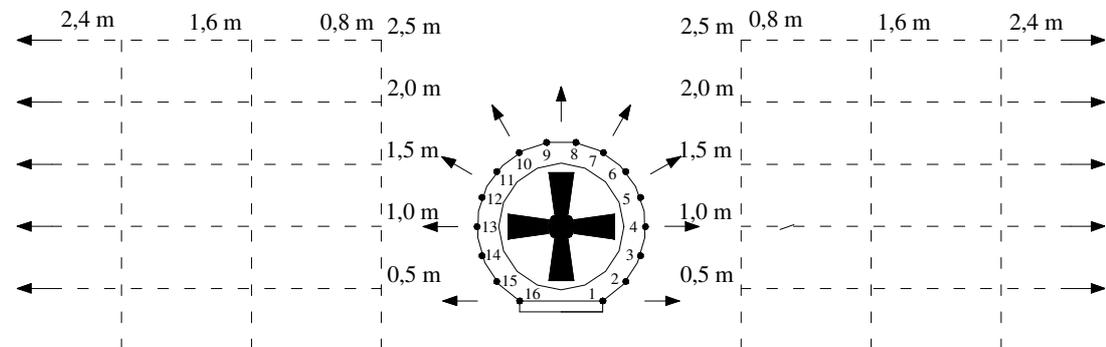


Figura 5. Altura de medições da velocidade do ar em relação à superfície do solo.

Para facilitar a localização dos pontos de medição, foram traçadas linhas no solo que permitiram determinar o eixo que passa pelo centro do ventilador no sentido longitudinal do deslocamento do ar, equivalente ao eixo X da Figura 4. Para isso, utilizou-se de um prumo determinando o centro da saída do ventilador, traçando no solo o eixo central passando por esse ponto, no qual foram marcados os locais de medição.

O anemômetro foi posicionado nos locais escolhidos, com auxílio de um suporte ajustável (Figura 6).



Figura 6. Suporte graduado para medição da corrente de ar.

Mediante uma escala graduada no eixo horizontal do suporte, foram localizados os pontos transversais ao deslocamento do ar para efetuar as medições. Com os dados obtidos plotaram-se os gráficos de velocidade em cada posição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve aumento proporcional da velocidade média em relação ao aumento da rotação do ventilador (Figura 7), como era de se esperar.

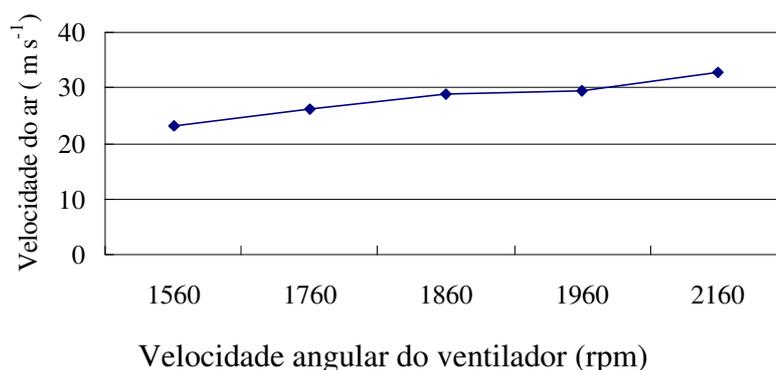


Figura 7. Velocidade média do ar do ventilador em distintos regimes de rotação do rotor.

A velocidade máxima foi de 32,72 km h⁻¹ na rotação de 2.160 rpm, decaindo gradativamente com a diminuição da velocidade do rotor, chegando ao mínimo de 23,07 km h⁻¹ na rotação de 1.560 rpm.

A distribuição radial da velocidade do ar (Figura 2), está representada nas Figuras 8 a 12. Nas cinco velocidades, as curvas de comportamento do ar são similares, com tendência a serem menores, como era de se esperar, ao diminuir a rotação do ventilador (Figura 7).

Na seção “a”, a mais afastada do rotor do ventilador, os valores de velocidade foram maiores que nas outras; por outro lado, na seção “e”, a mais próxima do rotor, as velocidades do ar foram menores, com diferenças variando de 5 a 8 m s⁻¹ com o rotor a 2.160 rpm (Figura 8). Isso se explica pela mudança brusca da direção do ar dentro do difusor, passando de axial para radial, provocando inércia do ar ao manter o fluxo, mudando de sentido. Esse fenômeno influencia o coeficiente de uniformidade da velocidade de saída e, posteriormente, a formação da corrente de ar.

Nos pontos 1 e 16 as velocidade foram maiores, o que se deve ao fato de o ventilador não ter saída pela parte inferior, reforçando a velocidade nesses pontos.

A velocidade do ar foi maior no lado direito do ventilador, nos pontos de medição de número 1 a 8, em média de 6 m s^{-1} . Esse fenômeno está relacionado com o sentido horário de rotação do ventilador, e com a impossibilidade de vazão do ar pela parte inferior do difusor, o que provoca uma diferença no funcionamento de ambos os lados do ventilador, conforme reportado por Herrera e De las Cuevas (2002).

Na parte superior do ventilador, entre os pontos 7 e 11, houve tendência de diminuição da velocidade do ar, devido ao desenho do equipamento.

Nas demais rotações do rotor, o comportamento da velocidade do ar foi semelhante, diminuindo apenas a velocidade média com a diminuição da rotação (Figuras 9 a 12).

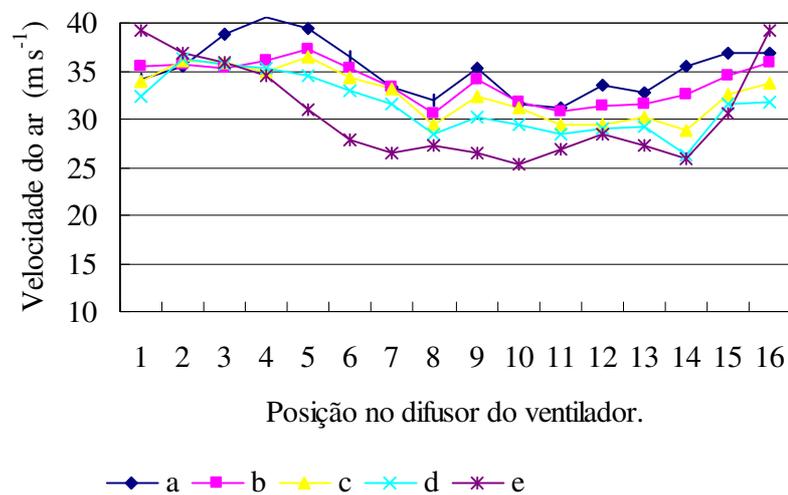


Figura 8. Velocidade do ar na saída do ventilador nas seções a, b, c, d e e, com a velocidade do rotor de 2.160 rpm.

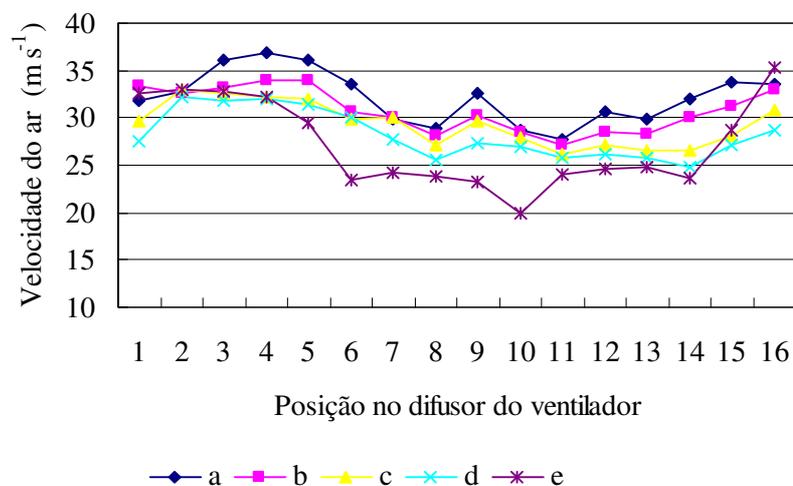


Figura 9. Velocidade do ar na saída do ventilador nas seções a, b, c, d e e, com a velocidade do rotor de 1.960 rpm.

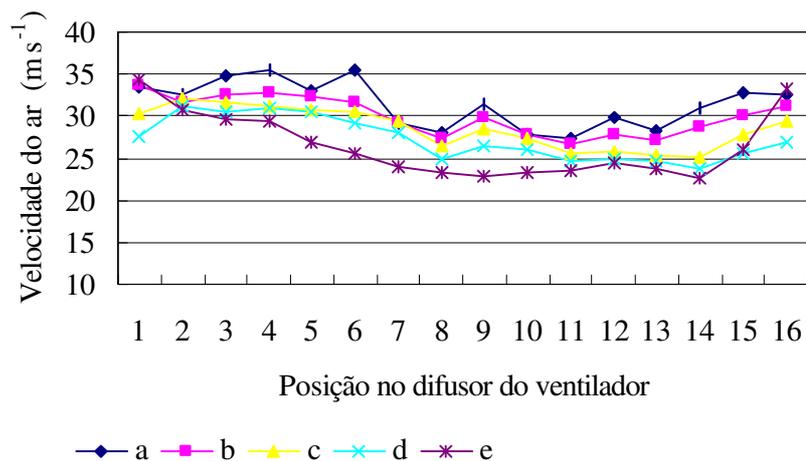


Figura 10. Velocidade do ar na saída do ventilador nas seções a, b, c, d e e, com a velocidade do rotor de 1.860 rpm.

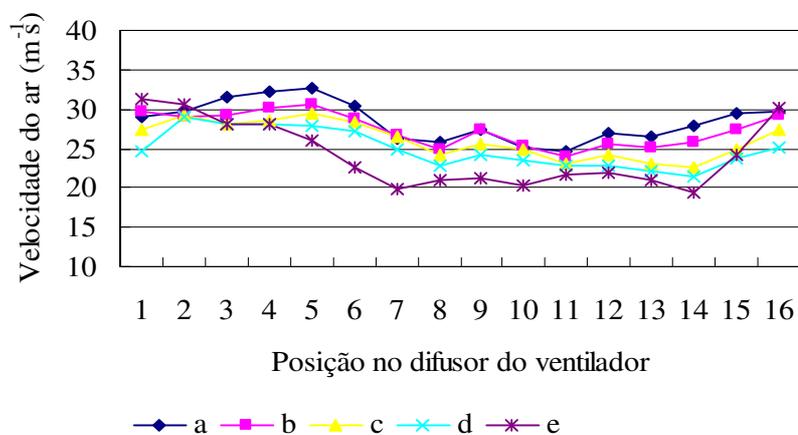


Figura 11. Velocidade do ar na saída do ventilador nas seções a, b, c, d e e, com a velocidade do rotor de 1.760 rpm.

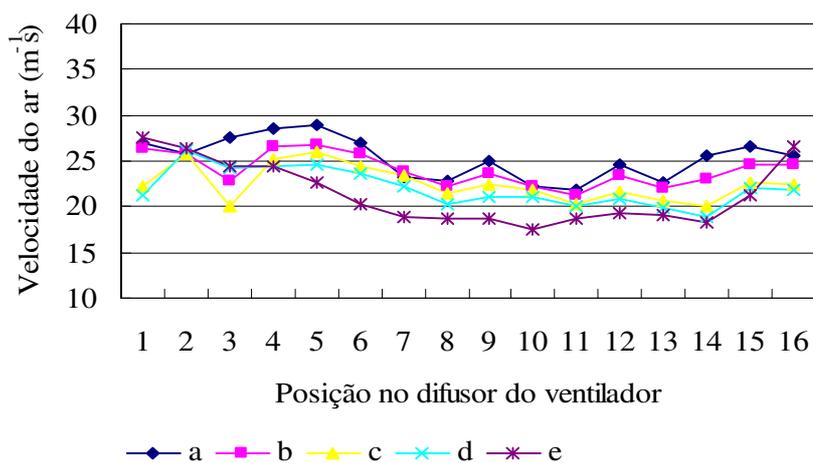


Figura 12. Velocidade do ar na saída do ventilador nas seções a, b, c, d e e, com a velocidade do rotor de 1.560 rpm.

Na rotação de 2.160 rpm a vazão total foi de $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Tabela 2). O lado direito apresentou, em média, uma vazão 5% superior à do lado esquerdo, nas cinco rotações. Essa diferença é baixa e, portanto, não significativa na redução qualidade

da cobertura da árvore pela corrente de ar. Contudo, considerando-se que a variação da velocidade influencia a corrente de ar, esta tem efeito na distribuição do agrotóxico na planta, que é um importante fator a ser analisado (SOTOLONGO e HERRERA, 1986).

Tabela 2. Vazão de ar proporcionado pelo ventilador em diferentes rotações

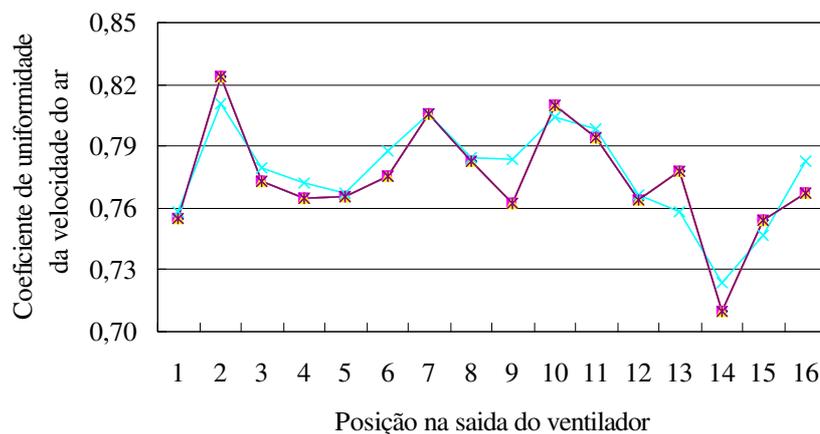
Rotação (rpm)	Vazão do ventilador ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		
	Lado direito	Lado esquerdo	Total
1560	1,85	1,66	3,52
1760	2,12	1,88	4,00
1860	2,32	2,06	4,39
1960	2,37	2,14	4,51
2160	2,62	2,37	5,00

O coeficiente de uniformidade representa a distribuição da velocidade do ar ao sair pelo difusor do ventilador. O gráfico da Figura 13 representa o valor desse coeficiente para os 16 pontos medidos nos cinco regimes de rotação estudados. Em geral, o comportamento é similar nos cinco regimes de rotação. No caso de 1.760 rpm, a curva não coincide com os demais em alguns pontos. Os valores se situam entre o máximo de 0,82 e o mínimo de 0,76. Esta faixa de valores para esse tipo de equipamento é considerada boa, uma vez que o máximo alcançado em equipamentos comerciais é 0,835 (BRAZEE, et al., 1981).

Comparando o lado direito (1 ao 8) do pulverizador com o esquerdo (9 ao 16), observa-se uma tendência a maiores valores do coeficiente de uniformidade no primeiro. Isso coincide com o lado onde ocorre maior vazão de ar, donde infere-se que existe uma relação com o aumento do coeficiente ao ocupar a saída do difusor com maior vazão de ar.

O maior coeficiente (0,82) ocorreu no ponto 2. Este representa uma posição próxima da zona inferior do difusor, que ficou sob influência do ar que não sai pela parte inferior do ventilador e foi forçado a sair por esse lugar pela rotação do ventilador. O menor coeficiente (0,71) foi no ponto 14, no lado esquerdo do ventilador, que coincide com a zona de menor fluxo de ar.

Os pontos de menor fluxo de ar apresentam também o menor coeficiente de uniformidade. Uma possível solução seria dotar o ventilador de defletores com o redirecionamento do ar com o objetivo de uniformizar o fluxo em toda a extensão da saída do rotor.



—+ 2160 rpm —■ 1960 rpm —▲ 1860 rpm —× 1760 rpm —* 1560 rpm

Figura 13. Coeficiente de uniformidade da velocidade do ar na saída do ventilador em cinco rotações do rotor.

Na Tabela 3 podem-se observar as médias do coeficiente de uniformidade da saída do ar para o lado direito e esquerdo e total do ventilador. Constata-se um coeficiente médio de 0,78 para todas as rotações do rotor. Isso demonstra que esse coeficiente depende fundamentalmente do desenho do difusor e da relação da largura de saída com a quantidade de ar que o rotor impulsiona. Como já foi comentado, trata-se de um valor ótimo para esse pulverizador comercial.

No lado direito do ventilador, coeficiente foi de 0,79 em todas as rotações, exceto com 1.760 rpm, que foi de 0,78. No lado esquerdo, o valor foi de 0,77 em todas as rotações do rotor, ficando o valor médio em 0,78. Em geral, o valor do coeficiente de uniformidade do lado direito é maior que o esquerdo em 0,02.

Tabela 3 - Coeficiente de uniformidade média na saída do ventilador

Rotação (rpm)	Lado direito		Lado Esquerdo		Geral
	Uniformidade	Desv.Pad	Uniformidade	Desv.Pad	
2160	0,79	0,02	0,77	0,03	0,78
1960	0,79	0,02	0,77	0,03	0,78
1860	0,79	0,02	0,77	0,03	0,78
1760	0,78	0,02	0,77	0,03	0,78
1560	0,79	0,02	0,77	0,03	0,78

Neste trabalho foi analisada apenas a corrente de ar produzida pelo lado esquerdo do ventilador. Os valores encontrados são apresentados na Figura 14 (A, B e C), que correspondem 2.160, 1.860 e 1.560 rpm do rotor do ventilador, respectivamente.

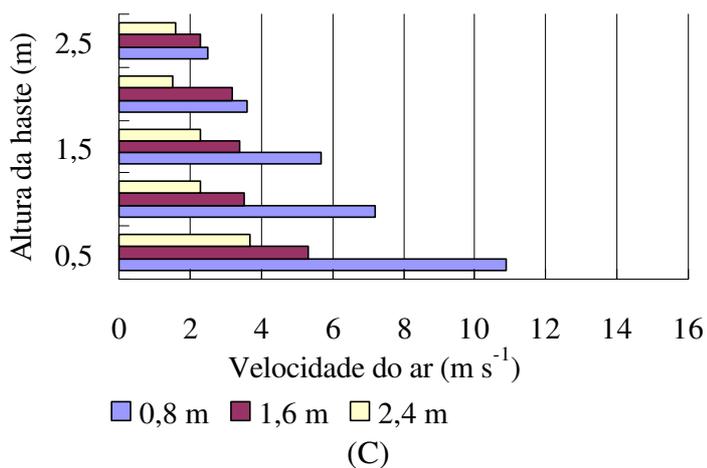
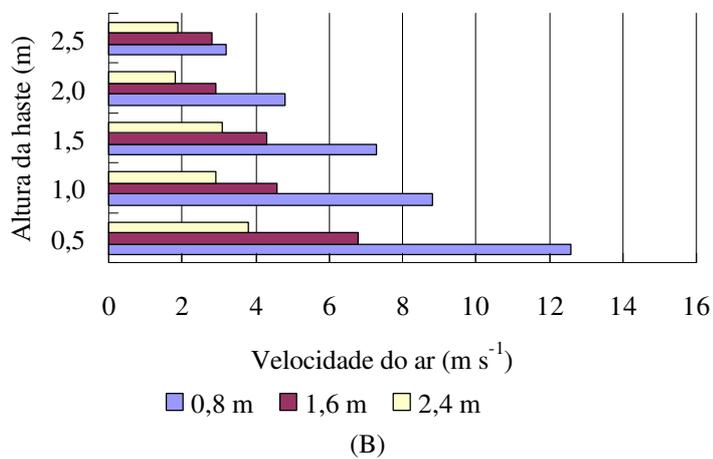
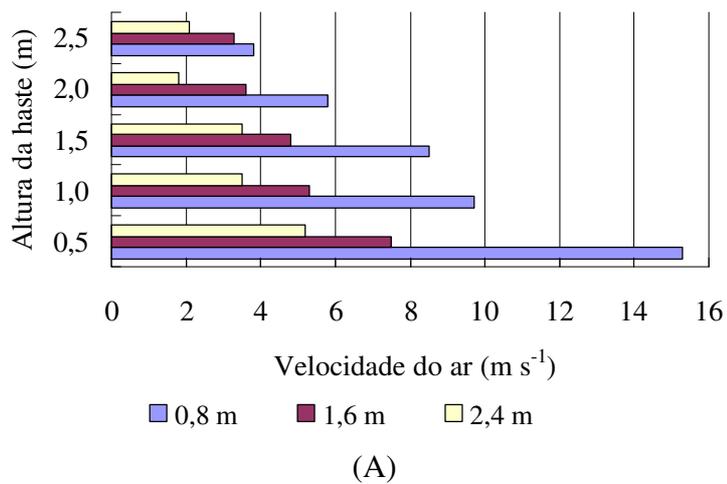


Figura 14. Velocidade do ar no plano vertical, no lado esquerdo, com o rotor a 2.160 (A), 1.860 (B) e 1.560 rpm (C), nas distâncias de 0,8, 1,6 e 2,4 m em relação à saída do ventilador.

A velocidade diminuiu de 15 m s^{-1} , a $0,5 \text{ m}$ de altura, para $3,8 \text{ m s}^{-1}$, a $2,5 \text{ m}$ de altura, na distância horizontal de $0,8 \text{ m}$ em relação ao ventilador (Figura 14 A)

A $1,6 \text{ m}$ de distância, o decréscimo da velocidade foi mais acentuado na faixa compreendida entre $0,5$ e $1,5$ metro de altura. Acima desta faixa, houve tendência de estabilização. Os valores da velocidade ficaram compreendidos entre $7,7 \text{ m s}^{-1}$, a $0,5 \text{ m}$ de altura, e $3,3 \text{ m s}^{-1}$, a $2,5 \text{ m}$.

A $2,4 \text{ m}$ do ventilador, a queda de velocidade foi menor, variando de $5,2 \text{ m s}^{-1}$, a $0,5 \text{ m}$ de altura, a 2 m s^{-1} , na altura de $2,5 \text{ m}$.

Na Figura 14 (B) observa-se a variação da velocidade do ar com o rotor do ventilador a 1.860 rpm . As velocidades máximas foram menores que as da rotação anterior, como era de se esperar. Houve queda de velocidade de $12,5 \text{ m s}^{-1}$ para $3,3 \text{ m s}^{-1}$ nas alturas compreendidas entre $0,5 \text{ m}$ e $2,5 \text{ m}$, na distancia de $0,8 \text{ m}$ do ventilador.

Na distância de $1,6 \text{ m}$, o decréscimo foi mais acentuado na faixa de $0,5$ e 1 m . Nas alturas compreendidas entre $0,5$ e $2,5 \text{ m}$ a velocidade variou de $6,8$ a 3 m s^{-1} .

Na distância de $2,4 \text{ m}$, a velocidade do ar variou de $2,8$ a $1,9 \text{ m s}^{-1}$ na altura mínima e máxima, respectivamente; como se observa, o perfil da velocidade tem menos gradiente, apresentando maior uniformidade.

A Figura 14 (C) corresponde à velocidade do ar com o rotor do ventilador a 1.560 rpm . As velocidades, apesar de menores, apresentaram tendência similar à das anteriores. Houve menor diferença da velocidade do ar entre as distâncias de $1,6$ e $2,4 \text{ m}$.

CONCLUSÕES

- A vazão total de ar foi de $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo considerado um ventilador de baixa vazão de ar na categoria dos pulverizadores hidropneumáticos.
- O coeficiente médio de uniformidade da velocidade do ar na saída do ventilador é compatível com as exigências para os ventiladores comerciais.
- O lado direito apresentou, em média, uma vazão de ar 5% superior ao lado esquerdo.
- Houve diferença da velocidade do ar na seção de saída do ventilador de acordo com a posição em relação ao rotor, atingindo valores maiores nas seções mais distantes.

- A velocidade do ar variou de acordo com o lado do ventilador.
- Existe uma desigualdade em função do perfil anemométrico em relação à altura, sendo mais acentuado nas posições mais próximas da saída do ventilador.

BIBLIOGRAFIA

ABRAMOVICH, G.N. **The Theory of turbulent jets**. Fitzmatgiz.(ed) Schindel, L.H. MIT.Press. 1963, 671p.

BRAZEE, R.D.; FOX, R.D.; REICHARD, D.L.; Hall, F.R.. Turbulent Jet Theory Applied to air sprayers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.24 n. 2. p. 266-272, 1981.

DERKSEN, R.C.; BRETH, D.I. Orchard air-carrier spray application accuracy and spray coverage evaluations. **App.Eng. Agri**. v.10. n.4, p. 463-470, 1994.

Di PRINZIO, A.; BEHMER, S.; GIULIETTI, L.; MAGDALENA, J.C. **Perdidas provocadas por pulverizadores hidroneumáticos en fruticultura. Memorias de Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ambito Latinoamericano**. Editorial Board. La Plata. 1998.115p.

HALL, F. **Application to plantation crops.In:** Application technology for crop protection. Cab International. Wallingford1993. p. 187-211.

HERRERA, M.I ; De las CUEVAS, H.M. Analisis de la velocidad del aire en la corriente de las asperjadoras utilizadas en frutales. Revista **Ciencias Técnicas Agropecuarias**. La Habana, Cuba v. 2 n.2. p.151-162, 2002.

HINZE J.O. Turbulence, Mc Graw-Hill Book Company, INC. NY, 1950. p. 376-439.

KURDOV, Z.; KAPITANOV, D. Resultado de algunas investigaciones sobre los ventiladores axiales y radiales para asperjadoras de tractor. **Sieljoztopanska Tejnika**. Moscú. v. 5. p. 105-114. 1968.

RANDALL, J.M. The relationship between air volumen and pressure on spray distribution on fruit trees. **Journal Agric. Engr. Res**. v. 16 n.1. p. 1-31, 1971.

SOTOLONGO, I.; HERRERA, M. Caracterización de la corriente de aire de una asperjadora de ventilador en el plano horizontal. **Ciencias Técnicas Agropecuarias**. La Habana, Cuba v. 1, p. 1-12. 1986.

WALKLATE, P.J.; RICHARDSON, G.M.; CROSS, J. V.; MURRAY, R.A. Relationship between orchard tree crop structure and performance characteristics of na axial fan sprayer. In **Pesticide application: Aspects of Applied Biology J.V**. CROSS, A.J. GILBERT, C. R. GLASS, W. A. TAULOR, P.J. WALKLATE, and N. M. WESTERN, eds. WARWICK, U.K.: Wellesbourne. 2000. v.57. p. 285-292.

PARÂMETROS RASTREÁVEIS DE APLICAÇÃO COM PULVERIZADOR HIDROPNEUMÁTICO PARA A CULTURA DO CAFÉ

RESUMO

O controle de praga depende não somente da quantidade de ingrediente ativo depositado no alvo, mas também da sua uniformidade de distribuição. Desse modo, este trabalho objetivou estudar a influência dos parâmetros de aplicação na população de gotas de pulverização hidropneumática para estabelecer critérios rastreáveis em processo de certificação. Foi estudado a influência do bico hidráulico, a pressão de trabalho e a velocidade do ventilador na população de gotas. A cobertura proporcionada pelo pulverizador na faixa entre 0,8 e 2,4 m de distância da saída do ventilador foi de 12% e 2,2% nas alturas de 0,5 e 2,5 m, respectivamente, na rotação do rotor de 1.860 rpm. Nessas condições, as densidades de gotas foram de 284 e 84 gotas cm^{-2} , e os DMVs, de 237 e 180 μm . Na distância de 0,8 m em relação ao ventilador, a cobertura foi de 18,6% e 5,04% com a velocidade do rotor de 1.860 e 2.160 rpm, respectivamente, na altura de 0,5 m e pressão de 1.034 kPa. Houve tendência de aumento da porcentagem de cobertura, densidade de gotas e DMV com a diminuição da velocidade do ventilador, em todas as posições amostradas.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, densidade de gotas, diâmetro de gotas.

TRACEABLE PARAMETERS FOR AGROTOXICANT APPLICATION WITH HYDROPNEUMATIC SPRAYER IN COFFEE CROP

ABSTRACT

The pest control depends from either the amount of the active ingredient deposited on the target, as well as its distribution uniformity. So, this study was carried out to evaluate the influence of the application parameters on the hydropneumatic spray drop population, in order to establish traceable criteria in the certification process. The influence of the hydraulic nozzle, working pressure, and fan speed on the drop populations. The covering provided by the sprayer within the range from 0.8 and 2.4 m distance from the outlet of the fan were 12% and 2.2% at

heights of 0.5 and 2.5 m respectively, at the rotor rotation of 1860 rpm. Under these conditions, the drop densities were 284 and 84 drops cm^{-2} , and DMVs of 237 and 180 μm . At 0.8m distance in relation to the fan, the covering reached 18.6% and 5.04% at the rotor speed of 1860 and 2160 rpm respectively, at 0.5m height and 1034 kPa pressure. As the speed of the fan decreased, there was a tendency for the covering percentage, drop density, and DMV to increase at all sampled positions.

Keywords: application technology, drop densities, drop diameters.

INTRODUÇÃO

Ao longo das ultimas décadas, os métodos de aplicação de agrotóxicos e os equipamentos melhoraram a acuracia das aplicações. No entanto, ainda são muitos os casos de aplicações ineficientes, causando excesso ou déficit da quantidade de ingrediente ativo a atingir a praga, com sérios problemas para o ambiente (ZHU et al., 1997; DERKSEN et al., 2001).

A busca por alimentos cada vez mais saudáveis faz de extrema importância não só o conhecimento do produto a ser aplicado, mas também o necessário domínio da tecnologia de aplicação, ou seja, determinar os parâmetros que possam ser rastreados no contexto da certificação de origem dos produtos agrícolas (TEIXEIRA et al., 2003). A tecnologia de aplicação tem por objetivo colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais segura e econômica possível (MATTHEWS, 2002).

A utilização de técnicas mais eficientes e a adequação do equipamento aplicador às características da cultura possibilitam diminuir a quantidade total do produto a ser introduzido no ambiente e reduzir, proporcionalmente, todos os problemas relacionados a essa prática (MATUO, 1985). Portanto, a utilização dos agrotóxicos deve ser feita de maneira racional, evitando-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal e o aparecimento de pragas e doenças resistentes.

Aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo, com gotas de tamanho apropriado, pois o tamanho delas afeta o movimento do jato em direção ao alvo e a deposição da calda (SALYANI, 1988; FAROOQ et al., 2001).

Para determinar a porcentagem de cobertura e a deposição nas folhas ou outras partes da planta resultante de uma pulverização de agrotóxico, é imprescindível coletar, medir e avaliar a penetração das gotas no dossel (BARRY, 1993).

Várias superfícies artificiais são descritas como dispositivo padrão para determinação da deposição de gotas. Uk (1986) afirma que essas superfícies artificiais são selecionadas com base na conveniência e habilidade para visualização das gotas. Em muitos casos, essas superfícies são adaptadas, o que faz necessário serem reexaminadas cuidadosamente para a sua utilização em condições específicas.

Dentre as superfícies usadas para a amostragem da população de gotas, destacam-se o papel kromekote e o papel fotográfico, cuja qualidade é controlada. Nesses casos, alguns corantes, como a croceína vermelha ou a negrosina, têm sido adicionados às caldas para melhor visualização das manchas (CHAIM et al. 1999).

Reichard (1990), em trabalho de quantificação de gotas, analisou manchas impressas no papel kromekote usando o corante alimentício (FD & C blue no. 1, produzido pela Werner Jenkinsen Co.) na solução. Segundo o autor, o contraste proporcionado pelo corante foi suficiente para permitir a individualização das manchas.

Um coletor muito utilizado e que se encontra disponível no mercado são as etiquetas sensíveis à água. Elas são impregnadas com o corante azul de bromofenol, que na sua forma não-ionizada apresenta coloração amarela e que, em contato com a água, ioniza, adquirindo forte coloração azul (CIBA-GEIGY, 1994). No entanto, Panneton (2002) salienta que a leitura desse papel em condições de alta porcentagem de cobertura da superfície é difícil. O principal problema que ocorre nesses casos se deve ao fato de que o fundo amarelo tende a ficar verde; quando isso acontece, o contraste entre as áreas manchadas (azul) e as não manchadas (amarelo-verde) não é suficientemente forte, dificultando as leituras.

Vários outros tipos de material são utilizados com essa finalidade. No entanto, a dificuldade na escolha de coletores adequados e a falta de correlação entre eles são obstáculos nas avaliações das aplicações (CARVALHO e FURLANI JUNIOR, 1997).

O coletor considerado padrão, segundo Mathews (1982), consiste na queima de tiras de magnésio metálico sob a superfície de uma lâmina de vidro, formando uma película de óxido de magnésio. O líquido, ao impactar essa superfície, forma

crateras, que apresentam uma relação constante entre o seu diâmetro e o diâmetro da gota original, em uma faixa compreendida entre 20 e 200 μm (CHAIM et al., 1999). Maksymiuk e Moore (1962) encontraram um fator de espalhamento, para o óxido de magnésio, equivalente a 1,15, com correlação linear entre gotas esféricas e manchas de gotas compreendidas entre 40 e 1.000 μm de diâmetro.

A determinação da dimensão das gotas pode ser feita utilizando várias técnicas, desde as mais antigas, com microscópios de bolso com um retículo, até as mais modernas, com raios laser (MATHEWS, 1982).

Nos métodos que produzem mancha ou impressão, Parkin e Siddiqui (1993) recomendam que se use um procedimento de calibração para determinar a relação entre o diâmetro da gota original e a mancha ou impressão. A calibração deve levar em consideração a influência da formulação líquida e o meio de recolhimento ou amostragem. A calibração para uma determinada formulação e meio de amostragem deve-se realizar pela comparação com um meio de características conhecidas (BERGLUND e LIU, 1973).

O controle de inseto depende não somente da quantidade de material depositado no vegetal mas também da uniformidade de cobertura da superfície-alvo, do padrão de deposição e do momento de aplicação (McNICHOL et al., 1997).

Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade da deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, seja ela horizontal seja vertical. Esse fato afeta a eficácia e compromete os resultados dos tratamentos (COATES e PALUMBO, 1997; GUPTA e DUC, 1996; PERGHER et al., 1997).

Vários fatores podem afetar o padrão de deposição. Spilmann (1979) estudou a aerodinâmica da captura de gotas. Mostrou que o movimento das partículas no ar está submetido a arrasto aerodinâmico e que esse arrasto depende não só do tamanho e da forma das partículas mas também da relação das forças de inércia provenientes dos movimentos do ar em torno das partículas e da viscosidade do ar. Murphy et al. (2000) acrescentam ainda que o desvio da trajetória das partículas liberadas durante a aplicação é influenciado pela velocidade dos ventos e pela velocidade de deslocamento do equipamento de aplicação.

Sidahmed e Brown (1993) usaram para modelar jatos de ar e prever a trajetória de gotas de um pulverizador hidropneumático, um programa computacional para dinâmica de fluidos. As simulações permitiram prever que todas as gotas na

faixa de 50 a 200 μm permaneceram na parte central do jato até 10 m de distância do pulverizador. Whitney e Salyani (1991), em estudo de caracterização de deposição da pulverização com vários tipos de pulverizadores, concluíram que a quantidade e uniformidade da deposição das gotas de pulverização diminuíram com o aumento da distância em relação ao pulverizador.

Outro estudo sobre uniformidade de distribuição foi conduzido por Giles et al. (1989). Os autores estudaram a deposição originada de bicos distribuídos no topo, na posição central e na base da barra porta-bicos posicionada ao longo da saída de um pulverizador axial. Observaram que o bico da base depositou mais líquido que o da parte intermediária ou do topo, embora os bicos fossem idênticos.

A uniformidade da deposição no interior dossel da planta é outro fator de importância a ser considerado. Derksen e Gray (1995) investigaram o efeito da rotação do ventilador na velocidade do ar e na uniformidade da deposição no interior do dossel. Verificaram que houve aumento da deposição nas partes mais altas com o aumento do volume de ar, mas, não encontraram boa correlação entre a velocidade do ar e a deposição da calda.

Cross (1991) observou maior deposição em macieiras quando a velocidade do ventilador foi reduzida em 40%. Salyani et al. (1988) concluíram que houve mais deposição no exterior do que no interior do dossel da planta para todos os volumes de pulverização quando as plantas cítricas eram pulverizadas usando um pulverizador hidro-pneumático. Em volumes de aplicação menores, houve aumento relativo de deposição nas folhas internas em relação às demais.

A velocidade de deslocamento do equipamento é outro fator que influencia de forma significativa a deposição de uma pulverização (MURPHY et al., 2000). Salyani e Hoffmann (1996), em trabalho de caracterização do perfil da velocidade do ar de um pulverizador parado e em movimento, concluíram que o pulverizador em movimento tem velocidade de ar menor que o estacionado. O movimento do equipamento deslocou a coluna de ar e diminuiu sua intensidade ao atingir os pontos de medição. A deposição diminuiu à medida que se distanciou do pulverizador.

Portanto, a tecnologia de aplicação deve levar em consideração todas as características do equipamento que influenciam a qualidade das aplicações. A determinação dos parâmetros de trabalho faz-se necessário na busca da eficácia dos tratamentos no processo de produção.

Este trabalho objetivou estudar o coeficiente de espalhamento da gota em uma etiqueta amostradora de papel revestida de plástico, e os parâmetros da população de gotas de pulverização proporcionados por um pulverizador hidropneumático utilizado na cultura de café.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV e na fazenda Jatobá do Sr. Edson Schuwanback, localizada nesse município.

A determinação das posições, local de estudo da distribuição espacial da calda de pulverização, em laboratório, foi feita considerando-se as dimensões dos cafeeiros. Para isso, realizou-se um estudo biométrico de plantas de café de várias idades. Esse estudo foi realizado na fazenda Jatobá, em lavoura de café irrigada, variedade Catuaí, com espaçamento de 3,0 x 0,7 m, em talhões de três, quatro e cinco anos de idade.

Em cada talhão foram medidas 25 plantas. Mediu-se a altura máxima de cada planta no centro da copa e o diâmetro na posição equivalente a 2/3 da altura total da planta em relação ao solo. As medições de diâmetro foram feitas sempre no sentido transversal à linha de plantio.

As médias foram submetidos ao teste t de student a 95% de significância e apresentados em gráfico, cujo comportamento da curva foi utilizado como base para a identificação das posições de estudo da distribuição espacial das gotas em laboratório.

Para obter uma superfície amostradora de deposição de gotas de baixo custo e fácil manuseio, conduziu-se um estudo do espalhamento das gotas em superfície de papel revestida de plástico, de 25 x 75 mm, preparadas com material adquirido no mercado local, de marca comercial “contact”.

Para produção de gotas de tamanho conhecido utilizou-se uma microseringa manual, marca S.G.E, fabricada pela Scientific Glass Engineering PTY. LTD, com capacidade de um microlitro e acurácia de 0,01 microlitro.

Ao se iniciar o processo de formação das gotas, efetuou-se a secagem da ponta da microseringa com papel-toalha para eliminar o excesso de líquido ali

acumulado. A primeira gota formada foi depositada em uma etiqueta à parte e descartada, com o objetivo de manter o padrão de tamanho para as demais.

Para certificar de que apenas a gota formada na extremidade da agulha pudesse entrar em contato com a etiqueta, foi necessária a utilização de uma lupa manual, para melhorar a visualização. Procurou-se manter sempre o mesmo ângulo de inclinação da agulha ao depositar a gota.

Após cinco minutos, tempo suficiente para as gotas secarem, procedeu-se a medição das manchas resultantes com uma lupa microscópica marca Olympus, modelo SZ-40, de iluminação incidente e ocular micrométrica calibrada com uma lâmina de calibração Olympus, cujo fator de correção foi de 0,42.

A determinação dos diâmetros das manchas foi feita por varredura da superfície coletora, com o enquadramento das manchas, de maneira individual, no retículo da lupa. Foram feitas as medições do eixo maior e do menor, e considerada a média das duas leituras. Posteriormente, os valores encontrados foram corrigidos pelo fator de correção da calibração do equipamento, para obter o tamanho real.

O fator de espalhamento das etiquetas de papel “contact” foi determinado com um ensaio onde aplicou um delineamento em blocos casualizado com seis repetições. O líquido utilizado para a formação das gotas foi água e calda inseticida.

A calda inseticida foi preparada diluindo-se o inseticida cartap 500 PS na proporção de 2,5 g L⁻¹ de água, conforme recomendação do fabricante. À calda foi adicionado agente tenso ativo Haiten, na proporção de 0,3 mL L⁻¹.

Para melhor visualização das gotas nas etiquetas, foi adicionado à água e à calda inseticida o corante preto, marca Guarany, recomendado para tintura de tecidos, na proporção de 10 g L⁻¹. O corante foi previamente dissolvido em água fervente, conforme a recomendação do fabricante.

Seis etiquetas foram utilizadas, constituindo cada uma um bloco. Utilizando-se a microsseringa, foram produzidas sete categorias de gotas de diâmetro conhecido (entre 250 e 900 µm), que foram os tratamentos. Elas foram depositadas, de maneira aleatória, em regiões previamente delimitadas nas etiquetas (Figura 1).

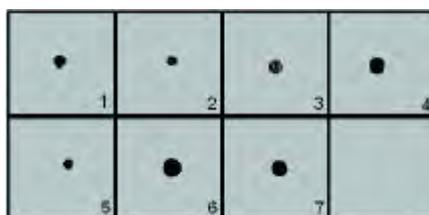


Figura 1 - Etiqueta de papel “contact” com gotas de água com corante.

Para estimar o diâmetro da gota em função do espalhamento, foram testados dois modelos de regressão: linear simples e linear de segundo grau, utilizando-se o programa computacional Saeg versão 8,0.

O modelo escolhido foi o que apresentou a menor falta de ajuste a 1% de significância pelo teste F.

Foi realizado um estudo comparativo entre manchas geradas no papel “contact” e crateras originadas em lâminas recobertas com óxido de magnésio, utilizando-se gotas de tamanho real produzidas pela microseringa, usando água com corante.

A cobertura das lâminas de vidro foi realizada segundo a metodologia proposta por Matthews (1982), que consiste na queima de três tiras de magnésio metálico com 10 cm de comprimento, 3 mm de largura e 99,5% de pureza, sob a lâmina. Cuidado especial foi necessário ao se depositar as gotas, pois o contato da ponta de metal da seringa na superfície da lâmina provocava danos na camada de óxido de magnésio, sendo necessário o descartá-las. A metodologia para deposição e medição das gotas foi a mesma adotada para as etiquetas de papel “contact”.

As condições ambientais foram monitoradas durante os ensaios, com um psicrômetro de ventilação forçada, marca HI.

Optou-se pela microseringa por produzir gotas de tamanho controlado, ao contrário das pulverizações em que se trabalha com o diâmetro da mediana volumétrica (DMV). Neste caso, podem ser encontradas gotas de tamanhos variados e apenas uma gota de tamanho anormal pode mascarar os resultados.

A gota, quando colocada na superfície, evita o fenômeno do ricocheteamento, que ocorre nas camadas com óxido de magnésio, conforme relatado por Matthews (1982). Não se sabe se o mesmo fenômeno ocorre em outros tipos de alvos artificiais (CHAIM et al., 1999). Outro problema que normalmente pode ocorrer é que, dependendo do ângulo com que as gotas são depositadas, as impressões causadas nos alvos artificiais podem assumir formas irregulares, difíceis de medir.

Ensaio preliminar

Foi conduzido, no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de determinar as características gerais da aplicação proporcionada pelo pulverizador

hidropneumático, para a escolha de parâmetros mais desejáveis para os ensaios subsequentes.

Utilizou-se um pulverizador hidropneumático, marca Hatsuta, modelo SS 420, equipado com ventilador axial e vazão máxima de $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, acoplado a um trator Valtra Valmet 800 L (Figura 2).



Figura 2. Conjunto trator/pulverizador utilizado nos ensaios.

Este tipo de equipamento hidropneumático é de baixa vazão de ar, destinado à aplicação de agroquímicos na cultura do café.

A velocidade do vento foi monitorada constantemente com um anemômetro de pás, marca Kestrel 1000, com escala de medição de $0,3$ a 40 m s^{-1} e erro de $\pm 3\%$.

O ensaio foi conduzido em duas etapas: adotou-se na primeira a combinação entre dois jogos de bicos (JA-1 e JA-2), quatro pressões de trabalho (414, 620, 1.034 e 1.448 kPa) e três velocidades de deslocamento do trator (2,18, 4,16 e $6,35 \text{ km h}^{-1}$). A velocidade do ventilador foi de 2.160 rpm.

A segunda etapa teve como objetivo verificar a influencia da velocidade do ventilador na distribuição da calda. Mantiveram-se as mesmas combinações da primeira etapa, modificando-se apenas a velocidade do ventilador para 1.860 rpm.

Como superfícies amostradoras para a deposição da pulverização foram utilizadas etiquetas de papel sensível à água, produzidas pela Syngenta e distribuídas pela Spraying Systems Co, com as dimensões de $26 \times 76 \text{ mm}$, e etiquetas de papel revestido com plástico.

As etiquetas foram fixadas com fita adesiva em ripas de madeira com as dimensões de $3 \times 60 \text{ cm}$. Em cada ripa foram fixadas uma etiqueta de papel plastificado e uma sensível à água, enumeradas, de acordo com o tratamento (Figura 3).



Figura 3. Etiquetas amostradoras de papel sensível a água e papel “contact” dispostas nas ripas.

Para posicionar as ripas com as etiquetas amostradoras nos locais desejados, foram construídos suportes de madeira com 2,5 m de altura e 0,6 m de largura com encaixes para as ripas nas alturas de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 m em relação ao nível do solo. Os suportes foram posicionados a 0,8, 1,6 e 2,4 m de distância da passagem da borda externa do ventilador do pulverizador (Figura 4). Essas distâncias equivalem à distância da borda frontal, centro e borda oposta de um cafeeiro de lavoura em produção com 2,5 m de altura e 2,4 m de diâmetro de copa. Cada tratamento foi repetido quatro vezes.



Figura 4. Suportes para fixação das ripas com etiquetas amostradoras e equipamento de aplicação.

Após cada pulverização, as ripas com as etiquetas foram retiradas e acondicionadas em envelopes revestidos com alumínio, para posterior análise, com programa computacional para análise de imagem.

A fim de permitir que as manchas coletadas nas etiquetas de papel “contact” apresentassem contraste suficiente para a leitura, foi adicionado à água de pulverização o corante negro, marca Guarany, indicado para tintura de tecidos de

algodão. O corante foi previamente dissolvido em água fervente e posteriormente adicionado à calda, na proporção de 10 g L⁻¹.

Os trabalhos foram conduzidos com umidade relativa de 80%, temperatura de 18°C e ausência total de vento.

A aquisição das imagens das etiquetas para análise foi feita através de um “scanner” marca Genius, modelo Color Page – Vivid3X, com resolução de 800 dpi. Cada grupo de etiquetas do mesmo tratamento, devidamente identificadas, foram escaneadas e processadas com o programa computacional para análise de imagens “Image Tool”, versão 3.0 calibrado com a imagem de um paquímetro escaneado da mesma forma das etiquetas e o programa “Excel”.

O tamanho das gotas coletadas no papel “contact” foi corrigido de acordo com a Equação 1 para espalhamento nesse tipo de coletor.

$$= 1,6454.x - 12,33 \quad (1)$$

em que:

= diâmetro da mancha, μm ; e

x = diâmetro da gota, μm .

O tamanho das gotas coletadas na etiqueta sensível à água foi corrigido pela Equação 2, proposta por Chaim et al. (1999).

$$F(D)=0,74057+0,0001010399.D+0,2024884.\ln(D) \quad (2)$$

em que:

F = fator de espalhamento; e

D = diâmetro-limite de cada classe de tamanho da mancha (μm).

A avaliação da distribuição espacial da deposição foi baseada na porcentagem de cobertura, no número de gotas por unidade de área (gotas cm⁻²) e no tamanho das gotas medidas com base no DMV.

Os dados foram tabulados e apresentados em forma de planilha com os parâmetros semelhantes agrupados para utilização nos ensaios subseqüentes.

Deposição das gotas de pulverização na faixa total

O ensaio consistiu em determinar a cobertura física em faixa de 1,6 m de extensão e 2,5 m de altura, equivalente às dimensões de uma planta de café. As etiquetas amostradoras foram distribuídas em cinco alturas e três distâncias horizontais. Para isso, avaliaram-se, separadamente, cinco alturas de coleta das gotas de pulverização (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 m), considerando a média obtida nas três distâncias em relação ao deslocamento do trator (0,80, 1,60 e 2,40 m). Três variáveis foram estudados: a cobertura física (%), o número de gotas por unidade de superfície (gotas cm^{-2}) e o tamanho das gotas (DMV).

Neste ensaio, aplicou-se um fatorial 2x2; dois jogos de bicos cônicos (JA-1 e JA-2), duas velocidades do ventilador (2.160 e 1.860 rpm), pressão de trabalho e velocidade de deslocamento constantes de 1.034 kPa e 6,35 km h^{-1} , respectivamente.

Foram utilizadas etiquetas de papel revestido com plástico como superfície amostradora, e a calda de pulverização foi semelhante à usada no ensaio preliminar.

A condução dos trabalhos, a aquisição das imagens e o seu processamento foram feitos conforme metodologia empregada no ensaio anterior.

Os valores obtidos foram analisados pelo “Box Plot” do programa “Statistica” para análise descritiva. O programa apresenta os resultados na forma de gráficos, considerando a média, o desvio-padrão e o limite de 1,96% do desvio-padrão.

Deposição vertical das gotas de pulverização

Este ensaio teve como objetivo determinar os parâmetros das pulverizações na distância correspondente à periferia de uma planta de café, local onde se localiza a maior parte da população do bicho-mineiro.

Os dados foram obtidos usando a mesma metodologia do ensaio anterior. Utilizaram-se neste ensaio um fatorial 2x2x4; dois jogos de bicos (JA-1 e JA-2), duas velocidades do ventilador (2160 e 1860 rpm) e quatro pressões (414, 620, 1.034 e 1.448 kPa). As etiquetas amostradoras foram posicionadas apenas a 0,80 m de distância da saída do ventilador, nas alturas correspondentes a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 m em relação ao solo; utilizou-se uma velocidade de deslocamento do trator equivalente a 6,35 km h^{-1} em todos os tratamentos.

Os resultados foram apresentados em gráficos relacionando o DMV, a cobertura e a densidade de gotas com as faixas de altura de coleta das amostras correspondentes, para as diversas pressões empregadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 são apresentadas as curvas referentes à altura e ao diâmetro do dossel das plantas de café, com idades de três, quatro e cinco anos, respectivamente. As curvas foram construídas com as médias dos dados.

As medições apresentaram erro menor que 5% pelo teste t de student com nível de significância de 95%, valor adequado para esse tipo de medição.

As alturas das plantas variaram exponencialmente com o aumento da idade dos cafeeiros; elas variaram de 115 a 191 cm quando a idade passou de três para cinco anos. Fato semelhante ocorreu em relação ao diâmetro do dossel. Nas mesmas idades, o diâmetro passou de 125 para 167 cm. Isso mostra que o incremento da copa em relação à altura é menor, o que é motivado pela morfologia própria da planta e pelo espaçamento adotado, entre outros.

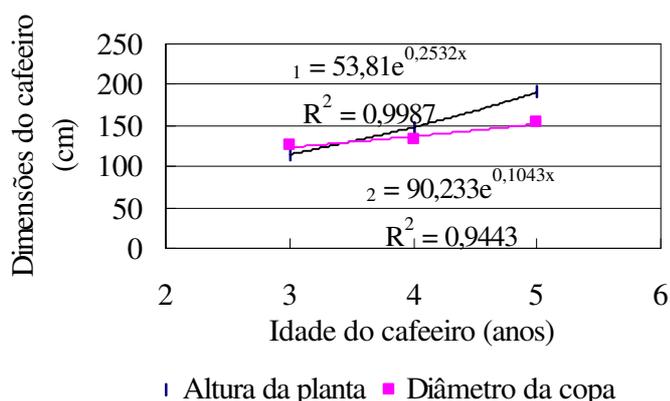
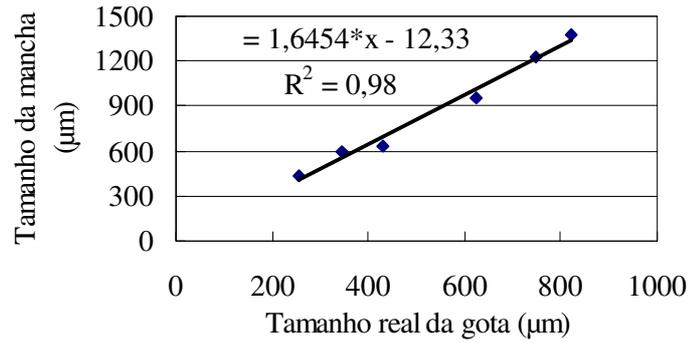


Figura 5. Altura e diâmetro dos cafeeiros em cinco idades de cultivo.

No estudo do espalhamento das gotas usando como superfície coletora o papel revestido com plástico “contact”, tanto para a água com corante como para a calda inseticida com corante, o corante, na proporção utilizada, promoveu um contraste suficiente para as medições.

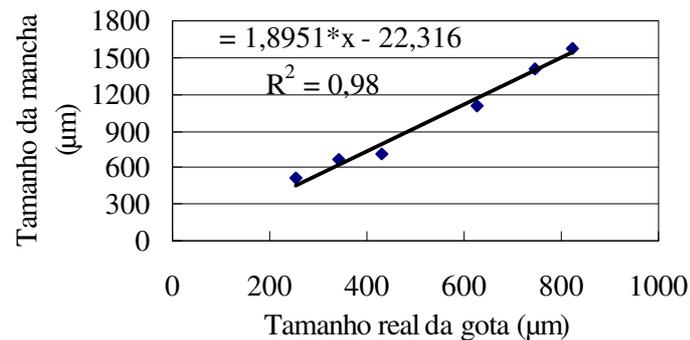
O espalhamento da água em superfície de papel “contact” está representado na Figura 6 e da calda inseticida na Figura 7.



*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 6. Tamanho das manchas proporcionadas pelas gotas de água na superfície de papel “contact”.

O fator de espalhamento obtido pela equação foi de 1,61 para as gotas de 250 a 900 µm de diâmetro. Esses valores estão bem próximos de 1,72, determinados para o papel Kromekote e Colchekote (MATTHEWS 1982). Os valores próximos se explicam pela semelhança entre as três superfícies coletoras.



* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 7. Tamanho das manchas proporcionadas pelas gotas da calda inseticida na superfície de papel “contact”.

A forma da curva foi semelhante ao obtido quando da utilização de apenas água e corante. E o fator de espalhamento foi de 1,82 para a mesma faixa de tamanho de gotas.

A diferença no fator de conversão entre a água e a calda inseticida se deve à influência do agente tenso ativo adicionado à calda e de agentes coadjuvantes da formulação do inseticida.

Os resultados do estudo comparativo entre a superfície amostradora de papel “contact” e as lâminas com óxido de magnésio está representado na Figura 8.

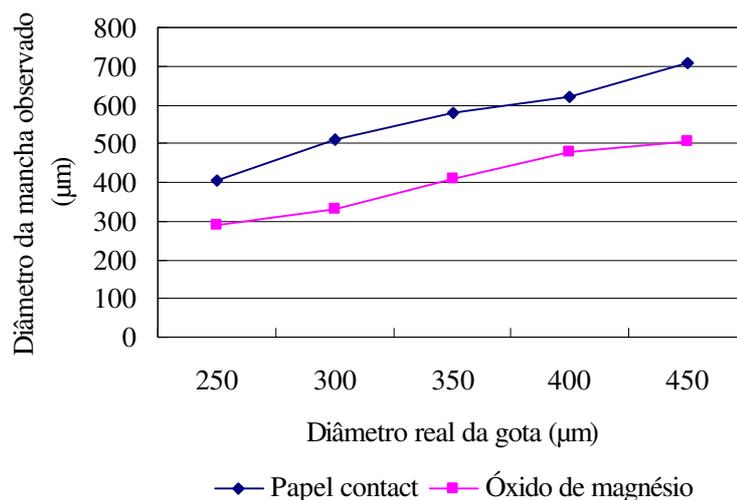


Figura 8. Diâmetro das manchas correspondentes às gotas nas etiquetas amostradoras de papel “contact” e lâminas recobertas com óxido de magnésio.

Na gota de tamanho real de 250 μm , a mancha equivalente foi de 405 e 290 μm no papel “contact” e na lâmina com óxido de magnésio, respectivamente. Esses valores representam um espalhamento de 1,61 no papel “contact” e de 1,16 nas lâminas com óxido de magnésio.

Embora o óxido de magnésio seja considerado a superfície coletora-padrão para a análise de espectro de gotas, sua utilização é pouco prática, exigindo muita habilidade para o preparo das lâminas. Isso inviabiliza seu preparo fora do laboratório. Ademais, ela não pode ser preparada com grande antecedência em relação a sua utilização e a fina camada de óxido de magnésio perde sensibilidade ao longo do tempo e pode ser danificada pelo manuseio.

O conhecimento do espalhamento de outros tipos de coletor é necessário para buscar opções no estudo de uma determinada população de gotas. O papel “contact” é um material de custo acessível, fabricado com controle de qualidade e que pode ser manuseado com relativa facilidade. A utilização desse tipo de material possibilita o estudo, principalmente se outros métodos de quantificação são impraticáveis.

Os ensaios foram conduzidos em temperatura entre 18 e 24 $^{\circ}\text{C}$, e umidade relativa, entre 68% e 74 %.

Ensaio preliminar

Ao analisar as etiquetas de papel sensível à água, constatou-se que, quando a cobertura foi superior a 15%, as gotas vizinhas se uniram, não sendo possível individualizá-las para as medições. Outro problema observado foi a sensibilização total da etiqueta, que assumiu uma coloração azulada em toda a extensão quando

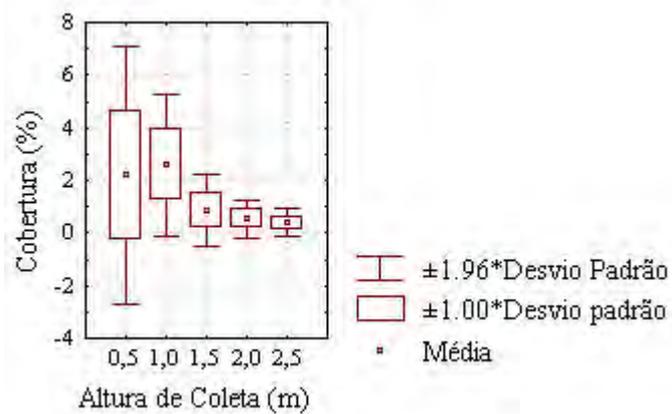
submetida a umidade relativa do ar estava em torno de 80%. Esse problema inviabilizou o uso dessas etiquetas para esse tipo de trabalho.

Com o problema das etiquetas sensíveis à água para alta densidade de gotas, elas foram descartadas e o trabalho foi conduzido com etiquetas de papel “contact”.

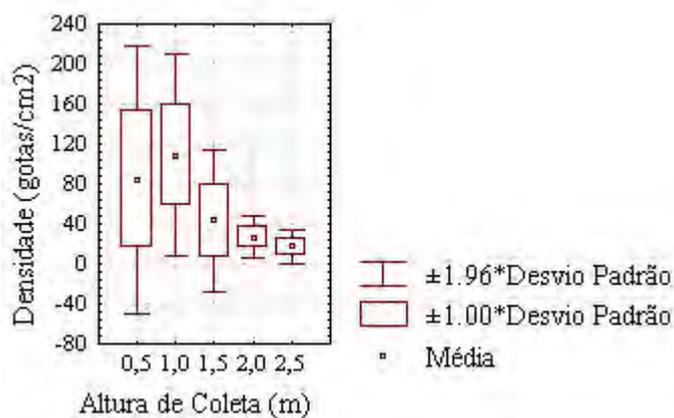
As médias da distribuição espacial da pulverização obtidas no ensaio preliminar foram agrupadas em faixa de valores (Tabelas 7, 8 e 9 do Anexo 2).

Deposição das gotas de pulverização na faixa total

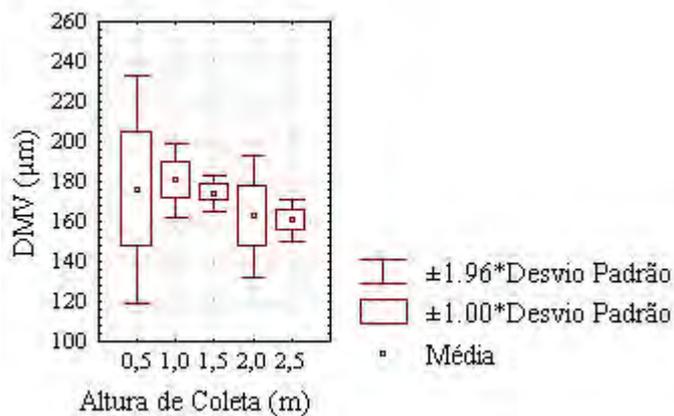
Os resultados da deposição nas etiquetas posicionadas a 0,80, 1,60 e 2,40 m de distância em relação ao ventilador estão apresentados nas Figuras 9 a 12.



(A)

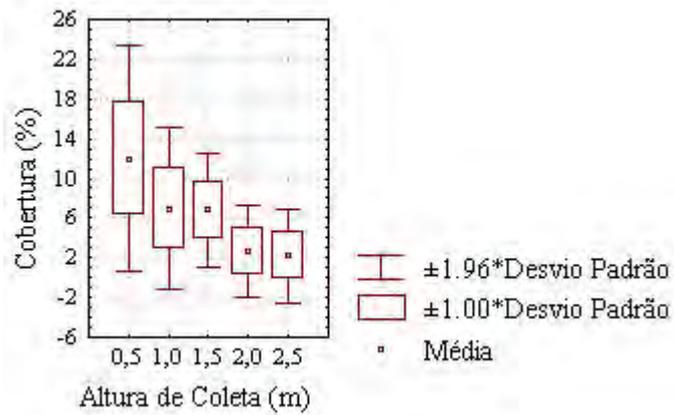


(B)

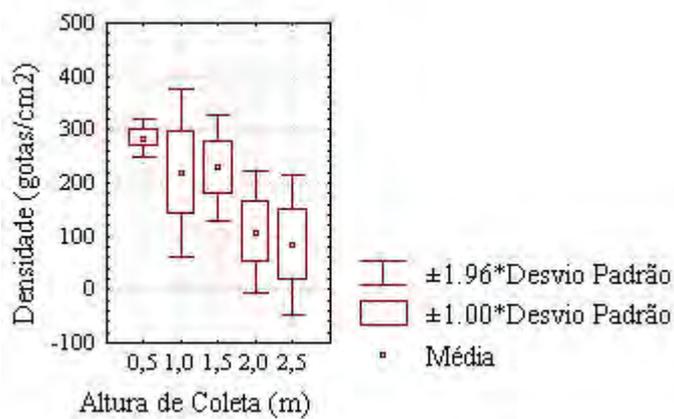


(C)

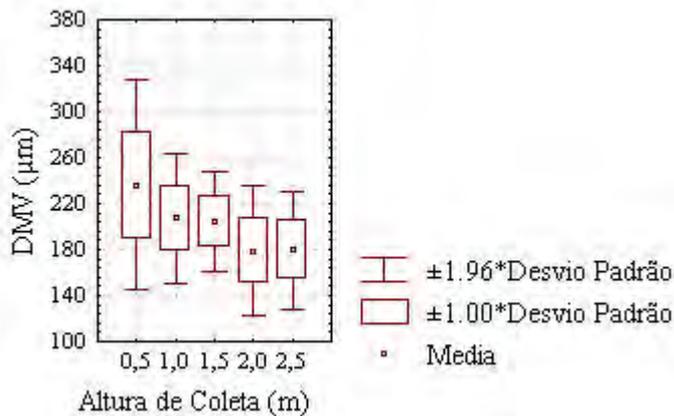
Figura 9. Caracterização da população de gotas em função da cobertura (A), da densidade de gotas (B) e do DMV (C) com bicos JA-1, rotação do ventilador de 2.160 rpm, velocidade do trator a 6,35 km h⁻¹ e pressão de 1.034 kPa.



(A)

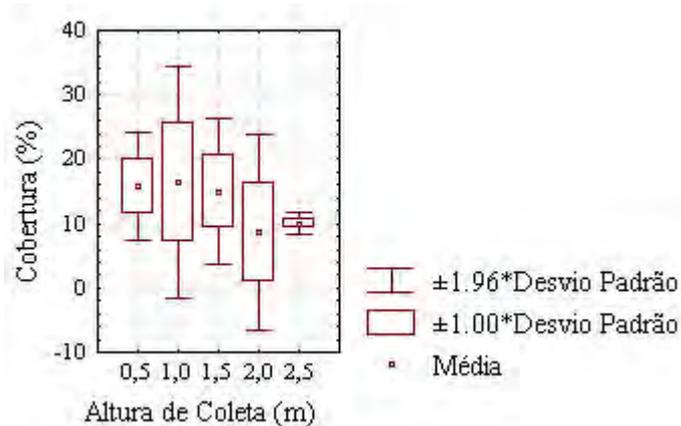


(B)

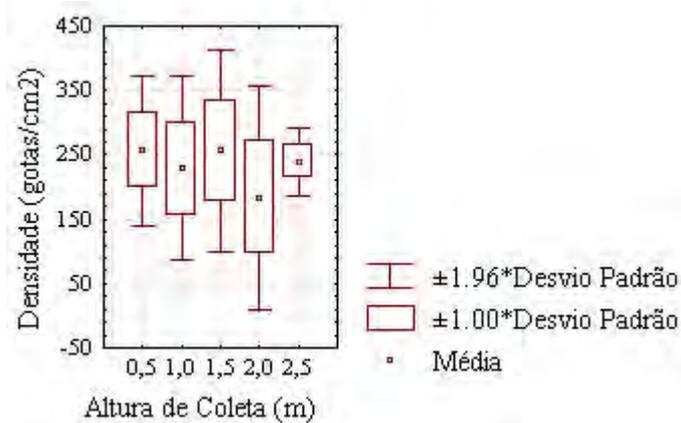


(C)

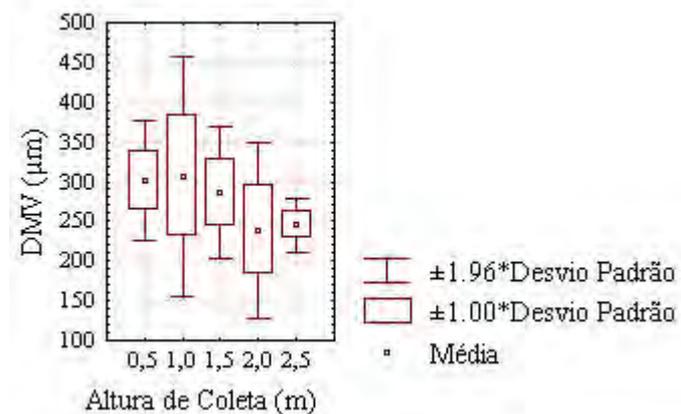
Figura 10. Caracterização da população de gotas em função da cobertura (A), da densidade de gotas (B) e do DMV (C) com bicos JA-1, rotação do ventilador de 1.860 rpm, velocidade do trator a 6,35 km h⁻¹ e pressão de 1.034 kPa.



(A)

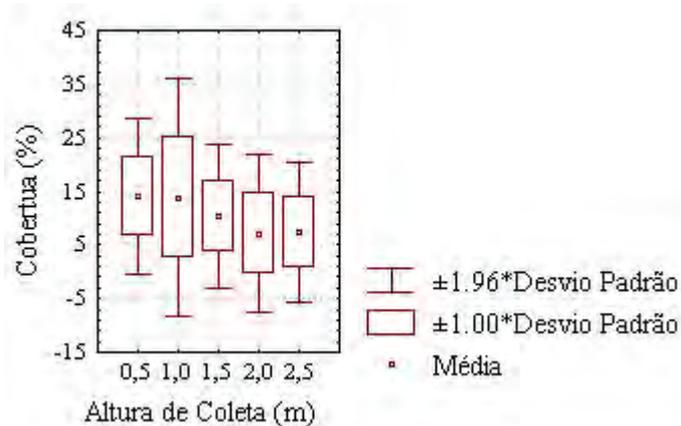


(B)

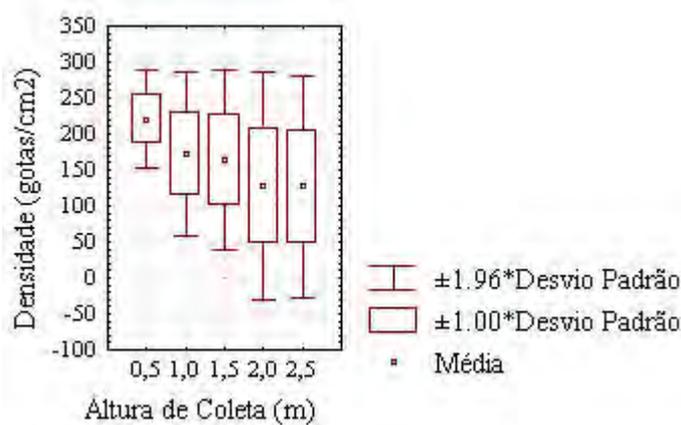


(C)

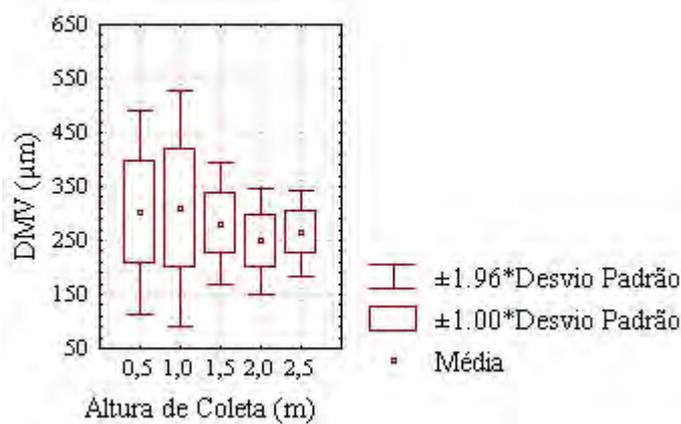
Figura 11. Caracterização da população de gotas em função da cobertura (A), da densidade de gotas (B) e do DMV (C) com bicos JA-2, rotação do ventilador de 2.160 rpm, velocidade do trator a 6,35 km h⁻¹ e pressão de 1.034 kPa.



(A)



(B)



(C)

Figura 12. Caracterização da população de gotas em função da cobertura (A), da densidade de gotas (B) e do DMV (C) com bicos JA-2, rotação do ventilador de 1.860 rpm, velocidade do trator a 6,35 km h⁻¹ e pressão de 1.034 kPa.

A porcentagem de cobertura foi de 2,6% a 0,37% a 1,0 e 2,5 m de altura (Figura 9A), respectivamente. Isso significa que a cobertura não foi uniforme no sentido vertical, com deposição mais acentuada na faixa de 1,0 m de altura,

evidenciando um problema nas aplicações. Fato semelhante foi observado por Giles et al. (1989).

Houve tendência de maior concentração das gotas nas faixas de coleta mais próximas do solo, sobretudo a 1,0 m de altura, atingindo 109 gotas cm^{-2} , contrastando com 17 gotas cm^{-2} a 2,5 m de altura (Figura 9B). Essa variação, associada à porcentagem de cobertura, caracterizou uma distribuição desuniforme da calda de pulverização, no sentido vertical, o que pode influenciar de maneira significativa a eficácia do inseticida a ser aplicado.

O DMV apresentado na Figura 9C foi de 181 e 161 μm a 1,0 e 2,5 m de altura, respectivamente. A variação foi apenas de 12%, o que mostra que o equipamento apresenta boa uniformidade quanto ao tamanho de gotas produzidas.

O coeficiente de homogeneidade do tamanho das gotas (CH) foi de 1,2, valor considerado muito bom, uma vez que o CH igual a um seria o máximo possível, se todas as gotas fossem do mesmo tamanho. Normalmente, para bicos cônicos, o CH situa-se entre 1,8 e 5,0 (MÁRQUEZ, 1997).

Na Figura 10 estão representados os resultados dos parâmetros anteriores em estudo, com modificação apenas na velocidade do ventilador de 2.160 para 1.860 rpm.

A cobertura variou de 12% a 2,2% a 0,5 e 2,5 m de altura, respectivamente (Figura 10A); a densidade de gotas, de 284 a 84 g cm^{-2} (Figura 10B); e o DMV, de 237 e 180 μm , nas mesmas posições (Figura 10C).

Com a diminuição da velocidade do ventilador de 2.160 para 1.860 rpm, houve aumento na porcentagem de cobertura, na densidade de gotas e no DMV em todas as posições de coleta. No entanto, manteve-se a mesma tendência de variação observada na Figura 9. O CH observado foi de 1,3, considerado muito bom.

Os resultados apresentados na Figura 11 referem-se à utilização dos bicos JA-2 e à velocidade do ventilador a 2.160 rpm. A cobertura foi de 16,5% a 8,6% para 1,0 e 2,0 m de altura, respectivamente, e o DMV, de 307 a 239 μm , para as mesmas posições. A densidade de gotas foi de 257 a 183 gotas cm^{-2} a 0,5 e 2,0 m, respectivamente. O CH foi de 1,6.

A porcentagem de cobertura foi de 14,03% e 7,29% a 0,5 e a 2,5 m de altura, respectivamente; nas mesmas posições, a densidade de gotas foi de 220 e 127 gotas cm^{-2} , com tendência de queda com o aumento da altura (Figura 12). O DMV foi maior a 1 m de altura, com valor de 308 μm . A partir de 1,0 m houve

tendência de queda, atingindo o menor valor a 2,0 m de altura com 248 μm , voltando a aumentar ligeiramente em 2,5 m (263 μm). O CH médio foi de 1,5 em todas as faixas de coleta.

O conjunto de bicos JA-2 apresentou uma porcentagem de cobertura e densidade de gotas mais uniforme quando comparado com os bicos JA-1, nas mesmas condições. No entanto, o coeficiente de homogeneidade foi superior nos bicos JA-2, evidenciando que existe uma variação no tamanho das gotas para uma mesma condição de aplicação com bicos diferentes.

A velocidade do ventilador modificou a porcentagem de cobertura proporcionada pelos bicos JA-1. Esses apresentaram valores de 1,3% e 6,1% nas velocidades de 2.160 e 1.860 rpm, respectivamente. Esse fato se deve ao maior arrasto das gotas pela corrente de ar, impedindo-lhes a aderência ao alvo. Por serem gotas de DMV baixo, média de 170 e 200 μm nas rotações de 2.160 e 1.860 rpm, pequena variação na velocidade do ar provocou variações significativas na porcentagem de cobertura.

Com os bicos JA-2 não foi observada a mesma tendência. A cobertura foi de 11% com a velocidade do ventilador de 1.860 rpm e de 13% na velocidade de 2.160 rpm. O DMV médio das gotas foi de 280 μm nas duas rotações do ventilador. Devido ao maior diâmetro das gotas, elas ficaram menos sujeitas ao arrasto pela corrente de ar para fora do alvo, independentemente da velocidade do ventilador.

Comparando os valores da Figura 9 com os da Figura 11, podemos observar que, apenas com a mudança de bicos JA-1 para JA-2, e mantendo-se os demais parâmetros de trabalho, a cobertura média passou de 1,3% para 13%, o DMV médio passou de 170 para 280 μm e a densidade média das gotas de 56 para 233 g cm^{-2} , evidenciando a importância da escolha correta dos bicos. Esses valores podem influenciar, de maneira significativa, a eficácia de um inseticida. Portanto, eles devem ser cuidadosamente observados no contexto da moderna tecnologia de aplicação.

Deposição vertical das gotas de pulverização

A caracterização da distribuição espacial da pulverização em função da cobertura física das etiquetas amostradoras, posicionadas a 0,80 m da distância do pulverizador, está representada nas Figuras 13 a 18.

Na Figura 13 (A e B) estão representadas as porcentagens de cobertura proporcionada pelos bicos JA-1, nas duas velocidades do ventilador, quatro pressões e cinco alturas em relação ao solo.

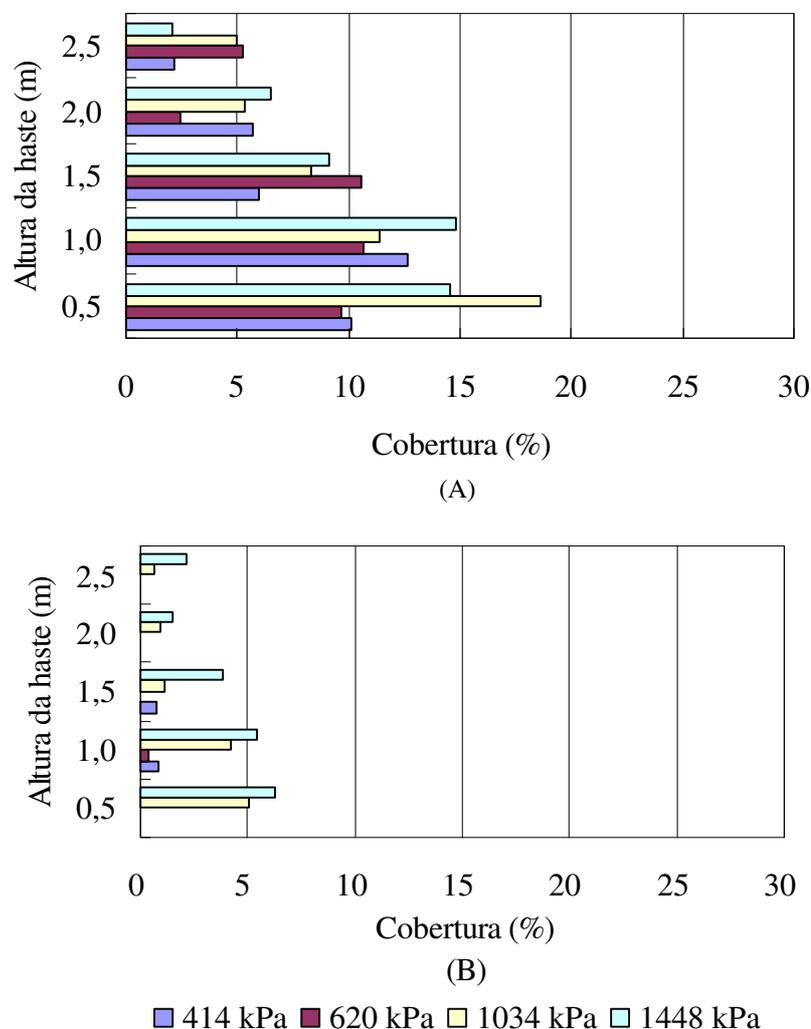


Figura 13. Influência das pressões de trabalho na porcentagem de cobertura proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-1, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h⁻¹.

A porcentagem de cobertura variou quando houve aumento da velocidade do ventilador de 1.860 rpm para 2.160 rpm. Fato semelhante foi observado por Cross (1991). Este encontrou maior deposição em macieiras com a redução da velocidade em 40%. A velocidade muito alta do ar induz uma alta de energia nas gotas, impedindo-lhes a aderência ao alvo.

Entre 0,5 e 1,0 m houve tendência de aumento de cobertura com as pressões mais altas. Na Figura 13 (B), a pressão de 1.448 kPa proporcionou uma cobertura de

6,25% e 5,45% na altura de 0,5 e 1,0 m, respectivamente, sendo essas as maiores observadas.

Na Figura 13 (A), na altura de 0,5 m, a pressão de 1.034 kPa proporcionou a maior cobertura, atingindo 18,6%, bastante superior ao valor de 5,04% obtido na mesma posição, porém com a velocidade do ventilador a 2.160 rpm. Comparando a Figura 13 (B) com a Figura 13 (A), pode-se observar que, em todas as alturas e pressões estudadas, a cobertura diminuiu sensivelmente com o aumento da rotação do ventilador.

As porcentagens de cobertura proporcionadas pelos bicos JA-2 estão representadas na Figura 14 (A e B).

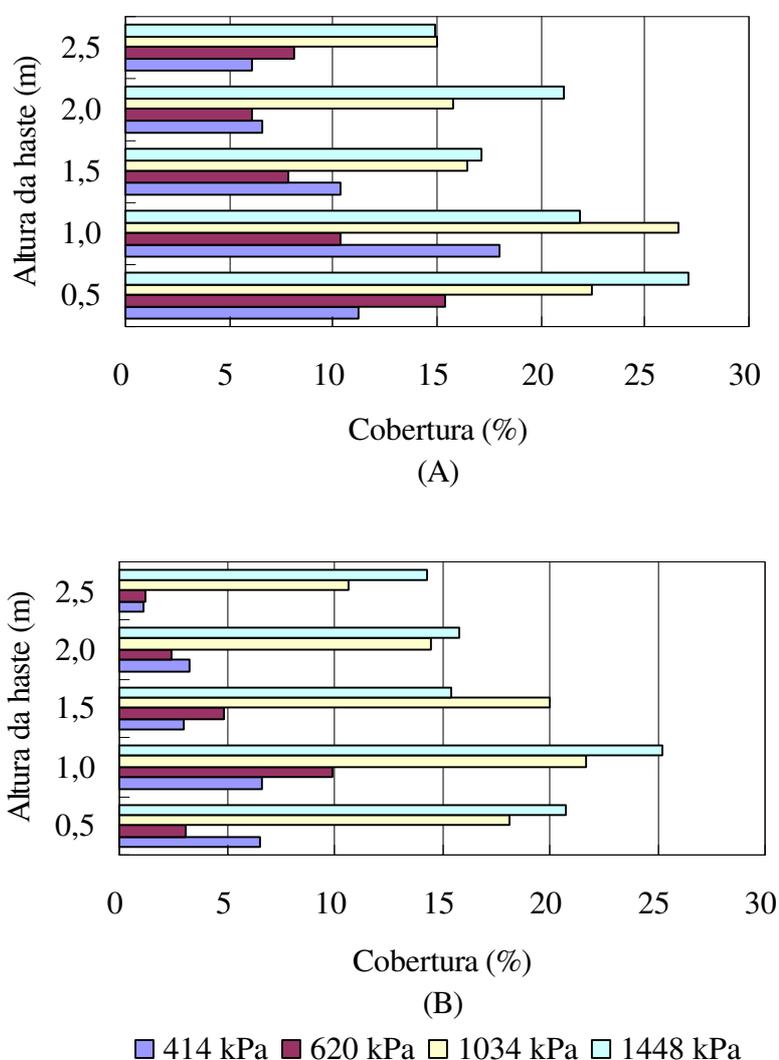
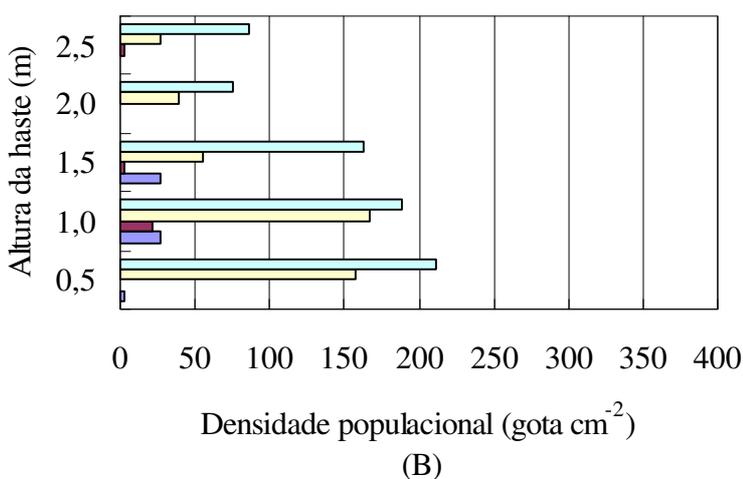
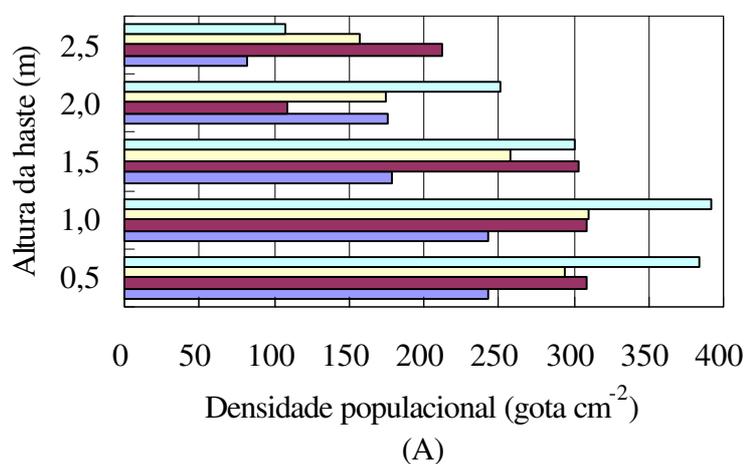


Figura 14. Influência das pressões de trabalho na porcentagem de cobertura proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-2, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h⁻¹.

De maneira geral, as pressões mais altas propiciaram maior cobertura, o que era de se esperar, devido à quantidade maior de líquido pulverizado por unidade de área. Houve cobertura maior até um metro de altura em relação ao solo, mas a distribuição foi desuniforme nas alturas de coleta, com uma cobertura acentuadamente menor nas posições de 2 e 2,5m.

A cobertura máxima obtida foi de 27,14%, proporcionada pelo bico JA-2 na pressão de 1.448 kPa, na altura de 0,5 m com a rotação do ventilador de 1.860 rpm. Para a mesma situação, mas mudando-se apenas a velocidade do ventilador para 2.160 rpm, a cobertura foi de 20,72%.

A densidade de gotas propiciada pelos bicos JA-1, nas duas velocidades do ventilador e quatro pressões de trabalho, está representada na Figura 15 (A e B).



■ 414 kPa ■ 620 kPa ■ 1034 kPa ■ 1448 kPa

Figura 15. Influência das pressões de trabalho na densidade populacional das gotas proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-1, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h⁻¹.

Observa-se que, de maneira geral, houve diminuição da densidade de gotas com o aumento da rotação do ventilador, permitindo inferir que velocidades altas do ventilador acabam arrastando grande quantidade de gotas para fora do alvo, conforme já observado anteriormente.

A maior densidade de gotas ocorreu a 1,0 m de altura com a rotação do ventilador em 1.860 rpm, com 392 gotas cm^{-2} na pressão de 1.448 kPa. Houve tendência de concentração maior de gotas em 0,5 e 1,0 m de altura em relação ao solo. O aumento da pressão proporcionou aumento na densidade populacional em todas as posições, exceto na posição equivalente a 2,5 m de altura com a rotação do ventilador de 1.860 rpm, onde houve maior densidade na pressão de 620 kPa.

Na Figura 16 (A e B) pode-se observar o resultado da densidade de gotas utilizando os bicos JA-2.

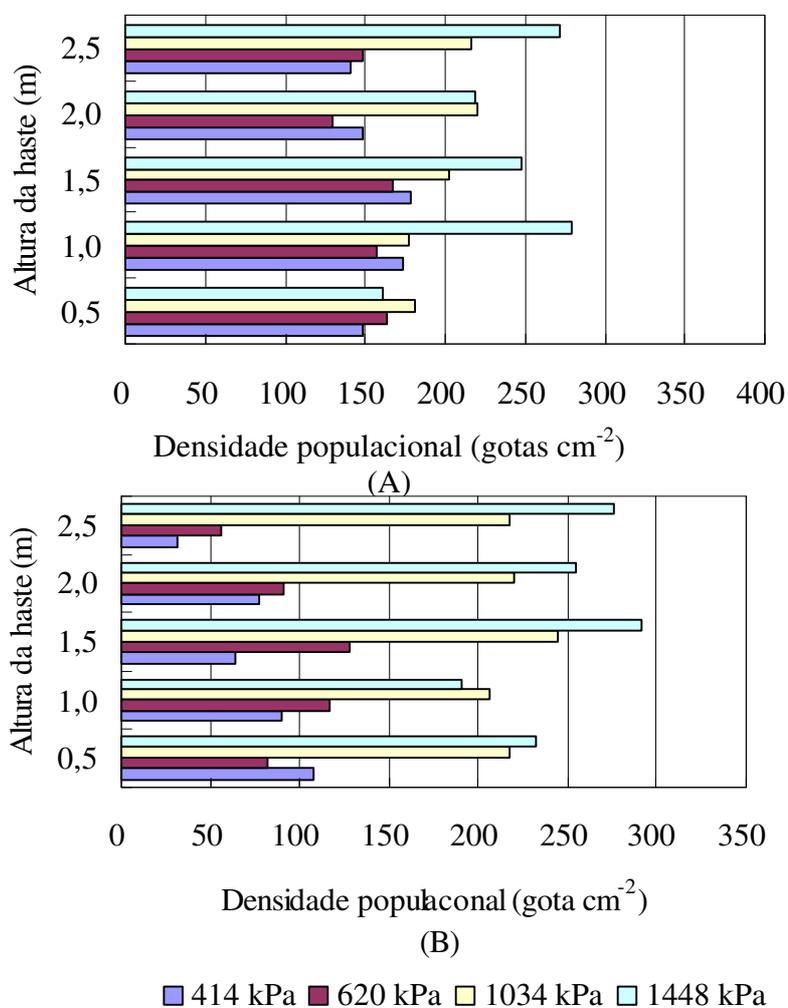
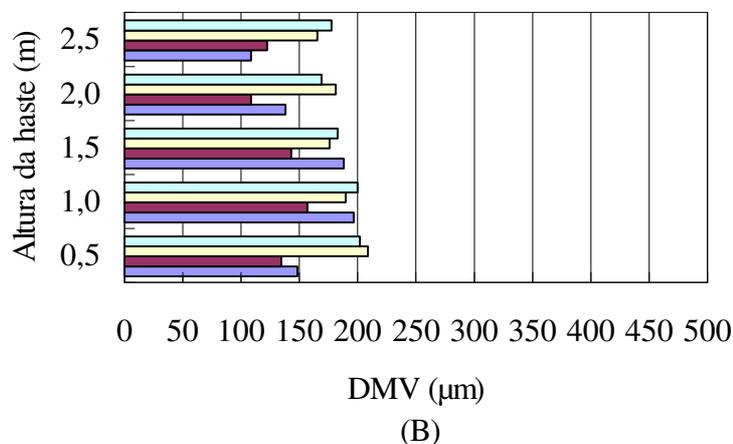
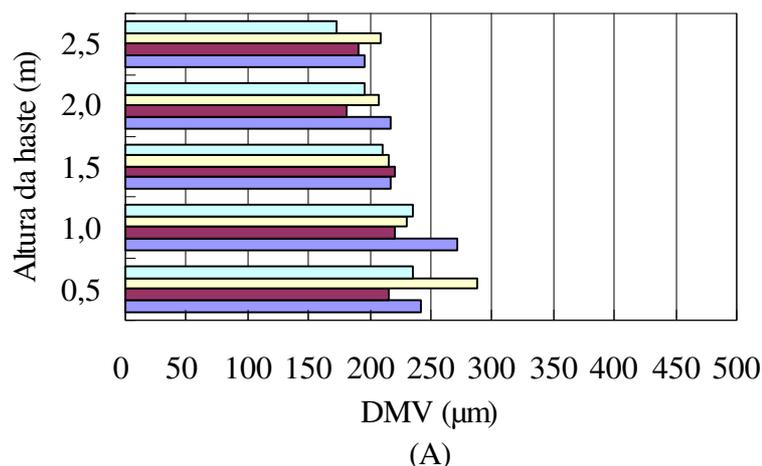


Figura 16. Influência das pressões de trabalho na densidade populacional das gotas proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-2, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h^{-1} .

Com o aumento da velocidade do ventilador houve diminuição da densidade de gotas. No entanto, a distribuição de gotas foi mais uniforme ao longo do plano vertical, com os bicos JA-2, comparativamente com os bicos JA-1. As pressões maiores propiciaram, de maneira geral, uma densidade maior de gotas.

O tamanho das gotas caracterizado pelo DMV está representado nas Figuras 17 e 18. A Figura 17 (A e B) representa os valores de DMV para os bicos JA-1.



■ 414 kPa ■ 620 kPa ■ 1034 kPa ■ 1448 kPa

Figura 17. Influência das pressões de trabalho no diâmetro da mediana volumétrica (DMV) proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-1, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h⁻¹.

O DMV variou de 109 a 209 µm com o ventilador a 2.160 rpm e de 173 a 288 µm com a rotação do ventilador a 1.860 rpm. Houve diminuição do DMV com o aumento da velocidade do ventilador. Velocidades mais altas tendem a quebrar mais o líquido, diminuindo o tamanho das gotas produzidas e com conseqüente

arrastamento das gotas menores para fora do alvo. Não se observa alteração no DMV em função da pressão. Os valores ficaram próximos em todas as pressões usadas, em cada altura estudada.

O diâmetro da mediana volumétrica das gotas produzidas pelos bicos JA-2 está apresentado na Figura 18 (A e B).

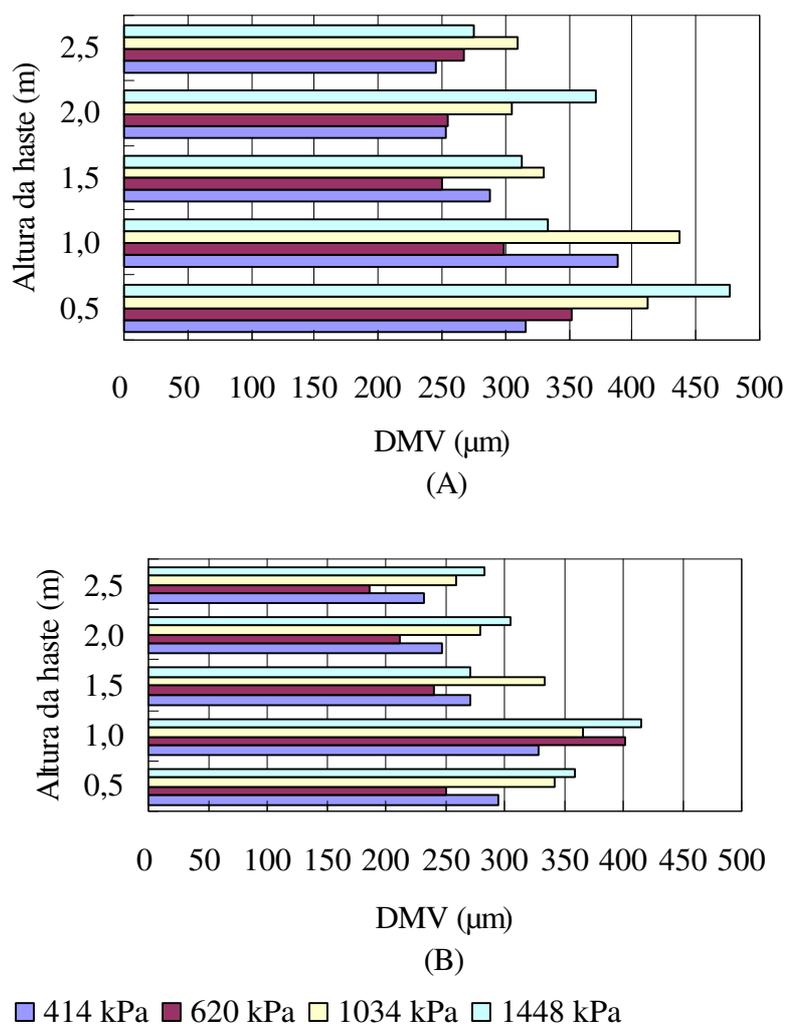


Figura 18. Influência das pressões de trabalho no diâmetro da mediana volumétrica proporcionada pelos bicos hidráulicos JA-2, nas rotações do ventilador de 1.860 (A) e 2.160 rpm (B) e velocidade do trator de 6,35 km h⁻¹.

O DMV variou de 187 a 415 µm na rotação de 2.160 rpm e de 246 a 476 µm na rotação de 1.860 rpm. De maneira geral, a pressão não afetou o tamanho das gotas, exceto no bico JA-2. Este, na rotação do ventilador a 1.860 rpm, produziu gotas maiores com as pressões mais altas.

Os tratamentos com os bicos JA-1 apresentaram gotas com DMVs menores do que os apresentados pelos bicos JA-2. Houve tendência de aumento do tamanho das gotas com a diminuição da velocidade do ventilador em todos os tratamentos. Houve acúmulo de gotas maiores nas etiquetas posicionadas a 1,0 m de altura, o que mostra que a corrente de ar tende a depositar as gotas maiores nas partes mais baixas, sendo esse fato mais evidente quando da utilização dos bicos JA-2.

CONCLUSÕES

- O coeficiente de espalhamento nas etiquetas de papel “contact” foi de 1,61 usando a mistura de água com corante e de 1,82 utilizando solução inseticida com corante.
- Houve desuniformidade da porcentagem de cobertura, densidade de gotas e tamanho das gotas no sentido vertical da pulverização, com menores valores nas posições mais altas.
- Houve aumento da porcentagem de cobertura, da densidade de gotas e do DMV com a diminuição da velocidade do ventilador.
- A velocidade do ventilador afetou, de maneira mais acentuada, a porcentagem de cobertura proporcionada pelos bicos de menor vazão.
- A maior densidade de gotas se deu na faixa entre 0,5 e 1,0 m de altura.

BIBLIOGRAFIA

BARRY, J.W. Aerial application to Forest. **In: application technology for Crop Protection**. Eds: G.A. Matthews & E.C. Hislop. North Hampton, England: CAB International. p.241-273, 1993.

BERGLUND, R.; LIU, B. Y. H. Generation of monodispersed aerosol satndars. **Environmental Science and Technology** n.7, p. 1-23. 1973.

CARVALHO, P. A.; FURLAN JUNIOR. Estudo comparativo entre coletores para determinação do DMV e coeficiente de dispersão na amostragem de gotas em aplicações de produtos líquidos. **Energia na Agricultura**. Botucatu-SP. v. 12 n.1 p. 28-37, 1997.

CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.34, p.963-969. 1999.

- CIBA-GEIGY. **Water-sensitive paper for monitoring spray distribution**. No. Basle. Switzerland: Ciba-Geigy Ltd. 11784/1e, 1994.
- COATES, W.; PALUMBO, J. Deposition, off-target movement and efficacy of Capture and Thiodam applied to cantaloupes using five sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, Michigan, v. 13, n. 2, p. 181-188, 1997.
- CROSS, J.V. Patterning of spray mass flux from axial fan airblast sprayers in the orchard. **British Crop Protection Council Monograph** n.46, p. 15-22, 1991
- DERKSEN, R.C.; GRAY, R.L. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchards sprayers. **Trans. ASAE**.v. 38, n.1, p. 5-11, 1995.
- DERKSEN, R. C.; MILLER, S.A.; OZKAN, H. E.; FOX, R.D. Spray deposition characteristics on tomatoes and disease management as influenced by droplet size, volume, and air-assistance. St. Joseph, Mich. **ASAE**, 2001. Paper n° 011120
- FAROOQ, M.; BALACHANDAR R.; WULFSOHN D.; WOLF T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **J. Agric. Eng. Res.** v. 78 n 4 p. 347-358, 2001.
- GILES, D.K.; DELWICHE, M.J.; DODD, R.B. Spatial distribution of spray deposition from na air-carrier sprayer. **Transaction of the ASAE** v.32 n.3, p. 807-811. 1989.
- GUPTA, C.P.; DUC, T.X. Deposition studies of a hand-held air-assisted electrostatic sprayer. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 39, n. 5, p. 1633-1639, 1996.
- MAKSYMUK, B.; MOORE, A.D. Spread factor variation for oil-base, aerial sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.55, n.5, p. 695-699, 1962.
- MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-Rom. Palestra.
- MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 1, 1985, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1985. p.3-11.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London: Longman, 1982. 336p.
- MATTHEWS, G.A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p.345-353.
- McNICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 40, n. 6, p. 1529-1536, 1997.

MURPHY S.D.; MILLER, P.C.H.; PARKIN, C.S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **J. Agric. Engng. Res.**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

PANNETON, B. Image analysis of water-sensitive cards for spray coverage experiments. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 18, n. 2, p.179-182, 2002.

PARKIN, C. S.; SIDDIQUI, H. Measurement of drop spectra from rotary cage aerial atomisers. **Crop Protection**. v. 9, p. 33-38. 1993.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, London, v. 16, p. 25-33, 1997.

REICHARD, D.L. A system for producing various sizes, numbers, and frequencies of uniform-size drops. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph. v.33, p.6 1767-1770. 1990.

SALYANI, M. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n 6, p. 1680-1684, 1988.

SALYANI, M.;HOFFMANN, W.C. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. **Transaction of the ASAE** v. 12, n. 5, p. 539-545, 1996.

SALYANI, M.;MCCOY, C.W.; HEDDEN, S.L. Spray volume effects on deposition and citrus rust mite control. In: **Pesticide Formulations and application Systems**. ASTM STP 980. West Conshohocken, Pa: American Society for Testing and Materials. 1988.v 8, p. 254-263.

SIDAHMED, M. M.; BROWN, R.B. Prediction of droplet trajectories from air-blast sprayers. **ASAE**. St. Joseph, Mich. 1993.ASAE Paper n° 93-1003

SPILMANN, J.J. Optimum droplet size for spraying against flying targets. **Agric. Aviat**. v.17, p. 28-32, 1979.

TEIXEIRA, M.M.; RODRIGUES, G.J.; CUNHA, J.P.R. Rastreabilidade – Uma Nova Meta para a Fruticultura Nacional. In: **ZAMBOLIN, L. Manejo Integrado; produção integrada; fruteiras tropicais; doenças e pragas**. Viçosa, 2003, p.457-516.

UK, S. Particle capture by natural surfaces. Aerial application of pesticide. In: **CRANFIELD INSTITUTE OF TECHNOLOGY COLLEGE OF AERONAUTICS**. Cranfield, 1986. v.1, p. 1-15.

WHITNEY, J. D.; SALYANI, M. Deposition characteristics of two air-carrier sprayers in citrus tree. **Transaction of the ASAE** v.34 n.1, p. 47-50, 1991.

ZHU, H.; C. R. KRAUSE, R.D.; FOX, R. D.; BRAZEE, R.C. DERKSEN. Techniques for assessing spray drift and canopy penetration in nurseries. **ASAE**. St. Joseph. Mich. 1997.ASAE. Paper n° 975006

EFICÁCIA DO CONTROLE DO BICHO-MINEIRO DO CAFEIEIRO CONSIDERANDO OS PARÂMETROS RASTREÁVEIS DA PULVERIZAÇÃO

RESUMO

As perdas causados pelo bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella*, podem atingir 80% em uma safra, motivo pelo qual esta é considerada a praga-chave dessa cultura. A utilização de técnicas de aplicação de agrotóxicos mais eficientes possibilita diminuir a quantidade total do produto utilizado. Avaliou-se a influência dos principais parâmetros da população de gotas no controle dessa praga com o inseticida Cartap 500 PS. O número de gotas por unidade de área da superfície foliar foi o fator que mais influenciou a eficácia, sendo o ideal em torno de 170 gotas cm^{-2} . Outro fator importante foi o tamanho das gotas de pulverização. Os melhores resultados foram obtidos com o DMV em torno de 200 μm . Ao se diminuir em 7,5% a densidade de gotas, foi necessário o aumento do DMV em 50% para manter a eficácia, representando um acréscimo aproximado de três vezes a taxa de aplicação.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, cartap, *Leucoptera coffeella*.

EFFECTIVENESS IN CONTROLLING THE LEAF-MINER IN THE COFFEE PLANT TAKING INTO ACCOUNT THE SPRAY TRACEABLE PARAMETERS

ABSTRACT

The losses caused by the leaf-miner in coffee plant (*Leucoptera coffeella*) may reach 80% in a harvesting season, which is a reason why this is considered as the key-pest in this cropping. The use of more efficient techniques for agrototoxicant applications makes possible the reduction in the total amount of the product used. The influence of the main parameters of the drop population upon the control of this pest with the insecticide Cartap 500 PS was evaluated. The drop numbers for unit area of the leaf surface was the most influent factor upon the effectiveness, as being the ideal around 170 drops cm^{-2} . Another important factor was the size of the spray drops. The better results were obtained with DMV around 200 μm . When

diminishing 7.5% the drop densities, an increase of 50% in DMV was required to maintain the effectiveness, therefore representing an approximate increment of three times the application rate.

Keywords: application technology, cartap, *Leucoptera coffeella*.

INTRODUÇÃO

O bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidóptera: Lyonetiidae), é considerado a praga-chave do cafeeiro no Brasil. Os danos causados por essa praga são devidos à formação de galerias no interior das folhas, decorrente da alimentação do tecido parenquimático, pelas larvas, causando necrose e queda prematura das folhas, o que faz diminuir a área fotossintética. As perdas causadas por essa praga podem variar de 30% a 80% na safra (LIMA et al., 2003).

O principal método empregado para o controle dessa praga tem sido o uso de inseticidas (FRAGOSO et al., 2002). Contudo, a utilização indiscriminada de inseticidas leva à diminuição dos inimigos naturais (MICHELETTI, 1991) e causar o surgimento de populações resistentes a inseticidas, o que leva o agricultor a aumentar a dose, o número de aplicações e, eventualmente, a substituir o produto ineficaz por um novo produto (GUEDES e OLIVEIRA, 2002). O controle inadequado aumenta o custo de produção, intoxica aplicadores e contamina o ambiente. Na maioria das vezes, o problema está no uso de tecnologia de aplicação inadequada, com falta de parâmetros de aplicação adequados, para cada situação.

O agrotóxico deve exercer a sua ação sobre determinado organismo que se deseja controlar; portanto, o alvo a ser atingido é esse organismo. Segundo Walklate et al. (2000), a estrutura do alvo é um dos fatores mais importantes a serem considerados. Qualquer quantidade de produto aplicado que não atinja esse alvo não terá nenhuma eficácia e representará uma perda.

Com a crescente exigência dos consumidores quanto à rastreabilidade e garantia de produtos saudáveis, sem resíduos e oriundos de sistemas ambiental e socialmente corretos, é importante não só o conhecimento do produto a ser aplicado, mas também o necessário domínio da tecnologia de aplicação, de forma a garantir

que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (TEIXEIRA et al., 2003).

Nas décadas passadas, pouca atenção era dada à tecnologia de aplicação de agrotóxicos, pois o interesse consistia em molhar bem a cultura, o que se conseguia mediante um volume de calda bastante alto (CARRERO, 1996). Atualmente, entretanto, existe tendência a reduzir o volume de calda, a fim de diminuir os custos e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999).

O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, além de diminuir os riscos de contaminação ambiental, pois reduz o escorrimento e, em alguns casos, a evaporação e a deriva. Com o incremento da capacidade operacional, a máquina passa a pulverizar áreas grandes em boas condições de tempo (CHRISTOFOLETTI, 1999). Essa redução de volume de pulverização requer, no entanto, um aprimoramento da tecnologia de aplicação.

A utilização de técnicas de aplicação mais eficientes e a adequação do equipamento aplicador possibilitam diminuir a quantidade total do produto a ser introduzido no ambiente, reduzindo assim os problemas relacionados a essa prática (MATUO, 1985).

O desenvolvimento de metodologia para avaliar a quantidade, uniformidade e efetividade biológica da deposição na superfície de uma folha é fator indispensável no contexto da agricultura moderna. É essencial determinar os melhores parâmetros de trabalho para os diferentes tipos de pulverizadores, considerando a condição de trabalho de cada equipamento.

Derksen e Sanderson (1996) avaliaram a influência do volume de calda na deposição foliar de agrotóxicos. Os autores verificaram que com o uso de altos volumes de pulverização houve melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel. Explicaram que altos volumes de aplicação permitem uma redistribuição de produto, por meio do escorrimento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição. No entanto, essas aplicações apresentam mais risco de contaminação do solo, em virtude da possibilidade da não-retenção de produto pelas folhas.

O conhecimento do espectro das gotas é fator importante. As gotas de diâmetro reduzido são biologicamente mais eficazes, porém pouco seguras do ponto

de vista ambiental (CUNHA, 2003). Teoricamente, espera-se que elas propiciem maior cobertura do alvo. Entretanto, na prática, isso pode não ocorrer. Cross et al. (2001) estudaram a influência da variação do tamanho de gotas (DMV de 156 a 237 μm) na deposição de agrotóxicos em alvos naturais e encontraram cobertura do alvo semelhante quando do uso de gotas nessa faixa de diâmetro. Isso ocorreu devido às perdas das gotas pequenas provocadas por deriva e evaporação.

Segundo Murphy et al. (2000), o desvio da trajetória das partículas liberadas durante a aplicação é influenciado pela velocidade do vento, pela distância do alvo, pela velocidade de deslocamento do equipamento e pelo tamanho de gotas. À medida que aumenta a proporção de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , aumenta também a deriva, conforme trabalho desenvolvido pela SDTF (1997), constituindo risco considerável de contaminação da água, do solo e dos alimentos. As gotas grandes, entretanto, em razão do peso, normalmente não se aderem à superfície das folhas e terminam no solo devido ao escorrimento.

Geralmente se consegue melhor uniformidade de distribuição da calda com gotas pequenas, mas elas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou ser levadas pela corrente de ar (TEIXEIRA, 1997). Lefebvre (1989) e Márquez (1997) afirmaram que gotas menores que 100 μm são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800 μm tendem a escorrer da superfície das folhas. Outro fator importante que deve ser considerado, para o controle eficaz das pragas e doenças, é a adequada penetração das gotas no dossel das plantas.

O tamanho da gota de pulverização afeta o movimento do jato em direção ao alvo e a deposição nele (SALYANI, 1988; FAROOQ et al., 2001). Salyani et al. (1988) estudaram o efeito do volume de pulverização e a taxa de deposição no interior do dossel de plantas de cítricas com pulverizadores hidropneumáticos. Trabalho semelhante foi realizado por Farooq e Salyani (2002), com pulverizador montado em forma de torre com fluxo transversal e atomizadores. Em ambos os trabalhos, concluiu-se que houve mais deposição no exterior do que no interior do dossel da planta em todos os volumes de pulverização. No entanto, quando se utilizou volume de pulverização menor, houve aumento relativo de deposição nas folhas internas em relação às demais.

Em muitos casos, a diferença aparente da eficácia pode ser explicada pela quantidade e pela distribuição da deposição inicial, sabendo-se que a variabilidade da

deposição traz influencia no efeito biológico. A busca dos melhores parâmetros de aplicação é importante estratégia no conceito de manejo de pragas.

Assim, este trabalho objetivou estudar a influência da cobertura física, propiciada pela calda pulverizada, na eficácia dos tratamentos para o controle do bicho-mineiro do cafeeiro e estabelecer parâmetros que possam ser utilizados em processos de certificação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Biologia Animal da UFV, no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV e na Fazenda Cinco Estrelas, de propriedade do sr. Ricardo Bartholo, no município de Patrocínio-MG, no período de agosto a outubro de 2004.

Inicialmente, os trabalhos foram conduzidos com o intuito de verificar a influência do corante na eficácia dos inseticidas a serem usados e a suscetibilidade dos insetos a inseticidas. Nos trabalhos subseqüentes foi utilizado o inseticida que proporcionou maior mortalidade.

Estes ensaios foram realizados no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas. As folhas de café com minas ativas de *Leucoptera coffeella* foram colhidas na lavoura, variedade Catuaí, com idade de 4 anos, na fazenda experimental da UFV, localizada no distrito do Fundão. As folhas foram colhidas no terço médio da planta e entre o terceiro e sexto par, a partir da extremidade do ramo por ser o local de maior incidência da praga.

Foram selecionadas folhas que apresentaram características de lesão com larvas ativas. Uma segunda seleção de folhas foi feita no laboratório, com um diafanoscópio para certificar-se de que as lesões realmente possuíam larvas vivas em seu interior. O experimento foi conduzido no mesmo dia da coleta.

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e uma testemunha, com quatro repetições. Os tratamentos foram: testemunha; água com corante; fenprotrina 300 CE; fenprotrina 300 CE com corante; cartap 500 PS; e cartap 500 PS com corante. O tratamento da testemunha foi feito somente com água.

As caldas inseticidas foram preparadas utilizando-se os produtos comerciais diluídos em água na concentração correspondente a 100% da recomendação feita pelos fabricantes. As concentrações dos ingredientes ativos nas caldas foram 1,25 g L⁻¹ para o cartap e 0,3 mL L⁻¹ para a fenpropratrina.

Em todos os tratamentos, inclusive a testemunha, foi adicionado à calda 0,06 g L⁻¹ do agente tenso ativo polioxietileno alquil fenol éter.

Como corante utilizou-se o produto, marca “Guarany”, cor preta, indicado para tintura de tecidos, na proporção de 10 g L⁻¹ de calda. O corante foi previamente dissolvido em água fervente, conforme a recomendação do fabricante. A utilização de um corante é necessária uma vez que em ensaios preliminares as manchas provocadas pela alta densidade de gotas nas etiquetas sensíveis à água se uniram, dificultando a leitura.

As folhas do cafeeiro foram imersas em caldas inseticidas por cinco segundos, em seguida colocadas para secar por 20 minutos e, após a secagem, acondicionadas em potes de plástico de 500 mL. Uma camada de esponja de 2 cm de espessura foi colocada no fundo dos potes, na qual se adicionaram 25 mL de água destilada, com o objetivo de manter a umidade relativa adequada à sobrevivência dos insetos.

As folhas foram preparadas e acondicionadas em potes de plástico, tomando-se o cuidado de eliminar a parte dilacerada do seu pecíolo. Foram acondicionadas três folhas em cada pote, fixando-as através do pecíolo em uma esponja umedecida no fundo do pote. Em seguida, os potes foram tampados e levados para uma estufa incubadora a 25 ± 0,5°C e umidade relativa de 75 ± 5%. Cada unidade experimental foi constituída por dois potes.

As avaliações foram feitas 48 horas após a imersão das folhas na calda. Foram feitas avaliações do número de insetos vivos e mortos por unidade experimental; os resultados foram corrigidos em relação à mortalidade ocorrida na testemunha usando-se a Equação 1, proposta por Abbott (1925).

$$E = \frac{T - C}{T} \times 100 \quad (1)$$

em que:

E = mortalidade (%);

T = sobrevivência na testemunha (%); e

C = sobrevivência na parcela experimental (%).

Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa SAEG 8.0. O produto que apresentou melhor eficácia foi usado nos ensaios subsequentes.

Os ensaios de eficácia do inseticida em função da cobertura física proporcionada pela calda de pulverização foram conduzidos, inicialmente, no Laboratório de Mecanização Agrícola, com folhas de café infestadas (Figura 2), e, posteriormente, no campo, em uma lavoura comercial de café.

No laboratório, utilizou-se o inseticida cartap 500 PS, por ter apresentado a maior porcentagem de mortalidade no ensaio de determinação de suscetibilidade da praga aos inseticidas, conduzido inicialmente.

O equipamento utilizado foi um pulverizador Hatsuta, modelo SS 420, acoplado a um trator Valtra Valmet 800L (Figura 1). O manômetro do pulverizador foi calibrado inicialmente, e a curva de calibração utilizada para a correção dos valores das pressões utilizadas.



Figura 1. Pulverizador hidropneumático utilizado nos ensaios acoplado ao trator.



Figura 2. Folhas infestadas por *Leucoptera coffeella* (A) e detalhes da lesão com as larvas em atividade (B).

A calda inseticida foi preparada diluindo-se o produto comercial cartap 500 PS em água, obtendo-se a concentração do ingrediente ativo, na calda, de $1,25 \text{ g L}^{-1}$,

conforme recomendação do fabricante. Foram adicionados o corante “Guarany” na proporção de 10 g L⁻¹ e o agente tenso-ativo polioxietileno alquil fenol éter na proporção de 0,06 g L⁻¹.

As folhas foram colhidas em lavoura da fazenda experimental da UFV. Posteriormente, fez-se uma seleção das folhas, com um diafanoscópio para identificar as minas com larvas vivas. As folhas selecionadas foram fixadas com fita adesiva em ripas de madeira de 2 cm de largura e 60 cm de comprimento. Em cada ripa foram fixadas seis folhas, uma etiqueta de papel “contact” e uma etiqueta de papel sensível à água usada como superfícies amostradoras de gotas (Figura 3).



Figura 3. Disposição das folhas infestadas por *Leucoptera coffeella* e as etiquetas amostradoras na ripa de madeira.

Para fixação das ripas com as folhas e as etiquetas coletoras, foram construídos suportes de madeira de 2,5 m de altura, com locais para fixação a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 m de altura que foram posicionados em três distâncias em relação à pista de rolamento do equipamento aplicador, a saber: 0,8; 1,6 e 2,4 m de distância, simulando a periferia da planta de café, o centro e o lado oposto à pulverização (Figura 4).



Figura 4. Posicionamento dos suportes para fixação das ripas com folhas e etiquetas amostradoras em relação ao deslocamento do conjunto trator/pulverizador.

Os locais de fixação das ripas com as folhas foram escolhidos em função das variáveis de cobertura física desejadas, utilizando como referência os resultados obtidos nos ensaios de distribuição conduzidos preliminarmente.

Foram usados 26 tratamentos com cinco repetições escolhidos, segundo resultados obtidos preliminarmente, de acordo com as características da cobertura proporcionada pela pulverização. Foram combinados: velocidade de deslocamento, bicos de pulverização, velocidade do ventilador e posição de coleta. Isso permitiu obter valores variados dos parâmetros da pulverização.

Após a passagem do pulverizador, as folhas foram recolhidas e depositadas sobre uma superfície recoberta com papel-toalha. Após 20 minutos, tempo suficiente para a secagem da calda, as folhas foram colocadas em potes de plástico e acondicionadas em uma estufa incubadora a $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ com umidade relativa de $75 \pm 5\%$, conforme item anterior.

A mortalidade foi determinada 48 horas após a aplicação, usando-se a Equação 1, proposta por Abbott (1925).

Inicialmente foi realizada uma análise de regressão múltipla, considerando as variáveis independentes: coeficiente de homogeneidade (CH), diâmetro da mediana volumétrica (DMV), porcentagem de cobertura (Cob), densidade de gotas (Den) e volume aplicado por unidade de área (Vol).

O objetivo da regressão múltipla foi verificar a correlação entre as variáveis independentes e permitir a escolha do modelo estatístico que melhor representasse os valores de mortalidade obtidos.

A análise dos resultados foi realizada após a avaliação dos resíduos, com base no teste de Shapiro-Wilk e na observação dos gráficos. Após a definição do modelo e análise dos resíduos, realizou-se a análise de regressão.

Ensaio de campo

A eficácia em função dos parâmetros de pulverização, em campo, foi analisada por meio de um ensaio conduzido em uma lavoura de café variedade Mundo Novo, com 1,80 m de altura e espaçamento de 4 x 1 m. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições, em um fatorial 3x2 (três velocidades dois tipos de bicos), conforme Tabela 1, utilizadas para obtenção de DMV e densidade de gotas desejadas.

Tabela 1. Combinações dos parâmetros de pulverização utilizados no ensaio de campo

Tratamento	Velocidade (km h ⁻¹)	Bico
1	3,6	JA-1
2	3,6	JA-2
3	5,6	JA-1
4	5,6	JA-2
5	8,2	JA-1
6	8,2	JA-2

Utilizou-se um trator marca Valtra BF 75, que trabalhou na aceleração de 1.700 rpm em todas as marchas escolhidas, e um pulverizador marca Jacto, modelo Arbus 2000, com conjunto de sete bicos do mesmo modelo para cada tratamento. Os bicos foram colocados de forma a permitir que a pulverização atingisse toda a planta. A pressão foi fixada em 620 kPa.

A calda de pulverização foi preparada com o produto comercial cartap 500 PS, na concentração do ingrediente ativo na proporção de 1,25 g L⁻¹ de água, sendo adicionado o agente tenso ativo polioxietileno alquil fenol éter, na proporção de 0,06 g L⁻¹, e o corante preto marca “Guarany”, na proporção de 10 g L⁻¹ de calda.

Cada unidade experimental foi constituída de dez plantas de café e entre uma unidade e outra foi deixado um espaço de dez metros. Foram fixadas uma etiqueta coletora de papel sensível à água e duas de plástico confeccionadas a partir de material adquirido no mercado local, da marca comercial “contact”. As etiquetas foram colocadas no terço médio da planta central de cada unidade, sendo dobradas cobrindo as duas faces da folha e presas usando um clipe. Os blocos foram constituídos por linhas alternadas de plantio dentro do mesmo talhão.

As pulverizações foram realizadas à temperatura de 32°C, velocidade máxima do vento de 4 m s⁻¹ e umidade relativa de 61%, utilizando apenas uma lateral do pulverizador.

Após dez minutos, tempo suficiente para a secagem das gotas, as etiquetas foram recolhidas e posteriormente analisadas através do programa computacional “Image Tool” versão 3.0.

Transcorridas 72 horas, folhas com sinal de minas foram colhidas no terço médio da planta, entre o terceiro e o sexto par, a partir da extremidade dos ramos, na altura equivalente à colocação das etiquetas amostradoras.

Efetuada a contagem de larvas vivas e mortas, o resultado foi corrigido segundo a Equação 1, proposta por Abbott (1925), determinando-se a mortalidade nos tratamentos.

Os dados foram analisados pelo programa “Statistical Analyses Systems – SAS” versão 8.2.

As etiquetas amostradoras de gotas foram analisadas usando o programa computacional “Image Tool” versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto que proporcionou maior mortalidade foi o cartap 500 PS, independentemente do uso de corante,(Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade de bicho-mineiro proporcionada pelos dos inseticidas

Tratamento	Mortalidade(%)*
Cartap 500 PS	92,50 A
Cartap 500 PS+ corante	93,50 A
Fenproprina 300 CE	53,50 B
Fenproprina 300 CE + corante	55,25 B

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A mortalidade média foi de 93%, resultado que permite concluir que a população de *Leucoptera coffeella* em estudo não apresenta resistência significativa ao cartap 500 PS na dose usada, motivo pelo qual esse inseticida foi escolhido para os ensaios seguintes.

No estudo da população de gotas optou-se pelas etiquetas amostradoras de papel revestido de plástico, uma vez que nas etiquetas sensíveis à água as manchas se uniram quando houve alta densidade de gotas, conforme a Figura 5 (A e B), fato esse já detectado por Panneton (2002). As gotas em alta velocidade, ao impactarem as etiquetas sensíveis à água, formaram manchas alongadas, dificultando as medições, fato não observado nas etiquetas revestidas com plástico (Figura 5 C e D).

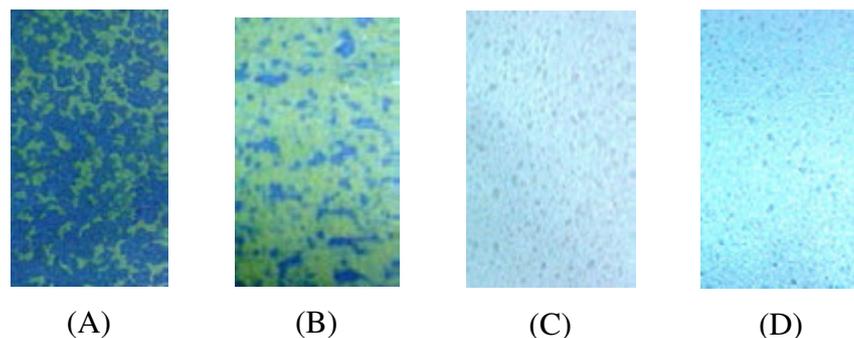


Figura 5. Etiquetas de papel sensíveis à água (A e B) e etiquetas de papel revestidas de plástico marca “contact” (C e D) com alta densidade de gotas de pulverização

Eficácia do inseticida em função da cobertura física

A análise de regressão múltipla, com todas as variáveis independentes, permitiu constatar correlação significativa entre alguns pares das variáveis em estudo. Optou-se pela utilização do modelo reduzido (Equação 2), considerando-se apenas as variáveis DMV e densidade, por terem apresentado menor correlação entre si, indicando que elas carregam informações que influenciam de maneira diferenciada na mortalidade dos insetos. Portanto, a inclusão na análise de regressão de outras variáveis não aumentou o coeficiente de determinação (R^2). Isso mostra que a utilização de grande número de variáveis altamente correlacionadas não serve ao incremento no valor de ajuste de um modelo para explicar o fenômeno da eficácia.

$$y_{ijk} = a + b D_i + c DMV_j + e_{ijk} \quad (2)$$

em que:

y_{ijk} = mortalidade (%);

D_i = número de gotas por unidade de área (gotas cm^{-2});

DMV_j = diâmetro da mediana volumétrica (μm); e

e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação “k”, submetida a Den_i e DMV_j .

O modelo ajustado para a mortalidade é apresentado na Equação 3.

$$E = 57,56327 + 0,17112D + 0,01759DMV \quad R^2 = 0,41 \quad (3)$$

em que:

E = mortalidade causada pelo inseticida, %;

D = densidade de gotas, gotas cm^{-2} ; e

DMV = diâmetro da mediana volumétrica, μm .

O modelo escolhido apresentou comportamento linear para as variáveis estudadas, cujos coeficientes foram significativos a nível de 1% pelo teste t. O coeficiente de determinação (R^2), embora tenha apresentado valor equivalente a 0,41, deve ser considerado satisfatório, pois algumas variáveis que poderiam influenciar a eficácia não foram passíveis de ser controladas neste trabalho. Entre elas, podem-se citar: ínstar da larva, tamanho da lesão, número de larvas por lesão, número de lesão por folha e idade da folha lesionada.

Na Figura 6 podem-se observar os valores da mortalidade em função do DMV e da densidade das gotas.

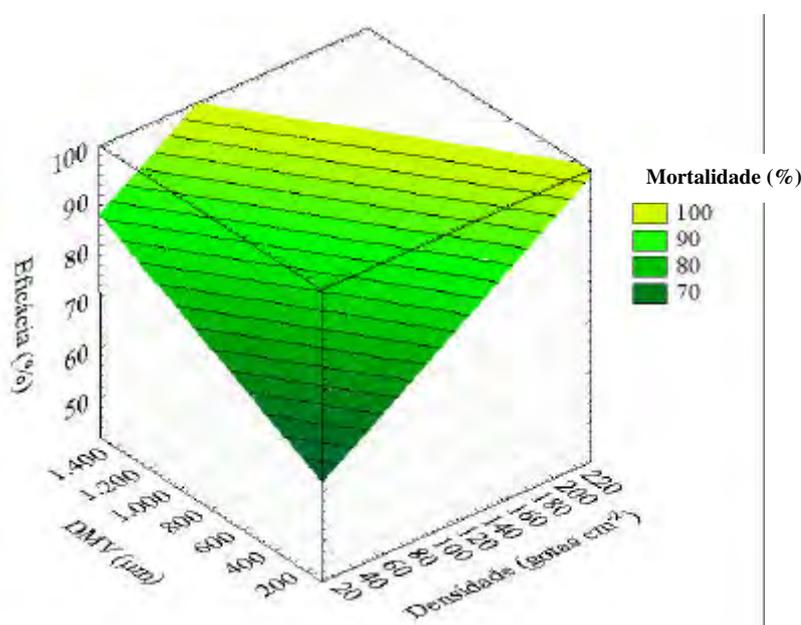


Figura 6. Mortalidade causada pelo inseticida em função do DMV (μm) e da densidade das gotas de pulverização (gotas cm^{-2}).

O modelo permite estimar a mortalidade na faixa compreendida entre 70% e 100%, em função do DMV e da densidade de gotas. Para uma mortalidade estimada de 90%, valor máximo considerado por Corso et al. (1999), foi necessário utilizar densidade de 170 gotas cm^{-2} com DMV de 200 μm . Adotou-se a mortalidade de 90% uma vez que a lógica dos programas de manejo de pragas prevê que uma parcela da população dos insetos deve permanecer viva no campo para a preservação dos agentes de controle biológico e manter a diversidade genética da praga para garantir indivíduos susceptíveis aos inseticidas e dificultar o surgimento de populações resistentes.

Ao se trabalhar com uma população de gotas de DMV de 300 μm , a densidade para obter o mesmo controle foi de 159 gotas cm^{-2} . Os valores obtidos foram diferentes dos propostos por Barthelemy et al. (1990), que citam, de modo

geral, a necessidade de no mínimo 30 a 50 gotas cm^{-2} como valor mínimo para um bom controle.

Pequenas variações percentuais na densidade de gotas exigem variações mais amplas no DMV para obter o mesmo controle. Ao se diminuir 7,5% na densidade de gotas, foi necessário aumentar o seu DMV em 50% para manter o controle em 90%. O aumento do DMV, em termos percentuais, traz um incremento na taxa de aplicação mais significativo que a densidade. Assim, quando se elevou o DMV de 200 para 300 μm para controle de 90%, o volume aplicado por unidade de área foi 3,17 vezes superior, evidenciando, dessa forma, a maior importância da densidade de gotas na redução da taxa de aplicação.

O trabalho evidencia que o DMV de 200 μm pode ser considerado o ideal para as aplicações, pois, uma vez mantida a densidade de gotas, torna-se necessária grande variação do DMV para proporcionar pequena variação da mortalidade. Volumes de aplicações maiores aumentam proporcionalmente todos os riscos advindos dessa prática, aumentando os custos da operação. No entanto, gotas com diâmetros abaixo desse limite tendem a ser arrastadas pelo vento, não aderindo ao alvo, diminuindo o controle (CROSS et al., 2001).

A necessidade de uma densidade alta de gotas se explica pelo hábito característico da praga em estudo, que, ao formar a galeria no interior do parênquima foliar, fica protegida do contato direto com o inseticida, encoberta pelo tecido morto resultante da lesão. Por outro lado, o campo de ação das larvas é limitado pela periferia da lesão, e uma quantidade baixa de gotas por unidade de área possibilita a prevalência de áreas sem cobertura pelo inseticida, proporcionando menor contato com a praga.

Outro fator importante a se considerar é a característica do inseticida, que é absorvido de forma translaminar, dificultando sua distribuição uniforme ao longo da superfície da folha.

Resultado de campo

À semelhança do que ocorreu em laboratório, o modelo de controle que melhor se ajustou foi o linear, conforme descrito pela Equação 4, cujos coeficientes de DMV e densidade foram significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

$$= 22,5979 + 0,1043\text{Den} + 0,09345\text{DMV} \quad R^2 = 0,69 \quad (4)$$

Na Figura 7 estão representados os valores médios estimados de DMV e densidade de gotas para obter controle de 90% em campo e laboratório, respectivamente.

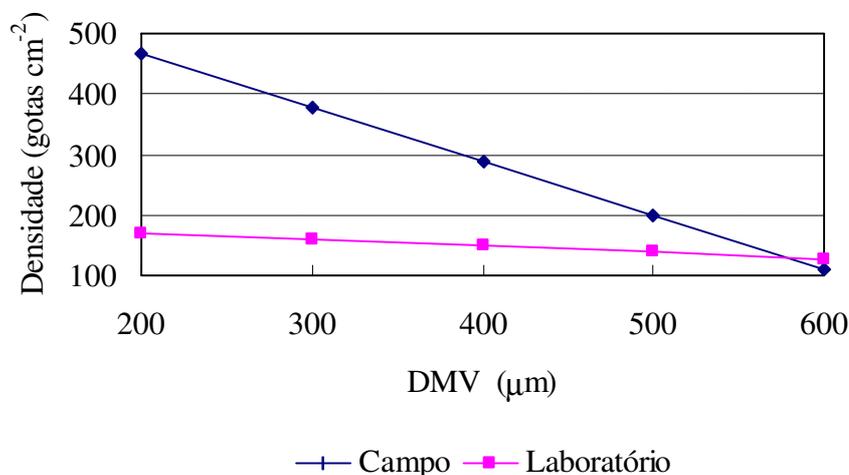


Figura 7. Estimativa da densidade de gotas e DMV necessária para controle de 90% em campo e laboratório.

Foi necessária uma densidade de gotas maior e com o DMV superior ao determinado em laboratório para o mesmo controle. Para o DMV de 200 μm foi necessária uma densidade de 467 gotas cm⁻²; para o DMV de 300 μm, a densidade necessária foi de 377 gotas cm⁻².

O tamanho das gotas, influenciou de maneira mais direta o controle no campo. Esse fato se explica pelas condições adversas por ocasião da condução dos ensaios, cujos fatores climáticos contribuíram para a rápida evaporação das gotas antes que elas fossem absorvidas pelas folhas, constituindo-se assim uma forma de perda do produto. Isso evidencia a importância de efetuar as pulverizações somente quando as condições forem favoráveis, sob pena de se exigir uma quantidade de produto muitas vezes superior à necessária para um bom controle.

O coeficiente de homogeneidade (CH) foi de 1,56, ou seja, a população de gotas foi homogênea nesse tipo de pulverização.

CONCLUSÕES

- A adição de corante preto Guarany na calda de pulverização possibilitou o contraste necessário para delimitação das gotas, não afetou a eficácia do inseticida.

- O menor consumo de inseticidas para um controle de 90% foi obtido com densidade equivalente a 170 gotas cm⁻² e DMV de 200 µm.
- Uma diminuição de 7,5% na densidade populacional das gotas exigiu aumento de 50% no DMV para manter o controle em 90%.
- O fator que mais aumentou o controle foi a densidade populacional das gotas.
- O DMV e a densidade de gotas explicaram de forma significativa o fenômeno do controle do inseto.
- As condições adversas do campo exigiram aumento considerável da densidade e do DMV das gotas de pulverização para se obter o mesmo controle alcançado em laboratório.

BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Jornal of Economic Entomology**, Lanham, v.18, n.3, p.265-267, 1925.

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulverisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.

CARRERO, J.M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159p.

CORSO, I.C.; GAZZONI, D.C.L.; NERY, M.E. Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. **Revista: Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.34, n. 9, p. 1529-1538. 1999.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v.20, p.333-343, 2001.

CUNHA, J. P. R. da. **Tecnologia de aplicação do chlorotalonil no controle de doenças do feijoeiro**. Universidade Federal de Viçosa. UFV-MG. 2003. 81 p. (Tese de doutorado).

DERKSEN, R.C.; SANDERSON, J.P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 39, n. 1, p. 5-9, 1996.

FAROOQ, M.; BALACHANDAR R.; WULFSOHN D.; WOLF T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **J. Agric. Eng. Res.** v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

FAROOQ, M.; SALYANI M. Spray penetration into the citrus tree canopy from two air-carrier sprayers. **Transactions of the ASAE**, vol. 45, n.5, p. 1287-1293, 2002.

FRAGOSO, D. B., JUSSELINO FILHO, P., PALLINI FILHO, A., BADJI, C.A. **Action of Organophosphate Insecticides Used to Control *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) on the Predator Mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae).** *Neotrop. Entomol.* 2002, v.31, n.3, p.463-467.

GUEDES, R.N.C. & E.E. OLIVEIRA. Resistência a inseticidas-pragas do cafeeiro: Situação e perspectivas, p. 471-497. In L. **Zambolim** (ed.), O estado da arte de tecnologias na produção de café. Viçosa, UFV . 2002. 568p.

HALL, F. **Application to plantation crops. In:** Application technology for crop protection. Cab International. Wallingford. p. 187-211. 1993.

LIMA, E. R.; AMBROGI, B. G.; COSTA, F. G.; SARAIVA, R. M. Emprego de semioquímicos no Manejo de Pragas do Café. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Produção Integrada de Café.** Viçosa, MG: UFV; DFP,2003. p. 47-66.

LEFEBVRE, A.H. **Atomization and sprays.** International Series: Combustion. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421p.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-Rom. Palestra.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 1, 1985, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1985. p.3-11.

MICHELETTI, S.M.F.B. Efeito de inseticidas sobre a emergência de *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Na. Soc. Ent. Brasil** n. 20, p. 265-269, 1991

MURPHY S.D.; MILLER, P.C.H.; PARKIN, C.S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **J. Agric. Engng. Res.**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

PANNETON, B. Image analysis of water-sensitive cards for spray coverage experiments. **Applied Engineering in Agriculture.** v. 18 n. 2, p.179-182, 2002.

SALYANI, M. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 6, p. 1680-1684, 1988.

SALYANI, M.; MCCOY, C.W.; HEDDEN, S.L.. Spray volume effects on deposition and citrus rust mite control. In: **Pesticide Formulations and application Systems.** ASTM STP 980. West Conshohocken, Pa: American Society for Testing and Materials. 1988. v.8, p. 254-263

SDTF – Spray Drift Task Force. **A summary of ground application studies.** Missouri: SDTF, 1997. 6p.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (Eds.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro.** Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

TEIXEIRA, M.M.; RODRIGUES, G.J.; CUNHA, J.P.R. Rastreabilidade – Uma Nova Meta para a Fruticultura Nacional. In: ZAMBOLIN, L. **Manejo Integrado; produção integrada; fruteiras tropicais; doenças e pragas.** Viçosa, 2003, p.457-516.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 1997. 310p.

WALKLATE, P.J.; RICHARDSON, G.M.; CROSS, J. V.; MURRAY, R.A. Relationship between orchard tree crop structure and performance characteristics of a axial fan sprayer. In **Pesticide application: Aspects of Applied Biology.** J.V. CROSS, A.J. GILBERT, C. R. GLASS, W. A. TAULOR, P.J. WALKLATE, and N. M. WESTERN, eds. WARWICK, U.K.: Wellesbourne. 2000. v.57 p.285-292

RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar os parâmetros proporcionados por um equipamento de pulverização hidropneumático utilizado em ensaios de eficácia de inseticidas para controle do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*), para determinar parâmetros que possam ser rastreados em um processo de certificação. Foram determinadas as características do jato de pulverização produzido por dois jogos de bicos tipo cone; as características da cortina de ar produzida pelo pulverizador na saída do ventilador e em distâncias equivalentes à linha de plantio do café em lavoura comercial; e a influência destas características na distribuição espacial das gotas de pulverização. Foram analisados o DMV, o coeficiente de homogeneidade (CH), a porcentagem de cobertura e a densidade de gotas. Com os parâmetros conhecidos, procedeu-se a uma série de ensaios a fim de correlacioná-los com a eficácia dos inseticidas para controle da referida praga. No estudo das gotas de pulverização, determinou-se o espalhamento proporcionado por etiquetas de papel revestido com plástico, marca “contact”, uma vez que as etiquetas disponíveis no mercado não ofereceram condições de utilização para os parâmetros em estudo.

Concluiu-se deste trabalho que:

- O uso das etiquetas mostrou-se seguro e confiável, sendo uma alternativa viável em campo, apresentando um coeficiente de espalhamento de 1,61.
- O desempenho dos bicos medidos através do coeficiente de descarga foi de 0,233 e 0,286 para os bicos JA-1 e JA-2, respectivamente, ficando abaixo do proposto para os bicos de fluxo turbulento.
- A vazão total de ar do ventilador foi de $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo considerado um ventilador de baixa vazão de ar na categoria dos pulverizadores hidropneumáticos.
- A velocidade máxima do ar na saída do ventilador foi de $32,72 \text{ km h}^{-1}$ e a mínima de $23,07 \text{ km h}^{-1}$, para as velocidades do rotor de 2.160 e 1.560 rpm, respectivamente.
- O coeficiente de uniformidade da velocidade do ar na saída do ventilador situou-se entre 0,76 e 0,82.
- A velocidade do ar medida a uma distância de 0,8 m da saída do ventilador com o rotor a 2.160 rpm, variou de 15 a $3,8 \text{ m s}^{-1}$ nas alturas de 0,5 e 2,5 m em relação ao nível do solo, respectivamente.

- A cobertura proporcionada pelo pulverizador na faixa total compreendida entre 0,8 e 2,4 m de distância da saída do ventilador foi 12 e 2,2% nas posições equivalentes às alturas de 0,5 e 2,5 m, respectivamente, na rotação do rotor de 1.860 rpm.
- A densidade de gotas foi de 284 e 84 gotas cm^{-2} e o DMV de 237 e 180 μm na faixa compreendida entre 0,8 e 2,4 m de distância da saída do ventilador nas alturas de 0,5 e 2,5 m, respectivamente, e o rotor na velocidade de 1.860 rpm.
- O menor consumo de inseticidas para um controle de 90% foi obtido com densidade equivalente a 170 gotas cm^{-2} e DMV de 200 μm .
- Uma diminuição de 7,5% na densidade populacional das gotas exigiu aumento de 50% no DMV para manter o controle em 90%.
- O fator que mais influenciou o controle foi a densidade populacional das gotas.
- Os parâmetros referentes ao DMV e à densidade de gotas explicaram de forma significativa o fenômeno da eficácia do inseticida.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 1 – Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-1 na pressão de 414 kPa

Bicos	Pressão de 414 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,299	0,002	0,26
2	0,302	0,007	0,99
3	0,294	0,004	0,55
4	0,292	0,003	0,53
5	0,299	0,001	0,13
6	0,298	0,002	0,24
7	0,291	0,002	0,27
8	0,292	0,002	0,33
9	0,297	0,001	0,21
10	0,300	0,000	0,00
11	0,301	0,002	0,26
12	0,300	0,000	0,00
13	0,300	0,003	0,42
14	0,301	0,002	0,26

Tabela 2 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-1 na pressão de 620 kPa

Bicos	Pressão de 620 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,371	0,001	0,10
2	0,371	0,000	0,21
3	0,363	0,003	0,34
4	0,362	0,004	0,43
5	0,370	0,000	0,30
6	0,370	0,000	0,00
7	0,359	0,001	0,26
8	0,363	0,003	0,38
9	0,369	0,001	0,10
10	0,370	0,001	0,16
11	0,372	0,002	0,24
12	0,366	0,002	0,22
13	0,368	0,001	0,26
14	0,371	0,001	0,08

Tabela 3 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-1 na pressão de 1034 kPa

Bicos	Pressão de 620 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,481	0,005	0,40
2	0,486	0,0045	0,40
3	0,472	0,004	0,33
4	0,472	0,002	0,20
5	0,478	0,002	0,16
6	0,474	0,003	0,21
7	0,472	0,002	0,20
8	0,479	0,002	0,16
9	0,486	0,002	0,17
10	0,479	0,000	0,03
11	0,141	0,001	0,27
12	0,482	0,000	0,00
13	0,471	0,001	0,08
14	0,478	0,002	0,20

Tabela 4 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-1 na pressão de 1448 kPa

Bico	Pressão de 1448 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,574,8	0,003	0,20
2	0,579,0	0,007	0,46
3	0,571,4	0,002	0,13
4	0,573,0	0,003	0,21
5	0,571,0	0,002	0,14
6	0,572,0	0,011	0,79
7	0,565,0	0,003	0,22
8	0,569,0	0,004	0,26
9	0,573,6	0,008	0,54
10	0,578,0	0,005	0,35
11	0,583,0	0,002	0,27
12	0,580,8	0,002	0,11
13	0,571,0	0,002	0,14
14	0,578,0	0,002	0,17

Tabela 5 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-2 na pressão de 414 kPa

Bico	Pressão de 414 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,580	0,001	0,06
2	0,580	0,001	0,06
3	0,580	0,001	0,08
4	0,569	0,001	0,05
5	0,559	0,001	0,07
6	0,28,	0,002	0,11
7	0,573	0,004	0,31
8	0,579	0,002	0,16
9	0,580	0,000	0,00
10	0,570	0,000	0,00
11	0,571	0,001	0,05
12	0,581	0,002	0,12
13	0,573	0,004	0,28
14	0,571	0,002	0,14

Tabela 6 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-2 na pressão de 620 kPa

Bico	Pressão de 620 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,716	0,004	0,22
2	0,721	0,001,95	0,10
3	0,710	0,000	0,00
4	0,716	0,002	0,11
5	0,717	0,003	0,17
6	0,717	0,004	0,23
7	0,719	0,002	0,11
8	0,724	0,003	0,15
9	0,729	0,002	0,11
10	0,713	0,001	0,08
11	0,724	0,002	0,11
12	0,728	0,001	0,05
13	0,716	0,002	0,11
14	0,720	0,000	0,00

Tabela 7 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-2 na pressão de 1034 kPa

Bicos	Pressão de 1034 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,956	0,002	0,08
2	0,956	0,002	0,08
3	0,940	0,001	0,03
4	0,954	0,004	0,15
5	0,938	0,004	0,17
6	0,947	0,002	0,06
7	0,955	0,003	0,13
8	0,951	0,002	0,08
9	0,952	0,002	0,10
10	0,950	0,000	0,00
11	0,956	0,002	0,08
12	0,956	0,004	0,15
13	0,951	0,002	0,08
14	0,954	0,004	0,15

Tabela 8 - Resumo do erro de medição da vazão dos bicos JA-2 na pressão de 1448 kPa

Bicos	Pressão de 1448 kPa		Erro (%)
	Vazão média (L min ⁻¹)	Desvio padrão	
1	0,1142	0,002	0,06
2	0,1148	0,004	0,14
3	0,1142	0,002	0,06
4	0,1141	0,002	0,06
5	0,1141	0,008	0,29
6	0,1141	0,001	0,03
7	0,1159	0,007	0,23
8	0,1152	0,015	0,43
9	0,1160	0,000	0,00
10	0,1132	0,004	0,14
11	0,1148	0,008	0,29
12	0,1152	0,010	0,35
13	0,1144	0,004	0,15
14	0,1146	0,008	0,28

Tabela 9 – Resumo estatístico da vazão do bico JA-1

Parâmetros	Pressão (kPa)			
	414	620	1034	1448
Media (mL)	297,75	367,60	477,60	574,25
Desv. Pad	3,56	3,93	5,25	4,77
Erro (%)	0,15	0,13	0,13	0,10

Tabela 10 – Parâmetros da vazão do bico JA-2

Parâmetros	Pressão (kPa)			
	414	620	1034	1448
Media	575,34	719,44	951,27	1146,54
DesvPad	4,57	5,31	5,56	7,29
Erro (%)	0,09	0,09	0,07	0,08

Tabela 11 – Análise comparativa entre os valores da vazão obtida e os valores fornecidos pelo fabricante

Bico	“F” Fischer – (Graybill)		Test. “T” (resíduos)		Coef. de correlação (r^2 1-ê)	Nível de significância (%)
	Calculado	Tabelado	Calculado	Tabelado		
JA1	1,040	19	1,049	3,18	s	1
JA2	5,396	19	1,985	3,18	s	1

Tabela 12 - Análise de variância do ângulo dos bicos de pulverização em função de diferentes pressões.

FV	GL	SQ	QM	F
Pressão (P)	3	32,8976	10,9658	14,4900*
Bico (B)	1	10,0128	10,0128	13,2300*
P x B	3	7,3716	2,4572	3,2500*
Resíduo	24	18,1577	0,7565	
CV(%)			1,07	

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ANEXO 2

Tabela 1 – Resumo estatístico das dimensões do café com 3 anos de idade

Dimensões	Parâmetros			
	Variância	Desv pad.	Erro	Media (cm)
Altura	12,64	3,55	1,21	115,60
Largura	50,96	7,13	2,43	125,20

Tabela 2 – Resumo estatístico das dimensões do café com 4 anos de idade

Dimensões	Parâmetros			
	Variância	Desv pad.	Erro	Media (cm)
Altura	51,44	7,17	2,45	146,60
Largura	96,00	9,79	3,34	133,00

Tabela 3 – Resumo estatístico das dimensões do café com 5 anos de idade

Dimensões	Parâmetros			
	Variância	Desv pad.	Erro	Media (cm)
Altura	55,76	7,46	2,55	191,80
Largura	154,24	12,41	4,24	167,60

Tabela 3 - Análise de variância ensaios de espalhamento da gota de água com corante no papel contact

FV	GL	SQ	QM	F
Diâmetro real	5	4314911,0000	862982,2000	2329,5450*
Resíduo	30	11113,5300	370,4510	
CV(%)		2,20		

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância de regressão para os ensaios espalhamento da gota de água com corante no papel contact

FV	GL	QM
Regressão	1	4247913,0000*
Falta de ajuste	5	2297386 ^{ns}
Resíduo	30	370,4510

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Análise de variância ensaios de espalhamento da gota de água com corante e inseticida no papel contact

FV	GL	SQ	QM	F
Diâmetro real	5	5736684,0000	1147337,0000	1908,4950*
Resíduo	30	18035,2100	601,1736	
CV(%)		2,46		

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância de regressão para os ensaios espalhamento da gota de água com corante e inseticida no papel contact

	FV	GL	QM
Regressão		1	5637225,0000*
Falta de ajuste		5	3455,7080 ^{ns}
Resíduo		30	601,1730

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 – Resumo dos tratamentos utilizados para cada categoria de densidade de gotas.

Gota cm ⁻²	Tratamentos													
até 49	111125	112124	113114	113135	122235	123131	131223	133114	141132	143135	212135	213132	222233	232235
	111135	112125	113115	113224	123111	123132	131224	133115	141134	143234	212224	213133	222234	231211
	111215	112213	113121	113225	123112	123133	131225	133121	141135	143235	212225	213134	222235	231212
	111221	112223	113122	113235	123113	123134	131231	133123	141215	212114	212233	213135	223125	232225
	111222	112224	113123	121215	123114	123234	131232	133124	141225	212115	212234	213224	223131	241211
	111223	112225	113124	121224	123115	123235	131233	133125	141234	212122	212235	213232	223132	241212
	111224	112234	113125	121233	123121	131115	131234	133134	141235	212124	213115	213234	223134	242234
	111225	112235	113131	121234	123122	131124	131235	133135	142234	212125	213122	213235	223135	243235
	111233	113111	113132	121235	123123	131134	132125	133225	142235	212131	213123	222124	223232	
	111234	113112	113133	122232	123124	131214	132225	141124	143132	212133	213124	222133	223233	
	111235	113113	113134	122234	123125	131215	132235	141125	143134	212134	213125	222135	223234	
50 a 99	111123	112215	121214	123232	131221	141133	143125	212123	213112	221234	223111	231121	232235	242212
	111124	112221	121223	123233	131222	141212	143231	212132	213113	222111	223114	231213	233224	242225
	111134	112222	121225	131111	132124	141214	143232	212211	213114	222114	223114	231214	233225	243134
	111211	112231	121231	131112	133113	141224	211111	212212	213121	222123	223115	231221	233233	243135
	111213	112232	121232	131114	133122	141231	211112	212213	213131	222125	223122	231222	233234	243234
	111214	112233	122214	131121	133131	141232	211211	212214	213223	222132	223123	231223	233235	
	111231	113215	122215	131122	133132	141233	211212	212215	213225	222134	223124	232112	241111	
	111232	113223	122224	131123	133133	142135	212111	212222	213231	222223	223133	232135	241112	
	112115	113231	122233	131125	133224	143114	212112	212223	221112	222225	223225	232211	241213	
	112123	121135	123223	131135	133234	143115	212113	212231	221211	222231	231111	232224	241222	
	112214	121213	123231	131213	133235	143124	212121	212232	221212	222232	231112	232234	241231	

Gota cm ⁻²	Tratamientos													
100 a149	111121	112212	122132	131113	132232	141223	211214	213215	222122	223121	231233	232222	241215	242213
	111122	113234	122134	131131	132234	142134	211215	213233	222131	223214	232111	232223	241221	242214
	111131	121115	122211	131133	141111	143131	211221	221111	222211	223215	232121	233134	241223	242215
	111132	121124	122213	131211	141112	143133	211222	221221	222212	223224	232125	233232	241232	242233
	111133	121211	122223	131212	141115	143215	211223	221233	222213	231113	232133	241113	241234	242235
	111212	121212	122225	132115	141123	143224	211225	221235	222214	231122	232212	241121	241235	243133
	112121	121222	122231	132123	141131	211113	212221	222112	222215	231123	232213	241122	242111	243224
	112133	122113	123214	132134	141211	211121	213111	222113	222224	231132	232214	241131	242112	
	112135	122114	123224	132221	141213	211122	213211	222115	223112	231215	232215	241132	242135	
	112211	122115	123225	132224	141222	211213	213214	222121	223113	231225	232221	241214	242211	
150 a 199	111111	113214	121134	122222	133215	142114	211114	221113	222221	231114	232115	233123	241225	242222
	111112	113221	121221	131132	133222	142115	211115	221122	222222	231115	232122	233211	241233	242223
	111114	113222	122124	132114	133232	142124	211224	221131	223211	231224	232123	233212	242113	242224
	111115	113232	122125	132122	133233	142231	211234	221213	223212	231231	232124	233223	242114	242231
	112111	113233	122131	132135	141113	143112	211235	221214	223213	231232	232132	241114	242122	242232
	112112	121111	122133	132215	141114	143113	213212	221215	223221	231234	232134	241115	242124	243112
	112113	121112	122135	133111	141121	143121	213213	221222	223222	231235	232232	241123	242131	243125
	112122	121125	122212	133112	141122	143122	213221	221223	223223	232113	232233	241133	242132	243211
	113213	121133	122221	133214	141221	143123	213222	221224	223231	232114	233122	241224	242221	
200 a 249	111113	113212	121131	132111	132231	142233	211131	221115	221232	233112	233213	241124	243111	243233
	112114	121113	121132	132112	132233	143111	211134	221121	231124	233113	233214	242115	243213	
	112131	121114	122111	132113	142111	143225	211231	221123	231125	233115	233215	242121	243214	
	112132	121121	122112	132121	142113	211123	211232	221132	231131	233121	233221	242123	243231	
	112134	121122	122123	132213	142132	211124	211233	221225	232231	233124	233222	242125		
	113211	121123	123215	132223	142224	211125	221114	221231	233111	233125	233231	242133		

Gota cm ⁻²	Tratamentos													
250 a 299	122122	133211	133231	142211	142225	211133	221133	231135	241134	243114	243123	243221	243225	243232
	123222	133213	142122	142212	143214	211135	221134	232131	241135	243115	243124	243222		
	132131	133221	142123	142215	143233	221124	221135	233135	242134	243121	243212	243223		
	132214	133223	142125	142223	211132	221125	231133	241125	243113	243122	243215			
300 a 349	122121	123212	123221	132211	132222	142112	142213	142232	143222	231134	233132	233133	243131	243132
	123211	123213	132133	132212	133212	142133	142214	143213	143223	233131				
350 a 399	132132	142121	142131	142221	142222	143211	143212	143221						

Tabela 8 – Resumo dos tratamentos utilizados para cada categoria de DMV de gotas.

DMV	Tratamentos													
100 a 149	111225	112234	113114	113122	113131	113135	123113	123121	123124	123132	131134	141132	212234	223134
	111234	112235	113115	113123	113133	121234	123114	123122	123125	123133	131233	141234	213234	223234
	111235	113111	113121	113125	113134	123111	123115	123123	123131	123134	131235	142234	213235	
150 a 199	111115	112134	113231	121231	122214	123225	131224	132232	133224	141225	142231	143214	213131	232135
	111124	112135	113232	121232	122215	123231	131225	132234	133225	141231	142233	143215	213132	233134
	111125	112213	113233	121233	122221	123232	131231	132235	133231	141232	142235	143224	213133	242234
	111133	112214	113234	121235	122222	123233	131232	133112	133232	141233	143112	143225	213134	243134
	111134	112215	113235	122113	122223	123234	131234	133113	133233	141235	143113	143231	213135	243135
	111135	112223	121115	122114	122224	123235	132114	133114	133234	142114	143114	143232	222124	
	111215	112225	121124	122115	122225	131115	132115	133115	133235	142115	143115	143234	222133	
	111221	112231	121125	122123	122231	131122	132122	133121	141124	142122	143121	143235	222134	
	111223	112232	121133	122124	122232	131123	132124	133122	141125	142123	143122	212122	222135	
	111231	112233	121134	122125	122233	131124	132125	133123	141131	142124	143123	212124	222233	
	111232	113112	121135	122131	122234	131125	132133	133124	141133	142125	143124	212131	222234	
	111233	113113	121213	122132	122235	131131	132134	133125	141134	142132	143125	212132	222235	
	112124	113124	121214	122133	123112	131133	132135	133131	141135	142134	143131	212133	223115	
	112125	113132	121215	122134	123214	131135	132221	133132	141214	142135	143132	212134	223125	
	112131	113215	121223	122135	123215	131214	132224	133133	141215	142215	143133	212135	223131	
	112132	113223	121224	122211	123223	131215	132225	133134	141223	142224	143134	212233	223135	
	112133	113224	121225	122213	123224	131223	132231	133135	141224	142225	143135	213123	223233	

200 a 249	111113	112121	113225	123222	132132	133222	142214	212125	213215	222123	223123	232134	233233	243231
	111114	112122	121114	131111	132213	133223	142223	212222	213222	222125	223124	232224	233234	243234
	111123	112123	121123	131113	132214	141115	142232	212224	213223	222132	223132	232225	233235	243235
	111132	112211	121131	131114	132215	141123	143111	212225	213224	222215	223133	232233	241234	
	111211	112212	121132	131121	132222	141213	143211	212231	213225	222223	223224	232234	242124	
	111213	112221	121211	131132	132223	141221	143212	212232	213231	222224	223225	232235	242132	
	111214	112222	121222	131213	132233	142111	143213	212235	213232	222225	223231	233122	242135	
	111222	112224	122121	131221	133111	142112	143221	213114	213233	222231	223232	233135	242225	
	111224	113211	122122	131222	133212	142113	143222	213115	221224	222232	223235	233222	243122	
	112111	113213	123211	132113	133213	142121	143223	213121	221233	223113	231234	233224	243124	
	112113	113214	123212	132121	133214	142131	143233	213122	221234	223114	232125	233225	243125	
	112114	113221	123213	132123	133215	142133	212113	213124	221235	223114	232132	233231	243133	
	112115	113222	123221	132131	133221	142213	212115	213125	222114	223122	232133	233232	243224	
	250 a 299	111111	121121	132112	142222	211234	213111	221135	223111	231125	232215	233131	242131	243115
111121		121122	132211	211124	211235	213113	222111	223121	231134	232221	233133	242133	243121	243233
111122		121221	132212	211125	212114	213213	222113	223212	231225	232232	233221	242134	243123	
111131		122111	133211	211133	212121	213214	222115	223213	231235	233115	233223	242215	243131	
111212		122112	141113	211134	212123	213221	222121	223214	232115	233121	241135	242231	243132	
112112		122212	141114	211135	212214	221124	222131	223215	232124	233123	241235	242233	243215	
113212		131211	141121	211225	212215	221125	222214	223222	232131	233124	242123	242235	243223	
121113		132111	142221	211231	212223	221134	222222	223223	232214	233125	242125	243113	243225	
300 a 349		121212	211114	211224	212213	221115	222122	231133	232113	232213	233213	242114	243114	243221
	141122	211115	211232	212221	221133	222212	231135	232114	232223	233214	242115	243212		
	141211	211123	211233	213112	221215	222221	231224	232121	233111	233215	242222	243213		
	142211	211132	212111	213211	221223	223221	231231	232122	233113	241134	242224			
	142212	211214	212112	221114	221225	231124	232111	232123	233132	242113	242232			
350 a 399	111112	131212	211213	212211	221132	221232	231215	232222	241125	242121	242221	242223	243111	243214
	121111	141111	211215	213212	221214	223211	231232	232231	241224	242213				
	121112	211131	211223	221121	221231	231115	232212	233112	241225	242214				

400 a 449	131112 141212	141222 212212	221113 221122	221123 221222	222112 222211	222213 223112	231114	231131	233211	233212	241115	241124	241233	243112
450 a 499	141112 221131	221213 231113	231123	231214	241114	241133	241214	241215	241223	241232	242111	242122	242211	243211
500 a 549	141112 221131	221213 231113	231123	231214	241114	241133	241214	241215	241223	241232	242111	242122	242211	243211
550 a 599	221211	231223	231233	241131	242212									
600 a 649	211112	221111	231132	231221	231222	232112	241121	241231						
650 a 699	211111	211212	221112	231111	241113	241122	241222							
>700	221212	231112	231121	231211	231212	231213	241111	241112	241211	241212	241213			

Tabela 9 – Resumo dos tratamentos utilizados para cada categoria de porcentagem de cobertura

Cobertura (%)		Tratamentos												
até 5	111114	112124	113122	121214	122223	123231	131225	133123	141223	143133	212223	213233	223114	233224
	111115	112125	113123	121215	122224	123232	131231	133124	141224	143134	212224	213234	223114	233225
	111123	112131	113124	121223	122225	123233	131232	133125	141225	143135	212225	213235	223115	233232
	111124	112133	113125	121224	122231	123234	131233	133131	141231	143215	212231	221234	223122	233233
	111125	112134	113131	121225	122232	123235	131234	133132	141232	143224	212232	221235	223123	233234
	111132	112135	113132	121231	122233	131111	131235	133133	141233	143231	212233	222111	223124	233235
	111133	112211	113133	121232	122234	131113	132114	133134	141234	143232	212234	222114	223125	241234
	111134	112213	113134	121233	122235	131114	132115	133135	141235	143234	212235	222123	223131	242135
	111135	112214	113135	121234	123111	131115	132122	133215	142114	143235	213113	222124	223132	242225
	111211	112215	113215	121235	123112	131121	132123	133224	142115	212111	213114	222125	223133	242234
	111213	112221	113223	122113	123113	131122	132124	133225	142124	212113	213115	222131	223134	243133
	111214	112222	113224	122114	123114	131123	132125	133232	142134	212114	213121	222132	223135	243134
	111215	112223	113225	122115	123115	131124	132134	133233	142135	212115	213122	222133	223224	243135
	111221	112224	113231	122124	123121	131125	132135	133234	142231	212121	213123	222134	223225	243224
	111222	112225	113232	122125	123122	131131	132221	133235	142234	212122	213124	222135	223232	243234
	111223	112231	113233	122131	123123	131132	132224	141115	142235	212123	213125	222214	223233	243235
	111224	112232	113234	122132	123124	131133	132225	141123	143113	212124	213131	222215	223234	
	111225	112233	113235	122133	123125	131134	132232	141124	143114	212125	213132	222223	223235	
	111231	112234	121115	122134	123131	131135	132234	141125	143115	212131	213133	222225	232125	
	111232	112235	121124	122135	123132	131213	132235	141131	143121	212132	213134	222231	232133	
	111233	113111	121125	122211	123133	131214	133112	141132	143122	212133	213135	222232	232135	
	111234	113112	121133	122213	123134	131215	133113	141133	143123	212134	213223	222233	232224	
	111235	113113	121134	122214	123214	131221	133114	141134	143124	212135	213224	222234	232225	
	112115	113114	121135	122215	123223	131222	133115	141135	143125	212214	213225	222235	232234	
	112121	113115	121211	122221	123224	131223	133121	141214	143131	212215	213231	223111	232235	
	112123	113121	121213	122222	123225	131224	133122	141215	143132	212222	213232	223113	233134	

5,1 a 10	111111	112122	121132	132113	132233	141221	142224	211225	213215	223112	232115	233122	242133	243233
	111113	112132	121221	132121	133111	142111	142225	211234	213221	223121	232121	233123	242215	
	111121	112212	121222	132131	133213	142113	142232	211235	213222	223213	232132	233135	242231	
	111122	113213	122122	132132	133214	142122	142233	212112	221224	223214	232134	233222	242233	
	111131	113214	122123	132133	133221	142123	143111	212211	221233	223215	232213	233231	242235	
	111212	113221	123211	132213	133222	142125	143112	212213	222113	223223	232214	241235	243125	
	112111	113222	123215	132214	133223	142132	143213	212221	222115	223231	232215	242124	243231	
	112112	121114	123222	132215	133231	142133	143214	213111	222121	231225	232221	242125		
	112113	121122	131112	132223	141113	142215	143225	213112	222222	231234	232232	242131		
	112114	121123	131211	132231	141213	142223	143233	213214	222224	231235	232233	242132		
10,1 a 15	113211	122112	132111	141211	143212	211125	211232	221223	223222	232122	233121	241225	243115	243232
	113212	122121	132212	142112	143221	211134	211233	222112	231125	232123	233124	242123	243122	
	121113	122212	132222	142121	143222	211214	213211	222122	231224	232124	233125	242134	243123	
	121121	123212	133212	142131	143223	211215	213213	222211	231231	232131	233221	242214	243124	
	121131	123213	141111	142213	211114	211223	221125	222212	232111	232222	233223	242222	243215	
	121212	123221	141114	142214	211115	211224	221135	223212	232113	232223	241135	242224	243223	
	122111	131212	141121	143211	211124	211231	221215	223221	232114	233115	241224	242232	243225	
15,1 a 20	111112	133211	142221	211135	221114	221214	223211	231135	233131	241134	242115	242223	243132	243221
	121111	141112	211123	211211	221115	221225	231115	231215	233133	241233	242121	243113	243213	
	121112	141122	211131	211213	221124	221231	231124	232212	233213	242111	242211	243114		
	132112	141212	211132	212212	221133	222213	231133	232231	233214	242113	242213	243121		
	132211	141222	211133	213212	221134	222221	231134	233111	233215	242114	242221	243131		
20,1 a 25	142211	211113	211222	221122	221213	231113	231213	231223	233112	241111	241211	241223	242122	243214
	142212	211121	221111	221123	221222	231114	231214	231232	233113	241114	241214	241231	242212	243222
	142222	211122	221113	221132	221232	231123	231221	232112	233132	241115	241215	241232	243111	
	211111	211221	221121	221211	231111	231211	231222	232211	233211	241125	241221	242112	243212	
25,1 a 30	211112	221112	221221	231121	231131	231233	241112	241121	241123	241132	241212	241222	243112	243211
	211212	221131	231112	231122	231212	233212	241113	241122	241124	241133	241213			
>30,1	221212	231132	241131											

Obs. A convenção adotada para caracterizar os tratamentos foi estabelecida usando números representando os parâmetros utilizados em cada combinação, da seguinte forma:

- O primeiro número representa o tipo de bico (número 1 = bico JA-1 e 2 = bico JA-2)
- O segundo número representa a pressão utilizada (1 = 414 kPa; 2 = 620 kPa, 3 = 1034 kPa e 4 = 1448 kPa)
- O terceiro número representa a velocidade de trabalho (1 = 2,18 km h⁻¹ 2 = 4,16 km h⁻¹ e 3 = 6,35 km h⁻¹)
- O quarto número representa a velocidade do ventilador (1 = 2160 rpm e 2 = 1860 rpm)
- O quinto número a distancia da etiqueta em relação ao deslocamento do pulverizador (1 = 0,8 m, 2 = 1,6 m e 3 = 2,4 m)
- O sexto representa a altura da etiqueta em relação ao solo (1 = 0,5 m, 2 = 1,0 m, 3 = 1,5 m, 4 = 2,0 m e 5 = 2,5 m)

ANEXO 3

Tabela 1 - Análise de variância da eficácia dos inseticidas nos ensaios preliminares

FV	GL	SQ	QM	F
Inseticida	3	6055,6880	2018,5620	8,0080*
Resíduo	12	3424,7500	252,0625	
CV(%)		21,5090		

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Análise da correlação das variáveis da aplicação do inseticida

	CH	Den	DMV	Cob	Vol
CH	1,00	0,23	0,83	0,76	0,78
Den	0,23	1,00	0,17	0,53	0,37
DMV	0,83	0,17	1,00	0,85	0,92
Cob	0,76	0,53	0,85	1,00	0,95
Vol	0,78	0,37	0,92	0,95	1,00

Tabela 3 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com cinco variáveis

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	5	14638	2927	18,02	<0,0001
Erro	121	19653	162		
Total	126	34291			
CV = 15,9849					

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com cinco variáveis

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	30,07906	9,41269	3,20	0,0018	0
CH	10,14217	5,59088	1,81	0,0721	3,35415
Den	0,23464	0,04051	5,79	<0,0001	2,54847
DMV	0,03389	0,02284	1,48	0,1405	10,99260
Cob	-0,35848	0,61654	-0,58	0,5620	19,35367
Vol	-2,06529	3,83863	-0,54	0,5915	21,34192
R ² (Ajustado)=0,4032					

Tabela 5 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com quatro variáveis

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	4	14591	3647	22,59	<0,0001
Erro	122	19700	161		
Total	126	34291			
CV = 15,9383					

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com quatro variáveis

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	31,21554	9,14587	3,41	0,0009	0
CH	10,36953	5,55862	1,87	0,0645	3,33498
Den	0,23825	0,03984	5,98	<0,0001	2,47861
DMV	0,02769	0,01967	1,41	0,1617	8,19938
Cob	-0,60132	0,41877	-1,44	0,1536	8,98117
R ² (Ajustado)=0,4067					

Tabela 7 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis coeficiente de homogeneidade, densidade de gotas e DMV

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	3	14258	4752	29,18	<0,0001
Erro	123	20033	162		
Total	126	34291			

CV = 16,0070

Tabela 8 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis coeficiente de homogeneidade, densidade de gotas e DMV

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	39,15557	7,31638	5,35	<0,0001	0
CH	9,70829	5,56338	1,75	0,0835	3,31210
Den	0,19495	0,02615	7,46	<0,0001	1,05880
DMV	0,00570	0,01240	0,46	0,6464	3,23012

R² (Ajustado)=0,4015

Tabela 9 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com a variável coeficiente de homogeneidade

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	1	5199	5199	22,34	<0,0001
Erro	125	29091	232		
Total	126	34291			

CV = 19,1345

Tabela 10 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia em laboratório com a variável coeficiente de homogeneidade

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	47,07339	7,03987	6,69	<0,0001
CH	17,27230	3,65422	4,73	<0,0001

R² (Ajustado)=0,1448

Tabela 11 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com a variável densidade de gotas

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	1	11921	11921	66,61	<0,0001
Erro	125	22370	178		
Total	126	34291			

CV = 16,7790

Tabela 12 - Estimativa dos parâmetros da regressão densidade de gotas para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com a variável densidade de gotas

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	57,22889	3,00134	19,07	<0,0001
Den	0,21742	0,02664	8,16	<0,0001

R² (Ajustado)=0,3424

Tabela 13 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com a variável DMV

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	1	3752	3752	15,36	<0,0001
Erro	125	30538	244		
Total	126	34291			

CV = 19,6045

Tabela 14 - Estimativa do parâmetro da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com a variável DMV

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	67,85672	3,33125	20,37	<0,0001
DMV	0,03312	0,00845	3,92	0,0001

R² (Ajustado)=0,1023

Tabela 15 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com a variável porcentagem de cobertura

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	1	7487	7487	34,92	<0,0001
Erro	125	26803	214		
Total	126	34291			

CV = 18,3666

Tabela 16 - Estimativa do parâmetro da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com a variável porcentagem de cobertura

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	70,75161	1,99891	35,40	<0,0001
Cob	0,95154	0,16103	5,91	<0,0001

R² (Ajustado)=0,2121

Tabela 17 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com a variável volume por unidade de área

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	1	5270	5270	22,70	<0,0001
Erro	125	29021	232		
Total	126	34291			

CV = 19,1113

Tabela 18 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com a variável volume por unidade de superfície

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	73,83398	1,83255	40,29	<0,0001
Vol	4,73314	0,99343	4,76	<0,0001

R² (Ajustado)=0,1469

Tabela 19 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis coeficiente de homogeneidade e densidade de gotas

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	2	14224	7111	43,95	<0,0001
Erro	124	20067	161		
Total	126	34291			

CV = 15,9560

Tabela 20 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis coeficiente de homogeneidade e densidade de gotas

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	37,25345	6,01592	6,19	<0,0001	0
CH	11,81930	3,13349	3,77	0,0002	1,05743
Den	0,19452	0,02605	7,47	<0,0022	1,05743

R² (Ajustado)=0,4054

Tabela 21 - Análise de variância da regressão para eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis densidade de gotas e porcentagem de cobertura

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	2	13002	6500	37,87	<0,0001
Erro	124	21289	171		
Total	126	34291			

CV = 16,4345

Tabela 22 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis densidade de gotas e porcentagem de cobertura

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	37,25345	2,94191	19,55	<0,0001	0
Den	0,17554	0,03097	5,67	<0,0001	1,40921
Cob	0,42918	0,17104	2,51	0,0134	1,40921

R² (Ajustado)=0,3692

Tabela 23 - Análise de variância da regressão do modelo escolhido para eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis densidade e DMV

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	2	8926	4463,02	43,42	<0,0001
Erro	118	12129	102,78		
Total	120	2155			

CV = 12,3654

Tabela 24 - Estimativa dos parâmetros da regressão do modelo escolhido para as análises de eficácia em laboratório

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	57,56327	2,91514	19,75	<0,0001	0
Densidade	0,17112	0,02084	8,21	<0,0001	1,022
DMV	0,01759	0,00561	3,14	<0,0022	1,022

R² (Ajustado)=0,4142

Tabela 25 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia do inseticida em laboratório com as variáveis densidade de gotas e porcentagem de cobertura

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	57,51419	2,94191	19,55	<0,0001	0
Densidade	0,17554	0,03097	5,67	<0,0001	1,40921
Cob	0,42918	0,17104	2,51	0,0134	1,40921

R² (Ajustado)=0,3692

Tabela 26 - Análise de variância da regressão para eficácia de laboratório com as variáveis densidade de gotas e volume por unidade de superfície

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	2	13091	6545	38,28	<0,0001
Erro	124	21200	170		
Total	126	34291			

CV = 16,4345

Tabela 27 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia em laboratório com as variáveis densidade de gotas e volume por unidade de superfície

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	57,08060	2,93413	19,45	<0,0001	0
Densidade	0,18992	0,02808	6,76	<0,0001	1,16309
Vol	2,40467	0,91940	2,62	0,0100	1,16309

R² (Ajustado)=0,3718

Tabela 28 - Análise de variância da regressão para eficácia de laboratório com as variáveis porcentagem de cobertura e volume por unidade de superfície

FV	G.L	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	2	8541	4270	20,57	<0,0001
Erro	124	25749	207		
Total	126	34291			

CV = 18,0743

Tabela 29 - Estimativa dos parâmetros da regressão para as análises de eficácia em laboratório com as variáveis porcentagem de cobertura e volume por unidade de superfície

Variável	Parâmetro estim.	E. padrão	Valor de "t"	Pr>t	Inf. variância
Intercepto	68,86314	2,13824	32,21	<0,0001	0
Cob	2,07234	0,52211	3,97	<0,0001	10,8558
Vol	-6,97422	3,09558	-2,25	<0,0260	10,8558

R² (Ajustado)=0,2370

Tabela 30 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de eficácia a campo

Variável	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
Intercepto	22,5979	6,8231	3,31	0,0296
Densidade	0,1043	0,04641	2,25	0,0345
DMV	0,09345	0,0296	3,15	0,0045