

MURILO MESQUITA BAESSO

**PARÂMETROS TÉCNICOS PARA O CONTROLE DO MOFO-BRANCO NA
CULTURA DO FEIJÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR HIDRÁULICO DE
BARRA COM ASSISTÊNCIA DE AR**

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
2009

MURILO MESQUITA BAESSO

**PARÂMETROS TÉCNICOS PARA O CONTROLE DO MOFO-BRANCO NA
CULTURA DO FEIJÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR HIDRÁULICO DE
BARRA COM ASSISTÊNCIA DE AR**

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: 09 de março de 2009.

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

Prof. Lino Roberto Ferreira

Prof. Julião Soares de Souza Lima

Prof. Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

À minha esposa,
aos meus pais,
aos meus irmãos,
aos meus avós e
à minha família,
com amor,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, pela vida; a minha esposa; e aos meus irmãos, pelo apoio.

Ao Professor Mauri Martins Teixeira, pela orientação e amizade ao longo do Curso.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

À empresa Jacto S. A., pelo apoio e pela parceria.

Ao Professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela orientação no primeiro ano do Curso.

Aos meus conselheiros, pelas valiosas sugestões.

Aos meus demais colegas da Pós-Graduação, especialmente a Ronaldo e Francelino.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MURILO MESQUITA BAESSO, filho de José Aparecido Baesso e Diva Cambuí Mesquita Baesso, nasceu em Pitangueiras, São Paulo, no dia 7 de agosto de 1978.

Em março de 1997, iniciou o Curso de Agronomia na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), em Belém, Estado do Pará, concluindo-o em agosto de 2001.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, defendendo a dissertação em fevereiro de 2005.

Em outubro de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, da UFV, submetendo-se à defesa da tese em março de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS	3
CAPÍTULO 1	4
UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO E DE AR AO LONGO DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO	4
RESUMO	4
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2.....	24
AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR UM CONJUNTO	

TRATOR-PULVERIZADOR COM ASSISTÊNCIA DE AR	24
	Página
RESUMO	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS	36
CAPÍTULO 3.....	38
POPULAÇÃO E ESPECTRO DE GOTAS DE UM PULVERIZADOR HIDRÁULICO COM ASSISTÊNCIA DE AR NA BARRA DE PULVERIZAÇÃO	38
RESUMO	38
ABSTRACT.....	40
INTRODUÇÃO.....	41
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 4.....	58
UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA NO DOSSEL DO FEIJOEIRO, UTILIZANDO ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA....	58
RESUMO	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS	76

RESUMO

BAESSO, Murilo Mesquita, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2009. **Parâmetros técnicos para o controle do mofo-branco na cultura do feijão utilizando pulverizador hidráulico de barra com assistência de ar.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Coorientadores: Rogério Faria Vieira, Trazilbo José de Paula Junior e Paulo Roberto Cecon.

O mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, é uma das doenças mais destrutivas do feijoeiro no mundo, notadamente nos plantios efetuados com temperaturas amenas e alta umidade do solo e do ar. De maneira geral, as infecções primárias causadas pelo fungo iniciam-se com a presença de água livre e de fonte de energia exógena, geralmente as pétalas de flores senescentes caídas no chão ou retidas nas plantas. Assim, para o controle eficiente desse fungo é necessário uma boa cobertura das flores, especialmente nas localizadas nas partes mais baixas dos feijoeiros. Este trabalho teve como objetivo geral estimar os principais parâmetros operacionais de um pulverizador de barra com e sem assistência de ar no controle do mofo-branco, visando à certificação dessa cultura. Os objetivos específicos foram: determinar as características técnicas e o nível de ruído emitido pelo conjunto trator-pulverizador, bem como a uniformidade de

distribuição de ar ao longo da barra de pulverização com assistência de ar; avaliar a uniformidade de distribuição de líquido da pulverização com e sem assistência de ar; analisar as características das populações e o espectro das gotas produzidas durante a pulverização com e sem assistência de ar; quantificar e avaliar a distribuição do líquido pulverizado no dossel da planta a partir de análise espectrofotométrica; e avaliar a eficácia do controle do mofo-branco com o uso do pulverizador hidráulico com e sem assistência de ar na barra de pulverização em campo. O trabalho foi realizado utilizando-se um pulverizador hidráulico, modelo Falcon Vortex, marca Jacto, com tanque de 600 L e barra de pulverização com assistência de ar de 14 m de comprimento. Para acionar e tracionar o pulverizador foi utilizado um trator Valtra 800, com 62,5 kW (85 cv) de potência nominal no motor. Os ensaios para determinação da distribuição de ar e líquido ao longo da barra foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa-MG. O estudo de populações de gotas, nível de ruído e deposição do volume pulverizado foram realizados em uma lavoura comercial de feijoeiro da cultivar Pérola, irrigado e na fase de desenvolvimento R6, pertencente à Fazenda Agro-Reservas do Brasil, localizada no Município de Unaí, MG. Concluiu-se que: os perfis de distribuição do vento são irregulares em todas as rotações e alturas da barra porta-bicos estudadas; os bicos hidráulicos do tipo leque apresentaram os menores coeficientes de variação; o conjunto trator-pulverizador emitiu níveis de ruído próximo ao ouvido do operador, acima dos limites permitidos pela Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego; de maneira geral, a assistência de ar na barra porta-bicos melhorou a cobertura do alvo e a densidade de gotas por cm^2 de folha nas partes médias e inferiores do feijoeiro; a assistência de ar na barra porta-bicos proporciona melhor deposição da calda no feijoeiro; maior volume de aplicação aumentou a deposição ao longo da planta; e houve aumento significativo na produtividade do feijoeiro quando se aumentou o volume de aplicação e quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada.

ABSTRACT

BAESSO, Murilo Mesquita, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2009. **Technical Parameters for the white mold control using air-assisted hydraulic sprayer.** Advisor: Mauri Martins Teixeira. Co-Advisors: Rogério Faria Vieira, Trazilbo José de Paula Junior and Paulo Roberto Cecon.

The white mold, caused by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, is one of the most destructive diseases of the bean plant in the world, especially in crops under conditions of mild temperatures and high soil and air humidity. In general, primary infections caused by this fungus start due to the presence of free water and an exogenous energy source, usually senescent petals of flowers fallen on the ground or retained in plants. Therefore, for an efficient control of this fungus, it is necessary an increased flower coverage, especially for those located in the lower parts of the bean plants. The general objective of this work was to estimate the main operational parameters of a boom sprayer, with and without air assistance, for white mold control, seeking to achieve the certification of this culture. The specific objectives were: to determinate the technical characteristics and the level of the noise emitted by the set formed by a tractor and spray and the uniformity of the air distributed along the air-assisted spray bar; evaluate the uniformity of spray liquid distribution with or without air assistance; analyze the characteristics of the populations and the spectrum of the droplets produced during the spray with or without air assistance; quantify and evaluate the distribution of the

liquid sprayed in the plant canopy based on an spectrophotometric analysis; and evaluate the effectiveness of the white mold control using the hydraulic sprayer with and without air assistance in the spray bar in the field. This work was carried out using a hydraulic spray, Falcon Vortex model, Jacto brand, with a 600 L tank and an air-assisted spray bar with 14 m of length. To pull and trigger the spray, it was used a Valtra 800 tractor, with an engine with a nominal power of 62,5 kW (85 hp). The essays for the determination of air and liquid distribution along the bar were carried out in the Laboratory of Agricultural Mechanization of the Department of Agricultural Engineering of the Federal university of Viçosa, in the city of Viçosa. The study on droplet population, level of noise and deposition of sprayed volume were carried out in a commercial bean crop of the Pérola cultivar, irrigated in the development phase R6, belonging to the Fazenda Agro-Reservas do Brasil, located in the city of Unaí, MG. It was concluded that: the profiles of the wind distribution are irregular in all the rotations and heights studied; the fan-type hydraulic nozzles presented the lowest variation coefficient; the set formed by tractor and spray emitted levels of sound next to the ear of the operator, above the limits allowed by the Regulatory Standard (NR 15) of the Ministry of Work and Employment. In general, the air assistance improved the target cover and the droplet density per cm^2 of leaf in the medium and lower parts of the bean plant; the air assistance provides a better deposition of the bean plant liquid; a higher volume of application increased the deposition along the plant; and there was a significant increase in the productivity of the bean plant when the volume of application was increased and when the air assistance was on.

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento de grande valor para os brasileiros, sendo responsável, em conjunto com o arroz, pela maior parte das proteínas ingeridas por pessoas das classes média e baixa. O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, estimou uma área colhida de 3.801.787 ha, com produção de 3.485.804 t. Portanto, a produção média foi de 917 kg ha⁻¹ (IBGE, 2008).

A ocorrência de doenças fúngicas diminui a produtividade dessa leguminosa. O mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, está entre as principais enfermidades promovidas por patógenos de solo. A entrada do patógeno nas lavouras pelas sementes deve ser evitada, pois o fungo forma estruturas de resistência que podem permanecer viáveis por mais de 10 anos no solo.

As pesquisas mostram que o avanço na tecnologia de aplicação tem proporcionado melhor condução da calda ao alvo, em grande parte devido à diminuição da deriva, muitas vezes provocada pela necessidade de utilizar gotas pequenas, que possuem melhor penetração no dossel das culturas. Outra vantagem da assistência de ar na barra porta-bicos está relacionada com a maior cobertura do alvo, o que pode proporcionar diminuição do volume de calda. Uma das grandes vantagens de se trabalhar com baixo volume de calda é aumentar o rendimento operacional, pois há menos

paradas para reabastecimento, se feitas no momento adequado (TEIXEIRA *et al.*, 2008).

Os pulverizadores hidráulicos com assistência de ar na barra proporcionam maior deposição do fitossanitário no dossel da cultura. Essa melhor deposição é explicada pela dinâmica de transporte das gotas até o interior do dossel das plantas.

Com a finalidade de explorar o potencial dessa tecnologia na agricultura, a hipótese deste trabalho foi a de que o uso da assistência de ar na barra de pulverização pode aumentar a eficácia do combate ao mofo-branco do feijoeiro.

Este trabalho teve como objetivo geral estimar os principais parâmetros operacionais de pulverizador de barras, com assistência de ar, no controle do mofo-branco no feijoeiro, visando à certificação dessa cultura.

Os objetivos específicos foram:

- Determinar as características técnicas e o nível de ruído emitido pelo conjunto trator-pulverizador, bem como a uniformidade de distribuição de ar ao longo da barra de pulverização com assistência de ar.
- Avaliar a uniformidade de distribuição do líquido da pulverização com assistência de ar.
- Analisar as características das populações e o espectro das gotas produzidas durante a pulverização com assistência de ar.
- Quantificar e avaliar a distribuição do líquido pulverizado no dossel da planta a partir de análise espectrofotométrica.
- Avaliar a eficácia do controle do mofo-branco utilizando o pulverizador hidráulico com assistência de ar na barra de pulverização.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm?c=1>>. Acesso em: 10 nov. 2008.

TEIXEIRA, M.M.; RUAS, R.A.; BAESSO, M.M.; MAGNO JUNIOR, R.G. Controle da qualidade de aplicação de fitossanitários nas propriedades agrícolas. **Engenharia na agricultura**, n. 11, p. 29, 2008. (Boletim técnico).

CAPÍTULO 1

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO E DE AR AO LONGO DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO

O desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação de fitossanitários visa à redução da contaminação ambiental, da deriva, do volume de calda com aumento da segurança do aplicador e melhoria da deposição da calda, para melhorar a qualidade da pulverização. O Objetivo deste trabalho foi determinar a uniformidade de distribuição de ar ao longo da barra de pulverização com assistência de ar, bem como avaliar a uniformidade de distribuição de líquido de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio, modelo JA-4, marca Jacto, com pressão de operação de 400, 600 e 800 kPa, além de pontas de jato leque, modelo AXI-110-04, marca Jacto, com pressão de operação de 100, 200 e 300 kPa, trabalhando com quatro velocidades de rotação do ventilador e três alturas da barra de pulverização em relação à bancada de ensaios. Com o bico hidráulico do tipo leque, os melhores coeficientes de variação foram obtidos com a barra porta-bicos posicionada a uma altura de 0,5 m da bancada de ensaios. Com o bico hidráulico de jato cone vazio, os melhores coeficientes de variação

foram obtidos quando a barra porta-bicos estava posicionada a uma altura de 0,3 m do alvo. A rotação do eixo do ventilador que apresentou os melhores resultados foi a de 2.100 rpm. Os perfis de distribuição do ar foram irregulares, e as distribuições do vento a 0,5 m da barra apresentaram coeficiente de variação menores que as obtidas quando a barra estava a 0,3 m do ponto de leitura.

Palavras-chaves: Fitossanitários, qualidade de aplicação e deposição de calda.

CHAPTER 1

UNIFORMITY OF LIQUID AND AIR DISTRIBUTION ALONG THE SPRAY BAR

ABSTRACT

The development of new Technologies of phytosanitary applications aims to reduce environmental contamination, drift, liquid volume and increase the safety of the applier, as well as the improvement of the liquid deposition, in order to improve the spraying quality. The objective of this work was to determine the uniformity of air distribution along the air-assisted spraying bar, and evaluate the uniformity of the liquid distribution of the JA-4 model, Jacto brand, hollow cone spray nozzles, with operation pressure of 400, 600 and 800 kPa, and fan-type nozzles of the AXI-110-04 model, Jacto brand, with operation pressure of 100, 200 and 300 kPa, carried out with four speeds of fan rotation and three heights of the spray bar in relation to the test bench. Using the fan-type nozzles, the best variation coefficients were achieved with the working height of 0,5 m from the test bench. With the hydraulic hollow cone jet nozzle, the best variation coefficients were obtained with the working height height of 0,3 m from the target. The fan axis rotation of 2.100 RPM presented the best results. The air distribution profiles were irregular, and the wind distribution at 0,5 m from the bar presented a variation

coefficient lower than that obtained when the bar was 0,3 m far from the reading point.

Keywords: Phytosanitary, quality of application and liquid deposition.

INTRODUÇÃO

A eficácia de um tratamento fitossanitário está relacionada a vários fatores, como escolha do produto, tipo de bico, pressão de trabalho, volume de calda aplicado, cobertura do alvo e escolha correta do equipamento de aplicação (MATTHWES, 2004). É necessário uma técnica de aplicação específica para cada doença a ser controlada. No caso do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, há a preocupação de que a calda alcance as partes inferiores da planta, pois para ocorrer a infecção primária o fungo necessita de fonte de energia exógena, geralmente as pétalas de flores.

Entre as técnicas de aplicação de fungicidas para o controle do mofo-branco, destacam-se a que se baseia na pulverização hidráulica do produto (costal e tratorizada) e a aplicação de fungicidas via água de irrigação, denominada fungigação. As aplicações aéreas tendem a não proporcionar bons resultados de controle do mofo-branco, já que, em razão do baixo volume de calda utilizado por esse sistema, a distribuição do ingrediente ativo no dossel da planta não é uniforme.

Matthews (2000) afirmou que os produtos fitossanitários devem ser aplicados com máxima eficiência, sendo necessário estudar a deposição, a cobertura e a deriva das gotas durante a pulverização. Entre outros fatores, a deriva é responsável por perdas do produto, além de contribuir para a contaminação ambiental. Para que o fitossanitário seja aplicado de forma

eficiente e atinja o resultado esperado, é necessária uma cobertura adequada em todas as partes da planta.

Os bicos de pulverização proporcionam perfil característico que depende da vazão nominal, do ângulo formado pelo jato, da altura da barra porta-bicos e da qualidade de fabricação. Esse perfil deve ser considerado nas recomendações de utilização dos bicos, de maneira a obter distribuição uniforme. Uma distribuição uniforme é caracterizada por um baixo coeficiente de variação da distribuição volumétrica de líquido, tanto no sentido longitudinal quanto no transversal. Em aplicações em área total, a uniformidade transversal depende do bico utilizado, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos em relação ao plano de tratamento (BARTHELEMY *et al.*, 1990).

O desenvolvimento de equipamentos eficientes de aplicação é um dos objetivos das pesquisas com aplicação de fitossanitários. Segundo Teixeira *et al.* (2008), faz-se necessário o estudo de técnicas mais acuradas, com conseqüente melhoria na uniformidade de deposição do produto no alvo.

Equipamentos com assistência de ar têm sido usados para aumentar a penetração das gotas no interior da cultura e reduzir a deriva das pulverizações (BAUER; RAETANO, 2000). Os pulverizadores hidráulicos tratorizados com assistência de ar na barra porta-bicos possuem um ou dois ventiladores, geralmente axiais, posicionados em local próximo à seção central da barra de pulverização, os quais distribuem volume muito grande de ar no interior de um duto inflado montado acima da barra porta-bicos (MATTHEWS, 2000). A Figura 1 ilustra o transporte da calda para o interior do dossel da cultura, proporcionado pela assistência de ar na barra de pulverização. Segundo Andersen *et al.* (2000), essas características melhoram a eficácia sem aumentar a quantidade de calda.



Figura 1 – Transporte da calda para o interior do dossel da cultura causado pela assistência de ar.

Fonte: HARDY S.A.

Bauer e Raetano (2000) avaliaram o efeito da assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações da soja em relação ao equipamento convencional (sem ar), com alvos artificiais. Constataram níveis significativamente menores de deriva aerotransportada com o equipamento dotado de assistência de ar, em diferentes alturas da barra pulverizadora. Encontraram também menor deriva por sedimentação na área externa da cultura com o uso da assistência de ar na barra pulverizadora.

Segundo a norma do Comitê Europeu de Normalização, a uniformidade de distribuição medida em termos de coeficiente de variação da distribuição volumétrica (CV) deve situar-se abaixo de 7% quando o equipamento trabalha nas condições para as quais foi projetado e de 9% para trabalhos fora dessas condições.

Os objetivos deste trabalho foram determinar a uniformidade de distribuição de ar ao longo da barra de pulverização com assistência de ar, avaliar a uniformidade de distribuição de líquido da pulverização com assistência de ar na barra porta-bicos, selecionar a melhor rotação do ventilador e determinar a melhor altura de trabalho da barra porta-bicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa, localizada a uma altitude de aproximadamente 650 m, com coordenadas geográficas de 20°45'54" latitude sul e 45°52'54" de longitude oeste. Foi utilizado um pulverizador hidráulico, modelo Falcon Vortex, marca Jacto, com tanque de 600 L e barra de pulverização com assistência de ar de 14 m de comprimento. Para acionar e tracionar o pulverizador, foi utilizado um trator Valtra 800, com 62,5 kW (85 cv) de potência nominal no motor.

Para determinar a uniformidade de distribuição de ar ao longo da barra do pulverizador, foi considerado o efeito das velocidades do ar na saída do difusor, correspondentes às rotações do eixo axial do ventilador de 1.800, 2.100 e 2.800 rpm, com cinco repetições. Foi verificada a velocidade do ar após à sua saída do duto difusor. As posições de verificação da velocidade da cortina de ar (Figura 2) localizavam-se em um plano situado a 0,3 e 0,5 m, abaixo da barra de pulverização. As leituras foram efetuadas ao longo da barra de pulverização a cada 0,25 m, ressaltando-se que abaixo de cada ponta de pulverização coincidiu uma leitura.

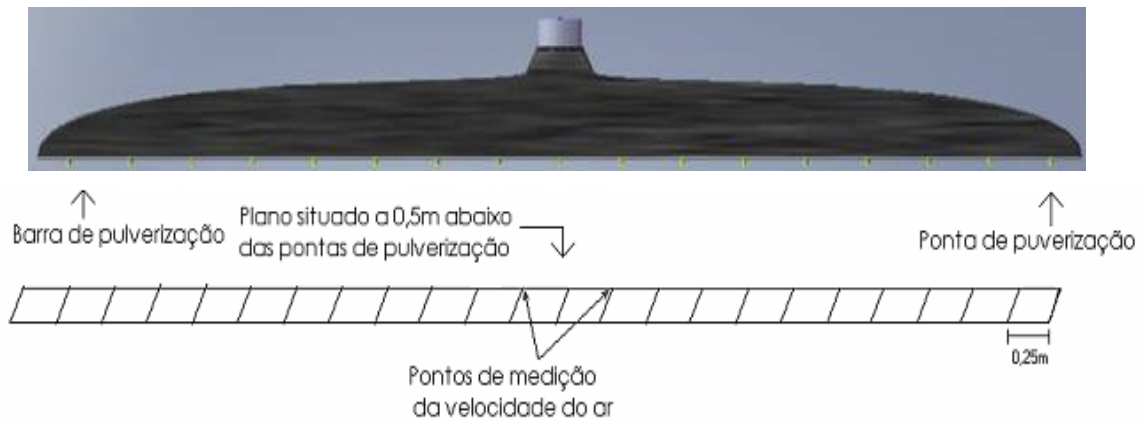


Figura 2 – Esquema das medições da velocidade do ar produzido pelo ventilador.

A velocidade do ar foi medida com um termoanemômetro de fio quente fixado em um tripé mantido em nível. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas com um psicrômetro. As medições foram realizadas em um galpão fechado, para evitar a interferência da corrente do ar externo.

Para a análise da uniformidade da velocidade do ar, as médias das velocidades registradas ao longo da barra foram utilizadas para o cálculo do coeficiente de variação (CV), calculado por:

$$CV = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}}{\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

em que,

CV = coeficiente de variação;

n = número de observações;

\bar{X} = média; e

X_i = valor observado.

Para determinar a uniformidade de distribuição do líquido ao longo da barra, avaliaram-se pontas de pulverização hidráulica, de jato cônico vazio, modelo JA-4 marca Jacto, com pressão de operação de 400, 600 e 800 kPa e pontas de jato leque, modelo AXI-110-04, marca Jacto, com pressão de operação de 100, 200 e 300 kPa. Previamente, a vazão de líquido das pontas foram determinadas nas pressões estudadas, sendo descartadas as pontas cujas vazões diferiram de 1% da indicada pelo fabricante. Além disso, verificou-se o ângulo de abertura do jato, feito por meio de imagens frontais dos bicos de pulverização obtidas com o uso de uma câmera digital, marca Nikon, modelo Coolpix, com resolução de 5.1 megapixel. As imagens foram analisadas no programa computacional "Image Tool", versão 3.0. O ângulo de abertura foi medido nas projeções delimitadas tangencialmente às bordas do jato. Para o estudo da simetria do jato, foi medido o ângulo em duas partes em relação ao plano vertical: esquerdo e direito, sendo descartadas as pontas assimétricas.

Foi montado para cada tipo de ponta um experimento disposto em esquema fatorial 4 x 3, em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os fatores foram: sem assistência de ar (0 rpm) e assistência de ar na barra correspondentes a uma rotação no ventilador de 1.800, 2.100 e 2.800 rpm e três pressões do líquido (400, 600 e 800 kPa para o bico de jato cônico vazio e 100, 200 e 300 kPa para o jato leque). Os ensaios foram realizados em três alturas da barra em relação à bancada de distribuição (0,3; 0,4; e 0,5 m para o bico de jato cônico vazio e 0,4; 0,5; e 0,6 m para o de jato leque), sendo os espaços entre pontas de 0,5 m.

Foram avaliadas, conjuntamente, cinco pontas ao longo da barra de pulverização, montadas no próprio pulverizador sob uma bancada de ensaios padronizada e construída de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986).

Durante 60 s, foi recolhido o líquido em provetas ao longo da faixa de deposição dos bicos e registrados os dados para caracterizar a distribuição da pulverização.

Os ensaios foram feitos em galpão coberto e fechado, para minimizar o efeito das condições ambientais. Os manômetros utilizados foram previamente calibrados por meio de um manômetro-padrão, obtendo-se a

relação entre pressão indicada e pressão real. A temperatura e a umidade relativa do ambiente foram monitoradas com um psicrômetro. A velocidade angular do eixo do ventilador foi medida com um tacômetro digital, marca Tako, modelo TD 303.

Na avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos, os volumes do líquido recolhidos nas provetas alinhadas com as canaletas ao longo da faixa de deposição foram transformados em porcentagem do volume total recolhido para eliminar o fator tempo dos dados analisados. Foi empregado para avaliação da uniformidade de distribuição o coeficiente de variação (CV), calculado segundo a equação 1.

Para os dados de uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos, utilizou-se a metodologia da superfície de resposta. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” e no coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uniformidade de distribuição do ar ao longo da barra de pulverização

A interação entre rotações do ventilador e alturas da barra porta-bicos não foi significativa, porém tanto as rotações quanto as alturas influenciaram o coeficiente de variação da distribuição de vento ao longo da barra (Quadro 1).

Quadro 1 – Resumo da análise de variância do coeficiente de variação, em função da rotação do ventilador e da altura da barra porta-bicos

FV	GL	QM
Altura	1	72,1357 ^{**}
Rotação	2	39,6811 ^{**}
Altura X Rotação	2	3,6864 ^{ns}
Resíduo	20	4,2332
CV (%)		5,59

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; e ^{**} Significativo a 1% de probabilidade.

Foi encontrada a seguinte relação entre as médias do coeficiente de variação (CV) da velocidade do vento em função das rotações do ventilador (rv):

$$CV(\%) = 45,3687 - 0,0038531^* rv \quad r^2 = 0,9831 \quad (1)$$

*Significativo a 5% de probabilidade.

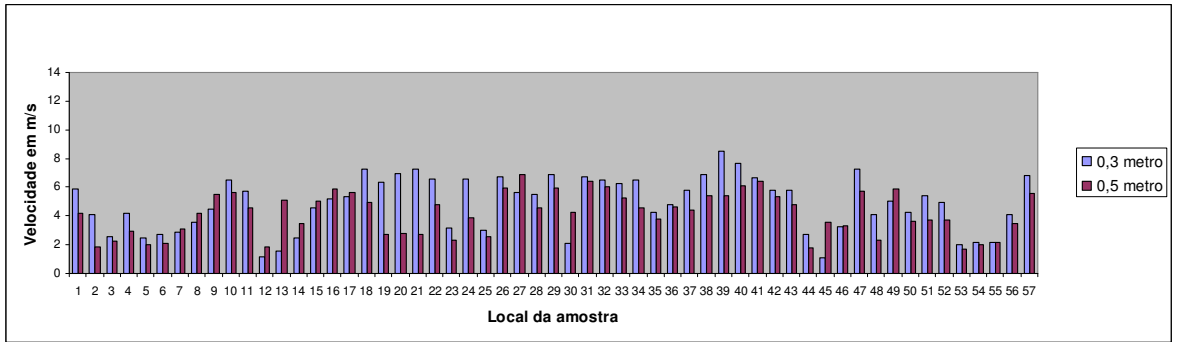
Menor coeficiente de variação foi obtido com incremento na rotação do ventilador. Os valores estimados variaram entre 38,43 e 34,58%, trabalhando com 1.800 e 2.800 rpm, respectivamente. Pode-se observar, também, que os resultados a 0,5 m da barra obtiveram coeficiente de variação menor que o obtido quando a barra estava a 0,3 m (Quadro 2).

Quadro 2 – Coeficiente de variação (CV) médio (%) da velocidade do vento, em função das distâncias da barra porta-bicos

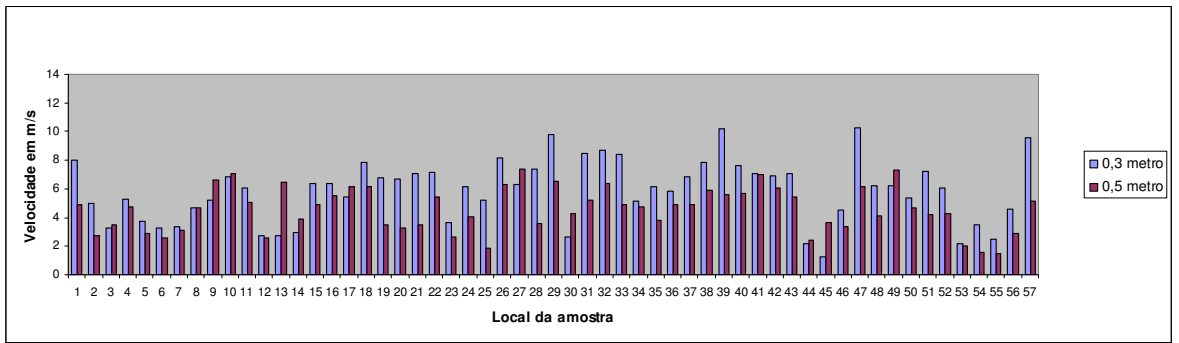
Distância (m)	CV (%)
0,3	38,32 ^a
0,5	35,22 ^b

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem a 1% de probabilidade, pelo teste F.

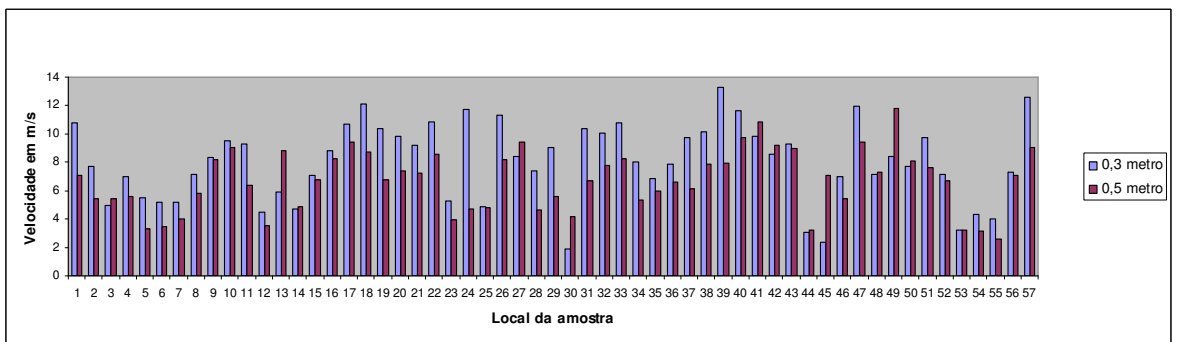
A Figura 3 ilustra os perfis de distribuição da velocidade do vento com uma rotação do ventilador equivalente a 1.800 rpm (a) 2.100 rpm (b) e 2800 rpm (c) com a barra porta-bicos a 0,3 e 0,5 m de distância.



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Perfil de distribuição da velocidade do vento trabalhando com a barra porta-bicos a 0,3 e 0,5 m de distância e rotação do ventilador de 1.800 (a), 2.100 (b) e 2.800 rpm (c).

Observa-se, nessa Figura, que os perfis de distribuição do vento são irregulares em todas as rotações e alturas da barra porta-bicos, com várias depressões ao longo de todos os perfis, reduzindo a uniformidade de distribuição do ar ao longo da barra.

Uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos hidráulicos jato cônico vazio, modelo JA-4

Com a barra porta-bicos a 0,3 m do alvo, foi encontrada a seguinte relação entre as médias do coeficiente de variação da distribuição volumétrica do conjunto de bicos hidráulicos (CV) em função das rotações do ventilador (rv) e da pressão de trabalho (pt):

$$CV(\%) = 7,24719 + 0,00554798^{**} rv + 0,00281903^{\square} pt \quad r^2 = 0,9190 \quad (2)$$

**Significativo a 1% de probabilidade; e \square Significativo a 7% de probabilidade, pelo teste "t".

Menor coeficiente de variação foi obtido com menor rotação do ventilador e menor pressão de trabalho. Com o aumento da rotação do ventilador ocorreram perfis irregulares em todas as rotações, com várias depressões na zona central, impedindo uma boa uniformidade de distribuição do tratamento em área total. Na rotação de 2.100 rpm, o coeficiente de variação estimado foi de 20,02%, com uma pressão de trabalho de 400 kPa.

Com a barra porta-bicos a 0,4 m do alvo, as rotações do ventilador e as pressões de trabalho não influenciaram o coeficiente de variação (CV) da distribuição volumétrica do conjunto de bicos hidráulicos, que obteve um valor médio estimado em 20,44%. Uma distribuição volumétrica irregular pode implicar nova infestação da área após a pulverização, além de estimular o aparecimento de patógenos mais resistentes.

Quando a barra porta-bicos estava posicionada a uma altura de 0,5 m do alvo, menor coeficiente de variação foi obtido com menor rotação do ventilador e menor pressão de trabalho (Equação 3). Assim, quando a assistência de ar estava ligada, a uniformidade de distribuição foi mais comprometida, uma vez que ocorreu aumento no número de depressões centrais, agravando o problema de distribuição. Resultado semelhante ocorreu com o aumento da pressão de trabalho. Pôde-se observar, também, que na rotação de 2.100 rpm, o coeficiente de variação estimado foi de 21,28%, com uma pressão de trabalho de 400 kPa.

$$CV(\%) = 4,61 + 0,00154897^{**} rv + 0,0335645^{**} pt \quad r^2 = 0,9309 \quad (3)$$

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

De maneira geral, os melhores resultados foram encontrados quando a barra porta-bicos estava a 0,3 m do alvo. Isso pode ser explicado devido à relação do ângulo de pulverização e da altura da barra em relação ao alvo, já que nessa altura não ocorreu sobreposição de um bico hidráulico sobre o outro, o que em alguns casos prejudicou o perfil de distribuição.

Uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos hidráulicos jato leque, modelo AXI-110-04

Com a barra porta-bicos a 0,4 m do alvo, foi encontrada a seguinte relação entre as médias do coeficiente de variação da distribuição volumétrica do conjunto de bicos hidráulicos (CV) em função das rotações do ventilador (rv) e da pressão de trabalho (pt):

$$CV(\%) = 6,5985 + 0,001204^{\square} rv + 0,001114^{\square\Box} pt - 0,000007412 * rv \times pt \quad r^2 = 0,6572 \quad (4)$$

*Significativo a 5% de probabilidade; \square Significativo a 7% de probabilidade; e $\square\Box$ Significativo a 44% de probabilidade, pelo teste “t”.

Com uma rotação do ventilador de 2.100 rpm, o coeficiente de variação estimado foi de 7,68; 6,24; e 4,79%, com uma pressão de trabalho de 100, 200 e 300 kPa, respectivamente. Assim, pode-se afirmar que aumento na pressão de trabalho melhorou a distribuição volumétrica da calda. Fixando uma pressão de trabalho de 300 kPa, o coeficiente de variação estimado foi de 6,93; 5,08; 4,79; e 4,08%, com uma rotação do ventilador de 0, 1.800, 2.100 e 2.800 rpm, respectivamente. Assim como a pressão de trabalho, o aumento na rotação do ventilador melhorou a distribuição volumétrica da calda.

Com a barra a 0,5 m do alvo, menor coeficiente de variação foi obtido com menor rotação do ventilador e maior pressão de trabalho (Equação 5). Com o aumento da rotação do ventilador ocorreram perfis irregulares em todas as rotações, novamente com algumas depressões na zona central, impedindo a boa uniformidade de distribuição do tratamento em área total. Na rotação de 2.100 rpm, o coeficiente de variação estimado foi de 7,07%, com uma pressão de trabalho de 300 kPa.

$$CV(\%) = 6,86536 + 0,000933539^{\square} rv - 0,00584940 * pt \quad r^2 = 0,5889 \quad (5)$$

*Significativo a 5% de probabilidade; e \square Significativo a 7% de probabilidade, pelo teste “t”.

Com a barra porta-bicos a 0,6 m do alvo e uma rotação do ventilador de 2.100 rpm, o coeficiente de variação estimado foi de 8,69; 8,19; e 7,69%, com uma pressão de trabalho de 100, 200 e 300 kPa, respectivamente (Equação 6). Assim, pode-se afirmar que aumento na pressão de trabalho melhorou a distribuição volumétrica da calda. Fixando uma pressão de trabalho de 300 kPa, o coeficiente de variação estimado foi de 7,93; 7,08; 7,69; e 9,96% com uma rotação do ventilador de 0, 1.800, 2.100 e 2.800 rpm, respectivamente, mostrando que, de maneira geral, a rotação do ventilador melhorou a distribuição volumétrica da calda.

$$CV(\%) = 9,42673 - 0,00263557^* rv + 0,0000012^{**} rv^2 - 0,00497775^\circ pt \quad r^2 = 0,6421 \quad (6)$$

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; e
° Significativo a 10% de probabilidade, pelo teste “t”.

De maneira geral, os melhores resultados foram encontrados quando a barra estava a 0,4 e 0,5 m do alvo. Isso pode ser explicado pela relação do ângulo de pulverização e altura da barra em relação ao alvo, já que nessa altura ocorreu sobreposição de um bico sobre o outro, o que em alguns casos pode melhorar o perfil de distribuição. Destacou-se, também, o fato de o valor do coeficiente de variação obtido com o ventilador desligado não ter sido diferente de quando esse aparelho estava trabalhando.

Os resultados de laboratório evidenciaram que os bicos hidráulicos do tipo leque apresentaram os menores coeficientes de variação, indicando menor influência da assistência de ar na barra porta-bicos para esse tipo de bico hidráulico.

CONCLUSÕES

- Os perfis de distribuição do ar são irregulares em todas as rotações e alturas da barra porta-bicos estudadas.
- Maior pressão de trabalho melhorou a distribuição volumétrica de calda.
- Os melhores resultados foram encontrados quando a barra porta-bicos estava a 0,4 e 0,5 m do alvo para o bico do tipo leque e 0,3 m para o bico hidráulico de jato cone vazio.
- Os bicos hidráulicos do tipo leque apresentaram menores coeficientes de variação da distribuição volumétrica de calda que o bico hidráulico de jato cone vazio.
- A rotação do ventilador que apresentou os menores coeficientes de variação (%) foi a de 2.100 rpm.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, P.G.; JORGENSEN, M.K.; TAYLOR, W.A. Hardi twin air assistance for field crop sprayers – The status after 10 years in use. Hardi international application technology course 2000. **Taastrup**, v. 1, c. 2, p. 138-144, 2000.

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

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Air-assisted sprayer for the evaluation of deposition and losses of pesticide application to soybean crop. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 271-276, abr./jun. 2000.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Agricultural and forestry machinery** – Sprayers and liquid fertilizer distributors. Environmental protection – Part 2: Low crop sprayers. Brussels: CEN, 1997. 17 p.

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).

MATTHWES, G.A. How was the pesticide applied? **Crop protection**, v. 23, n. 7, p. 651-653, 2004.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432 p.

TEIXEIRA, M.M.; RUAS, R.A.; BAESSO, M.M.; MAGNO JUNIOR, R.G. Controle da qualidade de aplicação de fitossanitários nas propriedades agrícolas. **Engenharia na Agricultura**. n. 11, p. 29, 2008. (Boletim Técnico).

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR UM CONJUNTO TRATOR-PULVERIZADOR COM ASSISTÊNCIA DE AR

RESUMO

O ruído das máquinas agrícolas pode, com o passar do tempo, provocar problemas auditivos aos operadores. De acordo com as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (NR 15), a exposição diária máxima permitida durante uma jornada de trabalho de 8 h é de 85 decibéis. Com base nessas normas, este trabalho teve o intuito de avaliar o ruído emitido por um conjunto trator-pulverizador, com o uso de assistência de ar na barra de pulverização. As leituras foram tomadas próximas ao ouvido do operador e em cada raio de afastamento de 1 a 10 m, tomadas de 1 em 1 m, direcionadas para os lados direito e esquerdo e partes traseira e frontal do conjunto trator-pulverizador. Em cada ponto foram realizadas três leituras. Pôde-se observar aumento no nível de ruído quando a assistência de ar na barra estava ligada.

Palavras-chave: Ergonomia, exposição do operador e medição de ruído.

CHAPTER 2

EVALUATION OF THE LEVEL OF NOISE EMITTED BY A TRACTOR- SPRAY SET WITH AIR ASSISTANCE

SUMMARY

The noise of farm machinery may cause hearing problems to the operators over the time. According to the Regulatory Standard of the Ministry of Work and Employment (NR 15), the maximum daily exposure permitted during an 8-hour day of work is 85 decibels. Based on these norms, the objective of this work was to evaluate the noise emitted by a tractor-spray set, with the use of air-assisted spray bar. The readings were taken next to the ear of the operator and at distances from 1 to 10 m, taken at every 1 meter, directed to the right and left sides and rear and front parts of the tractor-spray set. Three readings were performed at every point. It was observed an increase in the level of noise when the air assistance in the bar was on.

Keywords: Ergonomics, operator exposure and noise measurement.

INTRODUÇÃO

Entre os fatores ergonômicos que prejudicam os operadores das máquinas, o ruído é um dos principais, mas há poucos trabalhos desenvolvidos para a avaliação desse parâmetro e suas implicações na saúde ocupacional (CUNHA; TEODORO, 2006). As alterações provocadas pelo nível de ruído não tem efeitos imediatos e, sim, acumulativos e vão-se implantando com o tempo: hipoacusia, desequilíbrios psíquicos e doenças físicas degenerativas (NORONHA *et al.*, 2005).

Vitória (2000) destacou que no meio rural é comum o uso de equipamento de proteção individual (EPI) para evitar a contaminação por fitossanitários. No entanto, pouca atenção é dada à prevenção dos efeitos do ruído.

Souza e Leviticus (1995), avaliando tratores agrícolas com mais de 50 kW (68 cv), constataram que a presença da cabine de proteção contribui para minimizar o nível de ruído no ouvido de operadores. Também, concluíram que a cabine foi fator relevante no isolamento acústico no posto de trabalho dos operadores.

Segundo Zoppello *et al.* (1995), nos implementos tracionados o aumento do nível de ruído é devido à maior exigência de potência do motor. Nas máquinas acionadas pela tomada de potência, esse aumento é causado principalmente pelos órgãos acionados. Souza (2001) avaliou os níveis de ruído emitidos por um conjunto trator-recolhedora de feijão, concluindo que,

em geral, os níveis de ruído obtidos no cilindro trilhador, na rotação de 540 rpm, foram superiores aos obtidos a 420 rpm.

O nível de ruído próximo ao ouvido do operador em sua jornada de trabalho é um dos fatores que devem ser avaliados em sistemas produtivos com intenso uso de máquinas. Ruas *et al.* (2006) avaliaram o nível de ruído emitido por quatro pulverizadores de jato transportado. Observaram que todos apresentavam nível de ruído acima do limite de 85 dB(A) para 8 h de exposição diária, estabelecido pela NR-15, fazendo-se necessário, portanto, o uso de protetores auriculares por parte de seus operadores.

Rinaldi *et al.* (2008) inspecionaram 29 tratores, concluíram que os níveis de ruídos emitidos ficaram acima do máximo permitido pelas normas regulamentadoras. O que, pode causar perda auditiva, irritação e perdas de concentração, com a possibilidade de aumento de acidentes.

Na maioria dos trabalhos de avaliação, verificação e quantificação do ruído, a escala utilizada é o decibel, e as medições do nível de ruído devem ser feitas com um circuito eletrônico de compensação do tipo "A" (FERNANDES, 1991; GERGES, 1992).

Vê-se, na Tabela 1, a máxima exposição diária permissível, segundo a Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego.

Tabela 1 – Máxima exposição diária permissível e nível de ruído

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 h
86	7 h
87	6 h
88	5 h
90	4 h
92	3 h
95	2 h
100	1 h
105	30 min
110	15 min
115	7 min

Fonte: Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego.

Neste trabalho, objetivou-se determinar o nível de ruído emitido pelo conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Fazenda Agro-Reservas do Brasil, localizada no Município de Unaí, MG. O ensaio foi realizado com um pulverizador Falcon Vortex, marca Jacto, montado, com tanque de 600 L e ventilador para uso de assistência de ar na barra de pulverização. Para acionar o pulverizador, foi utilizado um trator Valtra BM 100, com 73,5 kW (100 cv) de potência nominal; durante o ensaio, o trator encontrava-se sem cabine e com rotação equivalente a 540 rpm na TDP.

Por ser um pulverizador tratorizado, considerou-se o nível de ruído emitido pelo conjunto trator-pulverizador. Os níveis de ruídos foram determinados por um decibelímetro digital, marca Minipa, modelo MSL-1350, nos circuitos de resposta rápida e de equalização "A", sendo expressos em dB(A); em todas as medições foi usado o protetor de vento do decibelímetro. As leituras foram tomadas próximas ao ouvido do operador e em cada raio de afastamento de 1 a 10 m, coletadas de 1 em 1 m, direcionadas para os lados direito e esquerdo e partes traseira e frontal do conjunto trator-pulverizador. Em cada ponto foram realizadas três leituras em cada condição. Para o estudo da variação dos níveis de ruído em função do raio de afastamento, foram ajustadas equações de regressão para o conjunto ensaiado. Dessa forma, foi possível determinar os níveis de ruído a que estão sujeitos os operadores e, também, os trabalhadores próximos às máquinas. As avaliações basearam-se no método descrito na NBR-9999

(ABNT, 1987). Segundo essa norma, na posição e momento do ensaio de medição do nível de ruído com temperatura ambiente entre -5 e 30 °C e a velocidade do vento, inferior a 5,0 m s⁻¹; tais condições estavam satisfatórias no momento da avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ruídos próximo ao ouvido direito do operador foram de 106,07 e 101,54 dB(A), com a assistência de ar na barra ligada e desligada, respectivamente. Em ambos os casos, o limite permitido, segundo a Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego, foi ultrapassado para uma exposição diária de 8 h, sendo, assim, necessário o uso de protetor auricular. Em relação ao raio de afastamento, os valores maiores ocorrem até 4 m de distância (Quadro 1), ou seja, para pessoas que estejam numa distância de até 4 m do conjunto durante a sua jornada de trabalho houve, também, a necessidade do uso de equipamento de proteção individual (EPI).

Quadro 1 – Variação estimada dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar

Posição máquina	Raio de afastamento (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Com Assistência de Ar Ligada										
Direito	94,5	89,9	87,4	85,6	84,2	83,1	82,2	81,4	80,8	80,1
Esquerdo	95,4	90,6	87,8	86,0	84,5	83,4	82,4	81,6	80,9	80,2
Traseiro	98,9	92,8	89,4	87,0	85,3	83,8	82,7	81,7	80,8	80,0
Frontal	98,3	92,3	89,0	86,7	84,9	83,5	82,4	81,4	80,5	79,8
Com Assistência de Ar Desligada										
Direito	90,9	86,7	84,3	82,6	81,4	80,4	79,5	78,8	78,2	77,6
Esquerdo	90,5	86,5	84,2	82,6	81,4	80,4	79,6	78,9	78,2	77,7
Traseiro	77,4	71,1	67,7	65,4	63,7	62,3	61,1	60,1	59,3	58,5
Frontal	94,5	90,4	87,5	85,7	84,4	83,4	82,5	81,7	81,0	80,49

Foram encontradas as seguintes relações entre as médias de ruído no lado direito do conjunto em função do raio de afastamento, trabalhando com e sem assistência de ar, respectivamente:

$$dB = 94,543D^{-0,0715} \quad R^2 = 0,9831 \quad (1)$$

$$dB = 90,93D^{-0,0686} \quad R^2 = 0,9296 \quad (2)$$

em que,

dB = nível de ruído emitido pelo conjunto (dB(A)); e

D = raio de afastamento do conjunto (m).

Os resultados do lado esquerdo do conjunto foram semelhantes aos obtidos do lado direito (Quadro 1). Assim, também existe a necessidade do uso de EPI para o operador e para as pessoas situadas a uma distância menor que 5 m para a assistência de ar ligada e desligada.

Foram encontradas as seguintes relações entre as médias de ruído no lado esquerdo do conjunto em função do raio de afastamento, trabalhando com e sem assistência de ar, respectivamente:

$$\text{dB} = 95,445D^{-0,0752} \quad R^2 = 0,9961 \quad (3)$$

$$\text{dB} = 90,564D^{-0,0663} \quad R^2 = 0,9169 \quad (4)$$

Diferentemente dos raios de afastamento localizados à direita e à esquerda do operador, na parte traseira os ruídos emitidos quando a assistência de ar estava desligada foram menores, em comparação com a assistência de ar ligada (Quadro 1). Logo, pessoas localizadas a mais de 1 m de distância do conjunto, nesse raio de afastamento, não necessitam do uso de protetores auriculares em uma jornada, quando o ventilador está desligado. No entanto, quanto o ventilador estiver ligado, para as pessoas localizadas em um raio de afastamento menor que 5 m, na parte traseira do conjunto, será necessário o uso de protetores auriculares em jornadas de trabalho de 8 h.

Foram encontradas as seguintes relações entre as médias de ruído na parte traseira do conjunto em função do raio de afastamento, trabalhando com e sem assistência de ar, respectivamente:

$$\text{dB} = 98,94D^{-0,0921} \quad R^2 = 0,9799 \quad (5)$$

$$\text{dB} = 77,433D^{-0,1213} \quad R^2 = 0,9491 \quad (6)$$

Na parte frontal do trator, observou-se semelhança nos valores de ruídos emitidos pelo conjunto com e sem a assistência de ar (Quadro 1), indicando que os ruídos emitidos pelo motor são predominantes, porém em ambos os casos somente as pessoas situadas a distâncias maiores que 6 m não necessitam do uso de protetores auriculares para uma jornada de 8 h.

Foram encontradas as seguintes relações entre as médias de ruído na parte frontal do conjunto em função do raio de afastamento, trabalhando com e sem assistência de ar, respectivamente:

$$\text{dB} = 98,376D^{-0,0909} \quad R^2 = 0,9743 \quad (7)$$

$$\text{dB} = 94,498D^{-0,0697} \quad R^2 = 0,9754 \quad (8)$$

CONCLUSÕES

- O conjunto trator-pulverizador apresentou níveis de ruído próximo ao ouvido do operador acima dos limites permitidos pela Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego.
- Houve aumento no nível de ruído na parte traseira do conjunto quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada.
- Os operadores do conjunto mecanizado estão sujeitos a risco de hipoacusia quando se trabalha com a assistência de ar na barra porta-bicos ligada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9999**: Medição do nível de ruído, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 21 p.

CUNHA, J.P.A.R.; TEODORO, R.E.F. Avaliação do nível de ruído em derrigadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 71-77, 2006.

FERNANDES, J.C. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador**. 1991. 192 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1991.

GERGES, S. **Ruído**: fundamentos e controle. Florianópolis: Ed. Imprensa Universitária, 1992. 123 p.

NORONHA, E.H.; TRAVAGLIA FILHO, U.J.; GARAVELLI, S.L. **Quantificação dos níveis de ruídos num estande de tiros da PM do Distrito Federal**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2005. v. 1, n. 3.

RINALDI, P.C.; FERNANDES, H.C.; SILVEIRA, J.C.M.; MAGNO JUNIOR, R.G.; MINETE, L.J. Características de segurança e níveis de ruído em tratores agrícolas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 215-224, 2008.

RUAS, R.A.A.; TEIXEIRA, M.M.; GONCALVES, W.S.; PARANHOS, F.C. Avaliação da emissão de ruído pelos pulverizadores tipo canhão e cortina de ar. In: Simpósio de Iniciação Científica, 15.; Mostra Científica da Pós-Graduação, 5.; Simpósio de Extensão Universitária, 3. 2006, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: UFV, imprensa Universitária, 2006.

SOUZA, C.M.A. **Avaliação e simulação do desempenho de uma colhedora de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2001. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SOUZA, E.G.; LEVITICUS, L.I. **Analysis of sound level from Nebraska tractor test data**. Lincon: Nebraska Power Laboratory, 1995. 21 p.

VITÓRIA, E.L. **Avaliação do nível de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas**. 2000. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

ZOPPELLO, G.; MONARCA, D.; CECCHINI, M. Aziende agricole, il rischio da rumore ed il D.Lgs 277/91. **Macchine e Motori Agricoli**, v. 2, n.10, p. 9-16, 1995.

CAPÍTULO 3

POPULAÇÃO E ESPECTRO DE GOTAS DE UM PULVERIZADOR HIDRÁULICO COM ASSISTÊNCIA DE AR NA BARRA DE PULVERIZAÇÃO

RESUMO

A população de gotas produzidas durante a pulverização influencia a eficiência da aplicação de um fitossanitário. A partir da população de gotas, é possível determinar os seus tamanhos, a homogeneidade dimensional e as implicações na segurança do aplicador e do consumidor, no impacto ambiental e na eficácia do tratamento. De acordo com o tratamento e o produto a ser aplicado, é possível definir um número mínimo de gotas por unidade de superfície. Este trabalho teve por objetivo avaliar as características das populações e o espectro das gotas produzidas durante a pulverização com assistência de ar. Foram estudados os fatores tipo de bico, volume de calda aplicado, assistência de ar na barra e sua influência sobre o espectro, porcentagem de cobertura e densidade da população de gotas. Foi montado um experimento em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$: tipos de bico, volumes de calda e assistência de ar ligada e desligada. Foi usado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A assistência de

ar na barra porta-bicos melhorou a cobertura do alvo nas partes medianas e inferiores do feijoeiro e aumentou a densidade de gotas por cm^2 de folha.

Palavras-chave: Bicos, papel hidrossensível e volume de calda.

CHAPTER 3

POPULATION AND SPECTRUM OF DROPLETS OF A HYDRAULIC SPRAY WITH AIR-ASSISTED SPRAY BAR

SUMMARY

The droplet population produced during the spray influences the effectiveness of phytosanitary applications. Based on the population of droplets, it is possible to determine their sizes, dimensional homogeneity and the implications in the safety of applicators and consumers, environmental impact, and treatment effectiveness. According to the treatment and the product to be used, it is possible to define a minimum droplet number per unit surface. The objective of this work was to evaluate the characteristics of the population and the droplet spectrum produced during the air-assisted spray. The following factors were studied: type of nozzle, volume of liquid applied, air assistance in the bar and its influence on the spectrum, percentage of coverage and density of droplet population. An experiment was set up in a 2 x 2 x 2 factorial scheme: types of nozzle, liquid volume and air assistance turned on and off. A casualized block design was used, with four replications. The air assistance in the bar improved the coverage of the target in the medium and lower parts of the bean plant and increased the density of droplets per cm² of leaf.

Keywords: Nozzle, hydro sensitive paper and liquid volume.

INTRODUÇÃO

Para garantir eficácia biológica, é necessário conhecer o espectro das gotas de forma a adequar seu tamanho às condições meteorológicas no momento da aplicação (CUNHA, 2003).

Caso a aplicação seja feita em locais de baixa umidade e temperaturas altas, devem-se utilizar gotas grandes, para reduzir o risco de evaporação e deriva; quando se deseja uma penetração maior das gotas no alvo, devem-se usar gotas pequenas (TEIXEIRA *et al.*, 2008). Gotas com pequeno diâmetro são suscetíveis à deriva e à evaporação e as com diâmetros grandes estão sujeitas ao escorrimento. Nos dois casos, há falha no processo de aplicação.

O diâmetro adequado de gotas é o que proporciona o máximo controle da praga, doença ou planta daninha com a mínima quantidade de produto fitossanitário e mínima contaminação do ambiente (HIMEL *et al.*, 1969, citados por FERREIRA, 2003).

Uma ponta de pulverização não produz um único tamanho de gota. Dessa forma, o tamanho utilizado na classificação da pulverização (fina, média ou grossa) é em relação ao diâmetro da gota que divide o volume correspondente às gotas de uma amostra em duas partes iguais, o que se denomina Diâmetro da Mediana Volumétrico (DMV). De acordo com a ANDEF (2008):

Pequenas (<200 μm) são mais arrastadas pelo vento, acarretando a deriva, e podem aumentar a evaporação durante a aplicação. Porém, proporcionam melhor cobertura do alvo e alta densidade de gotas (em condições climáticas adequadas); possuem também alta capacidade de penetração no dossel da cultura e são menos suscetíveis ao escorrimento do produto nas folhas.

Médias (200 - 400 μm) possuem características intermediárias às das gotas grandes e pequenas.

Grandes (> 400 μm) são menos sujeitas à deriva e evaporação no trajeto da ponta ao alvo. Porém, proporcionam menor cobertura da superfície tratada e menor densidade de gotas; possuem baixa capacidade de penetração no dossel da cultura e são mais suscetíveis ao escorrimento.

Os papéis hidrossensíveis são usados há mais de 30 anos; são amarelos e sua superfície fica azulada quando em contato com as gotas. Essa transição na cor é devida à reação ocorrida pela ionização do bromophenol, propriedade que fornece o registro da gota, sendo um método alternativo e econômico para os estudos da qualidade de aplicação.

Moor *et al.* (2000) utilizaram papel hidrossensível em árvores para avaliar a distribuição de líquido no dossel por análise de imagem. Concluíram que esse método minimiza o erro humano, mantendo um padrão de qualidade e fornecendo uma análise fácil, rápida, automatizada e exata da qualidade da aplicação.

Cross *et al.* (2001) avaliaram a distribuição da calda e as perdas causadas por deriva em fruteiras, com papel hidrossensível e análise de imagens. Verificaram que essa técnica é rápida e eficaz.

Salyani (1999) testando a durabilidade de etiquetas amostradoras em vários ambientes, concluiu que o tamanho, forma e cor das manchas não mudaram por um longo período (um ano). Assim, pode-se afirmar que a temperatura do ar, a umidade relativa e a radiação solar não afetaram a qualidade das amostras de gotas quando mantidas em condições adequadas de armazenamento.

Salyani e Fox (1999) testaram volumes de aplicação e sua influência na qualidade da pulverização de fitossanitários em laranjeiras, com etiquetas

amostradoras. Verificaram que aumento no volume de calda melhorou a qualidade da aplicação na parte interior do dossel da laranjeira.

Scudeler *et al.* (2004) utilizaram etiquetas amostradoras para verificar a distribuição da calda pulverizada em diferentes condições operacionais. As plantas-alvo foram divididas em setor de amostragens superior e inferior. Observaram que houve melhor deposição da calda nas plantas de café com o uso de equipamentos com assistência de ar.

Com este trabalho, objetivou-se avaliar as características das populações e o espectro das gotas produzidas utilizando um pulverizador hidráulico com assistência de ar na barra de pulverização e dois conjuntos de pontas de pulverização.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em uma lavoura comercial de feijoeiro da cultivar do tipo carioca Pérola, irrigado (pivô central), com espaçamento entre fileiras de 0,5 m e na fase de desenvolvimento R6 (A abertura das primeiras flores define o estágio R6 (floração), se prolonga até a queda da corola da primeira flor fecundada, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento), pertencente à Fazenda Agro-Reservas do Brasil, localizada no Município de Unaí, MG. Os ensaios foram realizados com um pulverizador Falcon Vortex, marca Jacto, com tanque de 600 L, e ventilador axial para uso de assistência de ar na barra de pulverização. Para acionar o pulverizador, foi utilizado um trator Valtra BM 100, com 73,5 kW (100 cv) de potência nominal no motor.

A população de gota foi caracterizada quanto ao espectro de gotas, porcentagem de cobertura e densidade. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador foi aferida pela cronometragem do tempo para percorrer 50 m foi ajustada até manter o volume de calda aplicado de 200 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹. As pontas de pulverização hidráulica avaliadas foram de jato cônico vazio, modelo JA-4, marca Jacto, com pressão de trabalho de 600 kPa, e de jato leque, modelo AXI-110-04, marca Jacto, com pressão de trabalho de 300 kPa.

Foi montado um experimento em esquema fatorial 2 x 2 x 2: tipos de bicos, volumes de calda e assistência de ar ligada e desligada. Foi usado o

delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A unidade experimental foi de 5 x 3 m. A velocidade do ar foi obtida com uma velocidade angular do eixo do ventilador de 2.100 rpm (219,91 rad/s).

A umidade relativa e a temperatura do ar foram monitoradas com psicrômetro. Os manômetros utilizados foram previamente calibrados com um dispositivo de calibração baseado no princípio da comparação com um manômetro-padrão classe “A”, obtendo-se a relação entre pressão indicada e pressão real. A velocidade angular do ventilador foi medida com tacômetro digital, marca Tako, modelo TD 303.

Para estimar o tamanho das gotas produzidas, foram utilizadas etiquetas amostradoras de papel hidrossensível. Os papéis hidrossensíveis foram colados com fita adesiva, nas posições baixas, médias e altas das plantas. Em cada nível foram distribuídos cinco papéis hidrossensíveis, orientados de modo a colocar um em cada ponto cardeal e um no centro, totalizando 15 por planta. Em cada parcela foram analisadas três plantas. Após cada pulverização, os papéis hidrossensíveis foram retirados e acondicionados.

Posteriormente, foi feita a aquisição das imagens para análise com uma câmera digital, marca Nikon, modelo Coolpix, com resolução de 5.1 megapixel. Cada grupo de etiquetas do mesmo tratamento, devidamente identificadas, foram fotografadas e processadas com o programa computacional para análise de imagens “Image Tool”, versão 3.0.

O tamanho das gotas coletadas nas etiquetas hidrossensíveis foi corrigido pela equação proposta por Chaim *et al.* (1999).

$$F = 0,74057 + 0,0001010399 D + 0,2024884 \ln(D) \quad (1)$$

em que:

F = fator de espalhamento; e

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

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura do alvo

Dossel superior do feijoeiro

Na parte superior das plantas, observou-se efeito significativo para assistência de ar na barra porta-bicos, o tipo de bico hidráulico e as interações entre assistência de ar na barra porta-bicos e volume de aplicação, assistência de ar na barra porta-bicos e tipo de bico hidráulico. Também foi significativa a interação entre volume de pulverização e tipo de bico hidráulico, foram significativos (Quadro 1).

Com a assistência de ar na barra porta-bicos desligada não houve diferença significativa entre os volumes de 200 e 400 L ha⁻¹. Logo, um incremento no volume de calda não significou aumento na cobertura das etiquetas posicionadas nas folhas superiores do feijoeiro. Entretanto, com a assistência de ar ligada, a cobertura do alvo passou de 61,28 para 53,35% quando se aumentou o volume de 200 para 400 L ha⁻¹. Isso pode ser explicado pela maior penetração da calda nos terços médio e inferior do feijoeiro (Quadro 2).

Quadro 1 – Resumo da análise de variância da cobertura do alvo obtidos nas etiquetas hidrossensíveis colocadas nas folhas superiores, médias e inferiores do feijoeiro, em função dos tipos de bicos hidráulicos, volumes de pulverização e assistência de ar na barra porta-bicos

FV	GL	Quadrados Médios		
		Superior	Médio	Inferior
Ar	1	226,47 ^{**}	5828,760 ^{**}	109,631 ^{**}
Volume	1	2,8740 ^{ns}	852,2251 ^{**}	436,0843 ^{**}
Bico	1	4546,52 ^{**}	1,4706 ^{ns}	0,0399 ^{ns}
Ar x Volume	1	430,197 ^{**}	123,6378 ^{**}	57,9157 ^{**}
Ar x Bico	1	946,668 ^{**}	0,0903 ^{ns}	0,0258 ^{ns}
Volume x Bico	1	53,2254 [*]	2,1218 [*]	0,0116 ^{ns}
Ar x Volume X Bico	1	10,3398 ^{ns}	0,6612 ^{ns}	0,1313 ^{ns}
Resíduo	21	6,72	0,4730	0,1386
CV (%)		4,32	3,37	7,39

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; e ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Quadro 2 – Valores médios das coberturas do alvo (em %) obtidas pela combinação entre volume de pulverização e assistência de ar na barra porta-bicos no terço superior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	61,28 ^{Aa}	59,27 ^{Ab}
400	53,35 ^{Bb}	66,00 ^{Aa}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Houve melhor cobertura quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada tanto para bico cone e leque. As médias foram de 74,67 e 69,11% nos bicos hidráulicos cone e leque, respectivamente. Pode-se verificar que não houve diferença estatística entre os tipos de bicos hidráulicos tanto para a assistência de ar na barra porta-bicos ligada e desligada (Quadro 3).

Quadro 3 – Valores médios das coberturas do alvo (em %) obtidas pela combinação entre assistência de ar na barra porta-bicos e tipo de bico hidráulico no terço superior do feijoeiro

Assistência de Ar	Bico Hidráulico	
	Cone	Leque
Ligada	74,67 ^{Aa}	69,11 ^{Aa}
Desligada	39,95 ^{Ba}	56,15 ^{Ba}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Com relação ao volume de aplicação e ao tipo de bico, em geral as maiores coberturas ocorreram com o volume de aplicação de 400 L ha⁻¹. Pode-se concluir, também, que no terço superior do feijoeiro não houve diferença significativa entre os tipos de bicos hidráulicos estudados para os dois volumes(Quadro 4).

Quadro 4 – Valores médios das coberturas do alvo (em %) obtidas pela combinação entre volume de aplicação e tipo de bico hidráulico no terço superior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Bico Hidráulico	
	Cone	Leque
200	49,64 ^{Aa}	46,46 ^{Ba}
400	70,90 ^{Aa}	72,88 ^{Aa}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Dossel médio do feijoeiro

Na parte média do feijoeiro, houve efeito significativo na interação entre a assistência de ar na barra porta-bicos e os volumes de aplicação sobre a cobertura do alvo. A interação entre volumes de aplicação e tipos de bico hidráulico também foi significativas (Quadro 1).

O aumento de volume de calda e a assistência de ar na barra de pulverização aumentaram significativamente a cobertura nas etiquetas colocadas nas folhas médias do feijoeiro, especialmente com um volume de 400 L ha⁻¹ (Quadro 5).

Quadro 5 – Valores médios das coberturas do alvo (em %) obtidas pela combinação entre volume de aplicação e assistência de ar na barra porta-bicos no terço médio do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	26,77 ^{Ba}	3,71 ^{Ab}
400	41,03 ^{Aa}	10,10 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

As melhores coberturas do alvo foram encontradas com o bico do tipo leque independentemente do volume de calda. Para as duas pontas de pulverização avaliadas o volume de calda não influenciou a cobertura do alvo (Quadro 6).

Quadro 6 – Valores médios das Coberturas do alvo (em %) obtidas pela combinação entre volume de aplicação e tipo de bico hidráulico no terço médio do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Bico Hidráulico	
	Cone	Leque
200	15,29 ^{Ab}	25,09 ^{Aa}
400	15,20 ^{Ab}	26,04 ^{Aa}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Dossel inferior do feijoeiro

Na parte inferior do feijoeiro, a assistência de ar na barra porta-bicos e o volume de aplicação influenciaram a cobertura do alvo. A interação entre a assistência de ar na barra porta-bicos e o volume de pulverização também foi significativa (Quadro 1).

A assistência de ar na barra de pulverização aumentou a cobertura do alvo em todos os volumes, principalmente com o volume de 400 L ha⁻¹ que proporcionou uma cobertura de 11,83% do alvo. Os resultados indicaram também que o incremento no volume de pulverização aumentou a cobertura do alvo na parte inferior do feijoeiro (Quadro 7).

Quadro 7 – Valores médios das coberturas do alvo (em %) obtidas pela interação entre volumes de aplicação e assistência de ar na barra porta-bicos no terço inferior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	1,85 ^{Ba}	0,84 ^{Bb}
400	11,93 ^{Aa}	5,53 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

De maneira geral, a assistência de ar na barra porta-bicos melhorou a cobertura do alvo nas partes médias e inferiores do feijoeiro, o que melhorou também a distribuição das gotas por toda a planta. Maior cobertura do alvo nas partes baixas do feijoeiro pode significar melhor controle de doenças, principalmente de fungos que iniciam sua infecção nas partes mais baixas da planta, como é o caso do mofo-branco do feijoeiro.

Densidade de gotas

Dossel superior do feijoeiro

Não foi possível calcular o número de gotas por cm² de folha no terço superior do feijoeiro. Isso ocorreu devido ao fato de várias etiquetas hidrossensíveis estarem completamente tomadas por uma única mancha, o que pode ser explicado pela junção de várias gotas. Tal fato geralmente ocorre quando se tem grande volume de calda depositado no alvo.

Dossel médio do feijoeiro

Houve efeito significativo para a assistência de ar na barra porta-bicos, os volumes de aplicação, os tipos de bico hidráulico e também para a interação entre a assistência de ar na barra de pulverização e os tipos de bico hidráulico também foi significativa (Quadro 8).

As médias de densidade de gotas por cm² de folha obtidas pelos bicos cônicos e leques não diferiram significativamente quando a assistência de ar na barra de pulverização estava desligada. Entretanto, quando ela estava ligada, a densidade de gotas por cm² de folha aumentou de 34,70 para 58,10 e de 34,41 para 54,68, nos bicos cone e leque, respectivamente (Quadro 9).

Quadro 8 – Resumo da análise de variância dos dados de densidade de gotas por cm² de folha obtidos nas etiquetas colocadas nas folhas médias e inferiores do feijoeiro, em função dos tipos de bicos hidráulicos, volume de pulverização e assistência de ar na barra porta-bicos

FV	GL	Quadrados Médios	
		Médio	Inferior
Bloco	3	1,3950	1,8825
Ar	1	3813,046 ^{**}	289,5020 ^{**}
Volume	1	2685,529 ^{**}	6526,246 ^{**}
Bico	1	27,5838 [*]	11,4122 [*]
Ar x Volume	1	0,6699 ^{ns}	55,2037 ^{**}
Ar x Bico	1	19,6407 [*]	0,1237 ^{ns}
Volume x Bico	1	3,2704 ^{ns}	0,2161 ^{ns}
Ar x Volume X Bico	1	0,3341 ^{ns}	0,0052 ^{ns}
Resíduo	21	3,8377	1,9789
CV (%)		4,30	4,92

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; e ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 9 – Densidade de gotas por cm² de folha obtida pela interação entre assistência de ar na barra porta-bicos e o tipo de bico hidráulico no terço médio do feijoeiro

Assistência de Ar	Bico Hidráulico	
	Cone	Leque
Ligada	58,10 ^{Aa}	54,68 ^{Ab}
Desligada	34,70 ^{Ba}	34,41 ^{Ba}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

O incremento no volume de pulverização aumentou a densidade de gotas por cm² de folha obtidas no terço médio do feijoeiro, e número maior de gotas pode proporcionar melhor controle da praga, entretanto, com o aumento no volume de aplicação, o risco de contaminação do solo aumenta e a capacidade operacional do conjunto trator-pulverizador diminui (Quadro 10).

Quadro 10 – Médias referentes à densidade de gotas por cm² de folha obtidas no terço médio do feijoeiro com volumes de calda de 200 e 400 L ha⁻¹

Volume (L ha ⁻¹)	Densidade de Gotas
200	36,31 ^b
400	54,63 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade, segundo o teste F.

Dossel inferior do feijoeiro

Nessa posição do dossel do feijoeiro, os resultados para densidade de gotas foram bem semelhantes aos obtidos para cobertura. O tipo de bico hidráulico e a interação entre a assistência de ar na barra porta-bicos e os volumes de aplicação foram significativos (Quadro 8).

Tanto o aumento de volume de aplicação quanto a assistência de ar na barra porta-bicos elevaram a densidade de gotas. O maior número de gotas foi obtido com a assistência de ar ligada e o volume de pulverização de 400 L ha⁻¹, com média de 44,55 gotas por cm² de folha (Quadro 11).

Quadro 11 – Densidade de gotas por cm² de folha obtida pela interação entre volume de pulverização e assistência de ar na barra porta-bicos no terço inferior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	18,62 ^{Ba}	9,98 ^{Bb}
400	44,55 ^{Aa}	41,16 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

A densidade de gotas foi maior quando se trabalhou com o bico hidráulico do tipo cônico. Isso pode ser explicado pelo fato de esse tipo de bico produzir população de gotas com diâmetros menores que as produzidas pelo bico hidráulico do tipo leque, o que proporcionou melhor penetração das gotas no dossel do feijoeiro (Quadro 12).

Quadro 12 – Médias da densidade de gotas por cm² de folha obtidas no terço inferior do feijoeiro com bicos hidráulicos do tipo cone e leque

Tipo de Bico Hidráulico	Densidade de Gotas
Cone	29,17 ^a
Leque	27,98 ^b

* Valor seguido pela mesma letra minúscula na coluna não difere a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Da mesma forma que a cobertura, a densidade de gotas aumentou significativamente quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada, e isso pode ser explicado pela melhor penetração de gotas no dossel da cultura.

CONCLUSÕES

- De maneira geral, a assistência de ar na barra porta-bicos melhorou a cobertura do alvo nas partes medianas e inferiores do feijoeiro.
- A densidade de gotas por cm^2 de folha aumentou significativamente nas partes medianas e inferiores do feijoeiro quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDEF). **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**, 2004. Disponível em: <www.andef.com.br>. Acesso em: 26 fev. 2008.

CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 963-969, jun. 1999.

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. Effects of spray liquid flow rate. **Crop Protection**, v. 20, p. 13-30, 2001.

CUNHA, J.P.A.R. **Tecnologia de aplicação convencional de fungicida de contato no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 79 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

FERREIRA, M. da C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *brevipalpus phoenicis* (g., 1939) em citros**. 2003. 74 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2003.

MOOR, B.A.; LANGENAKENS, J.; VEREECKE, E. Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers. Aspects of Applied Biology. **Pesticide Application**, v. 57, 2000.

SALYANI, M. A technique for stabilizing droplet spots on oil-sensitive paper **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 42, n. 1, p. 45-48, 1999.

SALYANI, M.; FOX, R.D. Evaluation of spray quality by oiland water-sensitive papers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1999.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F.C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 129-139, 2004.

TEIXEIRA, M.M.; RUAS, R.A.; BAESSO, M.M.; MAGNO JUNIOR, R.G. Controle da qualidade de aplicação de fitossanitários nas propriedades agrícolas. Engenharia na Agricultura. **Boletim Técnico**, n. 11, p. 29, 2008.

CAPÍTULO 4

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA NO DOSSEL DO FEIJOEIRO, UTILIZANDO ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA

RESUMO

A ocorrência de doenças é um fator de influência na produtividade dessa leguminosa. O mofo-branco está entre as principais doenças promovidas por patógenos de solo. Os objetivos deste trabalho foram quantificar a distribuição de líquido pulverizado no dossel da planta do feijoeiro a partir de análise espectrofotométrica, usando-se um pulverizador de barra com e sem assistência de ar. Foi montado um experimento em esquema fatorial 2 x 2 x 2 (dois tipos de bicos, dois volumes de calda (frownicide + solvente) e assistência de ar ligada e desligada) em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A assistência de ar na barra interferiu na deposição da calda no feijoeiro, e houve aumento significativo na produtividade quando se aumentou o volume de aplicação e quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada.

Palavras-chave: Fitossanitários, qualidade de aplicação e pulverização.

CHAPTER 4

UNIFORMITY OF LIQUID DISTRIBUTION IN THE CANOPY OF THE BEAN PLANT, USING THE SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS

SUMMARY

The occurrence of fungal diseases has a serious influence on the productivity of this legume. The white mold is one of the main diseases caused by soil pathogens. The objectives of this work were to quantify the distribution of the liquid sprayed in the canopy of the bean plant based on the spectrophotometric analysis, using a bar spray with air assistance and without it, and evaluate the effectiveness of the white mold control. It was set up an experiment in a 2 x 2 x 2 factorial scheme (two types of nozzles, two volumes of liquid and air assistance turned on and turned off) in a randomized block design with four replications. The air assistance in the bar influenced the liquid deposition in the bean tree, and there was a significant increase in productivity when the volume of application was increased and when the air assistance was turned on.

Keywords: Phytosanitary, quality of application and spray.

INTRODUÇÃO

Considerada há alguns anos como uma cultura apenas de subsistência, o feijoeiro tem sido cultivado por grandes produtores, devido à sua evolução tecnológica e aos avanços das pesquisas (RINALDI, 2008).

O mofo-branco é uma das doenças mais destrutivas do feijoeiro no mundo, notadamente nos plantios efetuados em locais de temperaturas amenas e alta umidade do solo e do ar. Em lavouras onde há esses fungos, algumas medidas podem ser tomadas para o manejo integrado de doenças e pragas. Essa atitude tem por finalidade obter produtos de qualidade com redução, e até eliminação, do uso de fitossanitários. Entre medidas práticas que devem ser empregadas para minimizar os efeitos no campo ou até mesmo evitar a entrada do mofo-branco na área, pode-se destacar o controle químico.

Os fitossanitários são usados na agricultura moderna, a fim de proteger as culturas de pragas (ZHAO *et al.*, 2005). Entretanto, esses autores comentaram que, para aumentar o depósito da calda no alvo, é necessário usar artifícios como assistência de ar na barra porta-bicos e eletrificação das gotas.

O controle químico de doenças é realizado na maioria das propriedades, pois previne infecções causadas por patógenos, e seus resultados são rápidos. Porém, há a necessidade de evitar a pressão de seleção, causada, muitas vezes, pela aplicação constante de um único

fungicida sistêmico por vários ciclos da cultura. O ideal é que ocorra rodízio entre os produtos aplicados.

O uso adequado de fitossanitários para o controle de doenças de plantas requer o conhecimento de vários fatores, como o agente causador envolvido e o seu potencial como patógeno; o tipo de equipamento a ser utilizado na aplicação do produto; o número de aplicações; época de aplicação; etc.

A assistência de ar começou a ser usada na década de 1950, e essa tecnologia vem evoluindo. Inicialmente, eram utilizados pulverizadores manuais com injetores de ar nas culturas arbóreas, porém com grande volume de calda (FOX *et al.*, 2008). Esses autores comentaram que, recentemente, com a utilização de ventiladores mais eficientes e que produzem grandes volumes de ar, têm-se alcançado excelentes resultados. Na maioria das aplicações de fitossanitários, o transporte de ingredientes ativos para o interior do dossel das plantas é uma exigência-chave para o controle eficaz das pragas (FAROOQ; LANDERS, 2002).

Os pulverizadores tratorizados com assistência de ar possuem um ou dois ventiladores, geralmente de fluxo axial, posicionados próximos à seção central da barra de pulverização, que distribuem alto volume de ar no interior de um duto inflado montado acima da barra de pulverização (MATTHEWS, 2000).

Equipamentos com assistência de ar descendente têm sido usados para aumentar a penetração das gotas no interior do dossel da planta e reduzir a deriva durante a pulverização (TAYLOR *et al.*, 1989; COOKE *et al.*, 1990; TAYLOR; ANDERSEN, 1991).

Uma das técnicas usadas para a quantificação de depósitos de fitossanitários é a adição de traçadores à calda de pulverização, que depois terão sua concentração medida por análise espectrométrica. Segundo Skoog *et al.* (2002), nessa análise se determinou a absorção de radiação eletromagnética de ondas, com o comprimento entre 160 e 3.000 nm, utilizando-se de uma fonte de luz de filamento de tungstênio alimentada por uma fonte estabilizada, que fornece radiação de intensidade constante. Após sofrer difração, a radiação passa pelo recipiente das amostras e chega até uma célula fotoelétrica. Em seguida, o sinal elétrico gerado é amplificado, e

um transdutor alimenta o medidor. Este último pode ser calibrado em transmitância ou absorbância.

Yates e Akesson (1963) testaram traçantes fluorescentes em análises quantitativas. Concluíram que soluções traçadoras devem ser sensíveis à detecção; possibilitar o uso em análise quantitativa com rapidez; ser solúveis quando misturadas à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e menor evaporação das gotas; ter propriedades distintas para se diferenciar de outras substâncias; e ser estáveis, atóxicas e de baixo custo. Os primeiros relatos da utilização dos corantes alimentícios como traçadores de calda de pulverização datam da década de 1990 (MARCHI *et al.*, 2005).

Derksen e Sanderson (1996) avaliaram a influência do volume de calda na deposição foliar de fitossanitários com o traçador misturado à calda. Verificaram que o uso de altos volumes de aplicação proporcionou melhor cobertura e menor variação de deposição ao longo do dossel.

Solza *et al.* (2007a) analisaram os volumes depositados nas folhas dos terços superior, médio e inferior das plantas de algodão, utilizando-se do corante alimentício azul-brilhante adicionado à calda de pulverização. A solução traçadora adicionada à calda foi constituída do corante azul-brilhante (FDeC Blue n° 1) 0,179% e do pigmento fluorescente Saturn Yellow, também a 0,179%, solubilizado com Vixilperse 0,015%, conforme metodologia descrita por Palladini (2000). Após a pulverização, as folhas foram lavadas, e o volume recuperado foi analisado por espectrofotometria. Aqueles autores conseguiram identificar os diferentes volumes de depósito nas diferentes posições da planta.

Carbonari *et al.* (2005) estudaram os efeitos de surfactantes e pontas de pulverização na deposição da calda de pulverização em plantas de *Cynodon dactylon*. As caldas foram preparadas com o corante FDeC n° 1 a 1.500 ppm como traçador. Concluíram que a deposição de calda nas folhas foi menor quando não houve a adição de surfactante, independentemente da ponta de pulverização utilizada.

Hayden *et al.* (1990), citados por Palladini (2000), compararam duas condições de alvo natural, dois corantes alimentícios solúveis em água classificados pela “Food, Drug e Cosmetic” como FDeC n° 6 e FDeC n° 1, com leituras de comprimento de ondas nas faixas distintas de 482 e 630 nm,

respectivamente. Concluíram que os corantes foram precisos e baratos para a pesquisa de depósito em plantas.

Souza *et al.* (2007b) pesquisaram a variabilidade dos depósitos de traçadores, simulando herbicidas aplicados em pós-emergência, em populações de *Brachiaria plantaginea* e *Commelina benghalensis* infestantes da cultura da soja. Aplicaram 250 L ha⁻¹ de calda preparada com 0,18% de corante azul-brilhante e 0,18% de amarelo saturn yellow. Verificaram que as plantas de *B. plantaginea* da entrelinha da soja receberam, em média, 34% a mais de depósito do que as plantas da linha.

Martins *et al.* (2005) avaliaram o efeito do adjuvante aterbane na deposição de calda de pulverização, aplicada sobre plantas de *Pistia stratiotes*. As caldas foram preparadas com o corante FDeC n° 1 a 1.500 ppm. A quantificação do corante das amostras foi feita com espectrofotômetro GBC Cintra 20, e as leituras foram feitas por absorvância no comprimento de onda de 630 nm, no qual se determinou a concentração do corante retido na superfície foliar das plantas.

Raetano *et al.* (2001) avaliaram a cobertura de pulverização proporcionada por diferentes equipamentos, utilizando uma solução traçadora constituída pelo pigmento fluorescente Saturn Yellow (0,075%), solubilizado com o lignossulfonato Vixilperse (0,0075%) mais o corante azul-brilhante (FDeC n° 1), na concentração de 0,075% (p/v).

Bauer e Raetano (2003) avaliaram a deposição da pulverização em feijoeiro, em presença e ausência de assistência de ar na barra de pulverização. A utilização do óxido cuproso como traçador, diferentes pontas de pulverização e volumes de calda mostrou que a assistência de ar na barra de pulverização não aumentou a deposição nos folíolos do feijoeiro aos 48 dias após a emergência da cultura. Maior volume de aplicação aumentou a deposição ao longo da planta, e a deposição foi similar nos folíolos superiores e inferiores.

Costa *et al.* (2007) estudaram o efeito de pontas de pulverização, pressão e intensidade do vento na deriva gerada em aplicações simuladas de herbicidas aplicados em pré-emergência. A calda de aplicação foi composta por água, e o corante alimentício FDeC n° 1 foi usado como

traçador. A deriva foi amostrada por coletores ativos fixados sobre a barra de pulverização. Houve sucesso com o uso do traçador.

Com este trabalho, objetivaram-se quantificar e avaliar a distribuição de líquido pulverizado no dossel da planta, bem como analisar a eficácia do controle do mofo-branco com fungicida aplicado por pulverizador hidráulico com assistência de ar na barra porta-bicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em lavoura de feijão da cultivar carioca Pérola, irrigado (pivô) na fase de desenvolvimento R6 (A abertura das primeiras flores define o estágio R6 (floração), se prolonga até a queda da corola da primeira flor fecundada, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento), na Fazenda Agro-Reservas do Brasil, localizada no Município de Unaí, MG. O ensaio foi realizado com um pulverizador Falcon Vortex, marca Jacto, com tanque de 600 L, e ventilador axial para assistência de ar na barra de pulverização. Para acionar o pulverizador, foi utilizado um trator Valtra BM 100 com 73,5 kW (100 cv) de potência nominal no motor.

Foi utilizado o fungicida Frownicide 500 SC cujo modo de ação é o de contato. A dose utilizada foi de 750 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (fluazinam). O volume de calda foi de 200 ou 400 L ha⁻¹.

Foram avaliados a incidência e severidade de mofo-branco e o rendimento da cultura. A incidência de mofo-branco foi avaliada pela porcentagem de plantas que apresentavam os sintomas da doença. A severidade do mofo-branco foi avaliada com base em escala de 1 a 9, utilizada por Vieira *et al.* (2001), adaptada de Hall e Phillips (1996) (Tabela 1).

Tabela 2 – Escala para avaliação da severidade do mofo-branco do feijoeiro

Nota	Característica	
1	Todas as plantas sem sintoma da doença	
3	Maioria das plantas doentes com parte (%) dos caules e ramos infestados	
5		1% a 25%
7		26% a 50%
9		51% a 75%
		76% a 100%

Fonte: Vieira *et al.* (2001), adaptada de Hall e Phillips (1996).

Foi montado um experimento em esquema fatorial 2 x 2 x 2: tipos de bicos, volumes de calda e assistência de ar ligada e desligada. Foi usado o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A unidade experimental teve área de 15 m² (5 x 3 m). As pontas de pulverização hidráulica utilizadas durante os ensaios foram a JA-4 de jato cônico vazio e pontas AXI-110-04 de jato leque, todas da marca Jacto. Durante o ensaio, o espaçamento entre os bicos foi de 0,5 m e a altura da barra porta-bicos, selecionada de acordo com o bico utilizado, sendo de 0,5 m no bico tipo leque e 0,3 m no bico cônico. A velocidade do pulverizador foi aferida e repetida, a fim de manter o volume de calda aplicado de 200 L ha⁻¹ ou 400 L ha⁻¹. A velocidade angular do eixo do ventilador foi de 2.100 rpm (219,91 rad/s), medida com tacômetro digital, marca Tako, modelo TD 303. Os manômetros utilizados foram previamente calibrados por meio de um manômetro-padrão, obtendo-se a relação entre pressão indicada e pressão real. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas usando-se um psicrômetro.

Após a colheita, o teor de água dos grãos colhidos foi determinado e ajustado a 12% (b.u.). Foi utilizada uma balança digital com sensibilidade de

0,001 g. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, ao teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Para avaliação da deposição da calda no feijoeiro, as aplicações foram efetuadas com traçador corante azul FCF (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n.1) na concentração de 3 g L⁻¹.

Foram coletadas folhas nas posições baixas, médias e altas do feijoeiro. Em cada nível foram coletadas cinco folhas, uma em cada ponto cardeal e uma no centro, totalizando 15 folhas por planta. Em cada parcela foram analisadas três plantas.

Após cada pulverização, as folhas foram retiradas e acondicionadas em recipientes plásticos. Posteriormente, as folhas foram lavadas em 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados e agitados por 30 s. A solução resultante da extração foi analisada em espectrofotômetro (Figura 1) para registrar a absorvância em 630 nm (faixa de detecção do corante azul utilizado). As folhas tiveram sua área medida por meio de digitalização e análise no programa computacional "Image Tool" versão 3.0.

Com a curva de calibração, obtida por meio de soluções-padrão, os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L⁻¹) e, de posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, foi determinado o volume retido no alvo. Com esses resultados, procedeu-se, então, à divisão do depósito total do volume retido no alvo pela área foliar de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em µL cm⁻² de folha.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

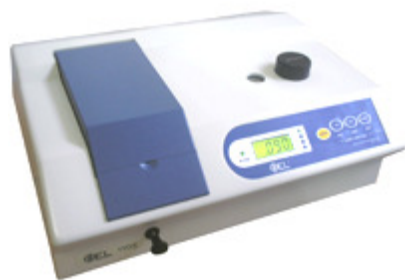


Figura 1 – Espectrofotômetro modelo SP 11 05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uniformidade de distribuição de calda no dossel do feijoeiro

Parte superior do feijoeiro

No terço superior, a assistência de ar na barra porta-bicos, o volume de aplicação, o bico hidráulico e a interação entre o ar e o volume influenciaram a deposição da calda nas folhas (Quadro 1).

Os melhores resultados foram obtidos quando a assistência de ar na barra estava ligada, com destaque para o volume de calda de 400 L ha⁻¹, que obteve a quantidade de 0,74 µL cm⁻² de folha (Quadro 2). Essa melhor deposição pode ser explicada pela melhor dinâmica de transporte das gotas até o dossel das plantas, em comparação com os pulverizadores sem assistência de ar (MATTHEWS, 2000).

Os melhores resultados foram obtidos quando se utilizaram os bicos do tipo leque (Quadro 3), provavelmente pelo fato de o bico cônico proporcionar gotas de menor diâmetro que tendem a ter maior penetração no dossel. Assim, o valor retido no terço superior tende a diminuir.

Quadro 1 – Resumo da análise de variância dos volumes retidos nas folhas superiores, médias e inferiores, de acordo com os tipos de bicos hidráulicos, volume de aplicação e assistência de ar na barra porta-bicos

FV	GL	Quadrados Médios		
		Superior	Médio	Inferior
Bloco	3	0,0009	0,0009	0,0001
Ar	1	0,0924**	0,0364**	0,0195**
Volume	1	0,5778**	0,2628**	0,0657**
Bico	1	0,006**	0,0018 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Ar x Volume	1	0,0055**	0,0011 ^{ns}	0,0052**
Ar x Bico	1	0,0008 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Volume x Bico	1	0,0006 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Ar x Volume X Bico	1	0,0003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo	21	0,0005	0,0005	0,0001
CV (%)		4,17	5,09	5,73

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; e * Significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2 – Valores médios de volume de calda nas folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$) no terço superior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	0,45 ^{Ba}	0,37 ^{Bb}
400	0,74 ^{Aa}	0,61 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Quadro 3 – Valores médios de volume de calda nas folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$) no terço superior do feijoeiro, obtidos pelos diferentes tipos de bicos

Tipo de Bico Hidráulico	Quantidade de Calda nas Folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Cone	0,52 ^b
Leque	0,55 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste F.

Parte média do feijoeiro

Na parte média do feijoeiro, nenhuma das interações foi significativa, assim como o tipo de bico hidráulico, que também não influenciou a deposição da calda nas folhas médias do feijoeiro, independentemente da assistência de ar na barra ligada ou desligada (Quadro 1).

A assistência de ar na barra porta-bicos e o incremento no volume de pulverização aumentaram significativamente a quantidade de calda retida pelas folhas nessa região do feijoeiro (Quadro 4).

Quadro 4 – Médias de volume de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$) obtidas na assistência de ar na barra porta-bicos e volume de pulverização

Assistência de Ar	Quantidade de Calda nas Folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Ligada	0,47 ^a
Desligada	0,40 ^b
Volume (L ha^{-1})	Quantidade de Calda nas Folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
200	0,35 ^b
400	0,53 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas de cada fator não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste F.

Parte inferior do feijoeiro

Da mesma forma que os resultados obtidos na parte superior do feijoeiro, na parte inferior tanto o ar quanto o volume foram significativos, entretanto a interação entre esses fatores também foi significativa (Quadro 1).

Os melhores resultados foram obtidos quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada, com destaque para o volume de 400 L ha⁻¹, que obteve a quantidade de 0,28 µL cm⁻² de folha (Quadro 5). Essa melhora na deposição ocorreu provavelmente pela dinâmica de transporte das gotas até o dossel das plantas. Esse aumento no volume retido pelas folhas inferiores do feijoeiro pode ser de grande importância, já que o mofo-branco pode iniciar sua proliferação por essas áreas.

Quadro 5 – Valores médios de volume de calda nas folhas (µL cm⁻²) no terço inferior do feijoeiro

Volume (L ha ⁻¹)	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	0,21 ^{Ba}	0,14 ^{Bb}
400	0,28 ^{Aa}	0,25 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De maneira geral, a assistência de ar na barra de pulverização aumentou a deposição da calda nas folhas superiores, medianas e inferiores do feijoeiro. Pode-se observar também que maior volume de aplicação aumentou a deposição ao longo da planta, a qual foi similar nos folíolos superiores e inferiores. Resultado semelhante foi encontrado por Solza *et al.* (2007b), que verificaram que os volumes de calda depositados nas folhas dos terços superior, médio e inferior das plantas de algodão, utilizando o

corante alimentício azul-brilhante adicionado à calda de pulverização, maiores nas partes médias e inferiores no dossel.

Avaliação da produtividade do feijoeiro

A incidência do mofo-branco na área experimental ficou em torno de 25%, com uma severidade baixa, conforme escala utilizada por Vieira *et al.* (2001), adaptada de Hall e Phillips (1996) (Tabela 2).

Tanto a influência da assistência de ar na barra porta-bicos quanto o volume de aplicação e bico hidráulico foram significativos. A interação entre o ar e os volumes também foi significativa (Quadro 6), casos em que apenas a interação deve ser estudada.

Quadro 6 – Resumo da análise de variância da produtividade do feijoeiro de acordo com os tipos de bicos hidráulicos, volume de pulverização e assistência de ar na barra porta-bicos

FV	GL	QM
Bloco	3	0,8212
Ar	1	110,2613 ^{**}
Volume	1	75,645 ^{**}
Bico	1	2,88 [*]
Ar x Volume	1	15,125 ^{**}
Ar x Bico	1	0,005 ^{ns}
Volume x Bico	1	0,2112 ^{ns}
Ar x Volume X Bico	1	0,1512 ^{ns}
Resíduo	21	0,5745
CV (%)		1,64

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; e ^{*} Significativo a 5% de probabilidade.

A produtividade média do feijoeiro aumentou significativamente com o uso do bico hidráulico do tipo leque, demonstrando, assim, melhor controle do mofo-branco (Quadro 7).

Quadro 7 – Valores médios de produtividade do feijoeiro em megagrama por hectare obtidos pelos diferentes tipos de bicos

Tipo de Bico Hidráulico	Produtividade do Feijoeiro (Mg ha⁻¹)
Cone	2,74 ^b
Leque	2,77 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste F.

Houve aumento significativo da produtividade tanto com o aumento do volume de aplicação quanto com a assistência de ar na barra porta-bicos (Quadro 8). A produtividade aumentou de 2,51 para 2,82 Mg ha⁻¹ quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada com um volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.

Quadro 8 – Valores médios de produtividade do feijoeiro em megagrama por hectare, obtidos pela interação entre assistência de ar na barra porta-bicos e volume de aplicação

Volume (L ha⁻¹)	Produtividade	
	Assistência de Ar	
	Ligada	Desligada
200	2,82 ^{Ba}	2,51 ^{Bb}
400	2,92 ^{Aa}	2,78 ^{Ab}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

De maneira geral, as infecções primárias causadas pelo mofo-branco iniciam-se com a presença de água livre e de fonte de energia exógena; geralmente, pétalas de flores senescentes caídas no chão ou retidas nas plantas. Assim, para um controle eficiente desse fungo é necessário aumento de volume retido, densidade e cobertura de gotas nas partes medianas e, principalmente, inferiores do alvo. Via de regra, tanto o aumento do volume quanto a assistência de ar na barra porta-bicos proporcionaram melhor penetração de calda no dossel do feijoeiro.

CONCLUSÕES

- Maior volume de aplicação aumentou a deposição ao longo do dossel da planta.
- Os bicos tipo leque e cônico foram semelhantes em relação à deposição da calda no feijoeiro.
- A produtividade aumentou de 2,51 para 2,82 Mg ha⁻¹ quando a assistência de ar na barra porta-bicos estava ligada com um volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.
- Tanto o aumento do volume quanto a assistência de ar na barra porta-bicos proporcionaram melhor penetração da calda no dossel do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Assistência de ar em barra de pulverização e a deposição da calda em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 60, n. 2, p. 211-215, abr./jun. 2003.

CARBONARI, C.A.; MARTINS, D.; MARCHI, S.R.; CARDOSO, L.R. Efeito de surfatantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

COOKE, B.K.; HISLOP, E.C.; HERRINGTON, P.J.; WESTERN, N.M.; HUMPHERSON JONES, F. Air-assisted spraying of arable crops in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, v. 9, n. 4, p. 303-311, 1990.

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C.A.; ROSSI, C.V.S.; CORRÊA, M.R.; SILVA, F.M.L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

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

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING SPONSORED BY ASAE/CSAE. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p. 12, 2004.

FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.

MARCHI, S.R.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MARTINS, D.; TERRA, M.A.; CARBONARI, C.A.; NEGRISOLI, E.; CARDOSO, L.R.; TOFOLI, G.R. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de pistia stratiotes. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 343-348, 2005.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432 p.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVO AGRÍCOLAS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE, 2., 2001. **Resumos...** [S. l.: s. n.], 2001.

RINALDI, P.C.N. **Influência da profundidade de adubação e da velocidade de uma semeadora de plantio direto na cultura do feijão**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SKOOG, A.D.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 835 p.

SOUZA, R.T.; CASTRO, R.D.; PALLADINI, L.A. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, p. 75-82, jan. 2007b. Número especial.

SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PALLADINI, L.A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007a.

TAYLOR, W.A.; ANDERSEN, P.G. Enhancing conventional hydraulic nozzle use with the Twin Spray System. **British Crop Protection Council Monograph**, v. 46, n. 1, p. 125-136, 1991.

VIEIRA, R.F.; PAULA JUNIOR, T.J. DE; PERES, Â.P.; MACHADO, J. da C. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 770-773, dez. 2001.

YATES, W.E.; AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analyses. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 6, p. 105-114, 1963.

ZHAO, S.; CASTLE, G.S.P.; ADAMIAK K. Comparison of conduction and induction charging in liquid spraying. **Journal of Electrostatics**, v. 63, n. 1, p. 871-876, 2005.