

FLUXO DE AR E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA VERTICAL PROPORCIONADA POR PULVERIZADOR HIDROPNEUMÁTICO

CLEYTON BATISTA DE ALVARENGA¹; MAURI MARTINS TEIXEIRA²; SÉRGIO ZOLNIER³; PAULO ROBERTO CECON⁴; PAULA CRISTINA NATALINO RINALDI⁵

¹Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo-MG, Brasil, cleyton@iciag.ufu.br

^{2,3,4}Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, mauri@ufv.br; zolnier@ufv.br; cecon@ufv.br

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba-MG, Brasil, paula.rinaldi@ifsudestemg.edu.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A pulverização em culturas arbóreas ainda necessita de muitas pesquisas. Deste modo, objetivou-se com esta pesquisa fazer uma avaliação da distribuição do fluxo de ar produzido por pulverizador hidropneumático e, avaliar a distribuição vertical da calda. O experimento foi montado utilizando um pulverizador hidropneumático acoplado a um trator John Deere modelo 5705. O estudo foi realizado em ambos os lados do pulverizador, objetivando determinar possíveis assimetrias na distribuição do vento. A uniformidade de distribuição vertical de líquido foi analisada nas pressões de 633, 844 e 1.055 kPa utilizando um coletor vertical posicionado a dois metros do centro do rotor do ventilador. O experimento foi montado no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Os resultados indicaram que o coeficiente de uniformidade do ar foi homogêneo, sendo de 0,81 e 0,85 no lado esquerdo e direito, respectivamente. A velocidade média do ar tomada na saída do ventilador foi de 35,5 m s⁻¹. A vazão média de ar obtida foi de 5,6 m³ s⁻¹. O coeficiente de variação para a distribuição volumétrica vertical foi de 136, 136 e 141% para as pressões trabalho de 633, 844 e 1055 kPa, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilador axial, uniformidade da corrente de ar, distribuição vertical da calda, distância da barra em relação ao alvo.

AIR FLOW AND VERTICAL UNIFORM VOLUMETRIC DISTRIBUTION PROVIDED BY HYDRO-PNEUMATIC SPRAY

ABSTRACT: Spraying in tree crops still requires much research. Thus, the objective of this research was to evaluate the distribution of airflow produced by hydro spray and evaluate the distribution of the vertical tail. The experiment was performed using a hydro-pneumatic sprayer attached to a John Deere tractor model 5705. The study was conducted on both sides of the nozzle, to determine possible asymmetry in the distribution of the wind. The uniformity of the vertical distribution of liquid was analyzed at pressures of 633, 844 and 1055 kPa using a vertical collector positioned two meters from the center of the fan rotor. The experiment was arranged in a randomized block design with three replications. The results indicated that the coefficient of uniformity of air was homogenous, 0.81 and 0.85 on the left and right, respectively. The average air velocity taken at the blower outlet was 35.5 m s⁻¹. The average flow of air obtained was 5.6 m³ s⁻¹. The coefficient of variation for the vertical distribution volume was 136, 136 and 141% for working pressures of 633, 844 and 1055 kPa, respectively.

KEYWORDS: Axial fan, air flow uniformity, vertical distribution of the spray, distance of the bar in relation to the target.

INTRODUÇÃO: Na pulverização de agrotóxicos em culturas arbóreas, um dos fatores que mais afetam sua eficiência e sua eficácia é a uniformidade de distribuição do fluxo de vento e de calda ao longo do dossel da planta. Segundo Fox *et al.* (2008) afirmam o regime de fluxo de ar produzido pelos pulverizadores de jato de ar é um elemento crítico no processo físico de transporte de gotas para a copa das plantas. Di Prinzio *et al.* (1998) encontraram alta correlação entre os níveis de perda de

agrotóxico e a uniformidade da corrente de ar, o que pode comprometer a eficiência da pulverização, com perdas totais próximas a 25%. Para Chaim *et al.* (2004), os projetos de construção de pulverizadores equipados com ventiladores apresentam defeitos que podem ser facilmente observados, por exemplo, a localização da entrada de ar, geralmente, na parte posterior do equipamento. Para os autores, o ar succionado pelo ventilador, após a nuvem de gotas, carrega grande quantidade de gotas para dentro da hélice, reduzindo a deposição na planta. Rodrigues *et al.* (2008) afirmam que os fatores que estão relacionados com o comportamento da corrente de ar produzida pelos pulverizadores hidropneumáticos devem ser investigados criteriosamente, pois são responsáveis pela condução e distribuição das gotas no alvo. Já Prat *et al.* (2005) afirmam que os ventiladores do tipo axial, que são geralmente utilizados em pulverizadores hidropneumáticos, apresentam um bom projeto de construção, favorecendo o emprego dos pulverizadores equipados com este ventilador em uma ampla gama de culturas e condições adversas. No entanto, o perfil aerodinâmico, em alturas superiores a 5 metros, provoca deriva e causa perdas para o solo. Uma grande vantagem dos ensaios em túnel de vento é que os experimentos podem ser feitos com diferentes sistemas de pulverização, em condições diretamente comparáveis e reprodutíveis, mas este não é o caso para medições em campo (NUYTTENS *et al.*, 2009). Os fatores que determinam a colocação exata e a cobertura de agrotóxicos em pomares, utilizando pulverizadores com assistência de ar, estão relacionados com as propriedades e o movimento do ar (atmosférico e do pulverizador) às gotas, a natureza da planta alvo e de fatores relacionados à máquina (ENDALEW *et al.*, 2010). Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a distribuição do fluxo de ar produzido pelo ventilador axial de um pulverizador hidropneumático e, avaliar a uniformidade de distribuição volumétrica vertical da calda.

MATERIAL E MÉTODOS: No experimento foi utilizado um pulverizador hidropneumático, marca Hatsuta, modelo SS-420, com um ventilador axial de diâmetro de 700 milímetros e pás curvas, acoplado a um trator John Deere modelo 5705 com potência nominal de 62,5 kW (85 cv). A rotação do rotor foi de 2.160 rpm, aferida com um tacômetro digital, marca Tako, modelo TD 303. O período mínimo de cada leitura foi de dez segundos, conforme proposto na norma ISO 9898 (ISO, 2000). A metodologia adotada para estudar a distribuição da corrente de ar do ventilador teve como base a teoria de fluxo turbulento, proposta pela norma ISO 9898 (ISO, 2000), Prat *et al.* (2005) e Rodrigues *et al.* (2008). O experimento foi realizado com o trator em terreno nivelado e protegido para evitar o efeito do ar atmosférico. As condições meteorológicas, durante a condução do experimento, foram monitoradas com um indicador de temperatura e umidade relativa, marca Umimi[®] e um anemômetro Instruterm, modelo AD-250. As avaliações foram realizadas em ambos os lados do pulverizador com o objetivo de determinar possíveis assimetrias, utilizando um termoanemômetro digital de fio quente, marca Instruterm, modelo TAFR-180. Seguindo o modelo proposto por Prat *et al.* (2005), as medições da velocidade do ar foram feitas em 80 pontos em toda a periferia da saída do ventilador. A partir da área da seção de saída do ar de cada ponto e da velocidade do ar, determinou-se a vazão de ar produzida pelo ventilador. Para isso, utilizou-se a metodologia proposta por Brazee *et al.* (1981), e estabeleceu-se um fator para quantificação desse parâmetro (Equação 2 e 3).

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \omega_{0i} \quad (2)$$

em que

Q = vazão de ar ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

a_i = áreas da seção onde se realiza as medições (m^2); e

ω_{0i} = velocidade em cada ponto (m s^{-1}).

$$\eta_1 = \int_0^{B_{0m}} \frac{\omega_0}{\omega_{0m}} \frac{\partial B_{0m}}{B_{0m}} \quad (3)$$

em que

η_1 = coeficiente de uniformidade da velocidade do ar;

ω_0 = velocidade do ar em cada ponto da abertura da saída do ventilador (m s^{-1});

ω_{0m} = velocidade máxima do ar na seção (m s^{-1}); e

B_{0m} = largura de saída (m).

A fim de estudar o comportamento da distribuição do ar, conforme ocorre nas plantas, foram realizadas leituras da velocidade do vento nas alturas de 0,1 até 2,50 metros, sendo realizadas cinco leituras em cada altura, totalizando 375 pontos em cada lado. Os resultados foram analisados para determinar as assimetrias do perfil aerodinâmico, em ambos os lados da barra. A uniformidade de distribuição vertical foi analisada utilizando um coletor vertical, construído com joelhos de policloreto de vinila (PVC), de 200 milímetros de diâmetro, mangueiras de meia polegada, provetas, funis e duas barras de Metalon (20 x 30 milímetros) de 4,5 metros de altura (Figura 1). O coletor foi posicionado a dois metros do centro do rotor do ventilador e a água foi coletada em provetas de um litro, seguindo a descrição da norma ISO 9898 (ISO, 2000). A distância centro a centro, entre cada joelho de PVC, foi de 0,3 metros. Foram estudados os dois lados do pulverizador nas pressões de trabalho de 633, 844 e 1.055 kPa, indicadas para a ponta de jato cônico vazio JA-2, comercializadas pela Empresa Jacto. O tempo médio para a coleta de água foi de cinco minutos. A metodologia com coletor vertical foi utilizada por Landers (2012).



Figura 1. Coletor vertical usado na determinação da uniformidade de distribuição volumétrica.

O experimento foi montado no delineamento de blocos casualizados, com três repetições em todas as avaliações. Os dados foram analisados utilizando ferramentas da estatística descritiva, apresentando dados de coeficiente de variação e das médias observadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O experimento foi realizado com temperatura variando entre 19 a 22 °C, a umidade relativa do ar variou de 82 a 85% e houve ausência de vento para o estudo do fluxo de ar do ventilador. Já para a análise da uniformidade de distribuição volumétrica vertical da calda na barra, a temperatura variou de 22 a 24 °C, a umidade relativa variou de 80 a 82% e a velocidade do vento foi abaixo de 2 m s⁻¹. A velocidade do ar, medida em 16 posições, na saída do ventilador, indicou que houve similaridade entre os lados. As velocidades médias obtidas na saída do ventilador foram de 34,3 e 36,7 m s⁻¹, respectivamente, para o lado esquerdo e direito. O coeficiente de uniformidade da velocidade do ar foi de 0,81 e 0,85, para o lado esquerdo e direito, respectivamente. Este valor indicou uma distribuição homogênea do ar entre os lados da barra. A distribuição do ar no lado direito foi superior ao lado esquerdo, provavelmente, em função da heterogeneidade na velocidade do ar, que ocorre devido ao projeto dos ventiladores axiais. A maior velocidade na parte inferior do lado direito ocorreu devido à parte inferior do ventilador ser fechada e o ar não conseguir sair. Outra razão foi o sentido de rotação do ventilador. Este impasse já foi reduzido nos pulverizadores com sistema tipo torre. Minguela e Cunha (2010), afirmam que a vazão necessária de ar para cultivo depende dos fatores velocidade do trator, distância entre linhas, altura da árvore e um coeficiente que varia com a densidade foliar. A distribuição do fluxo de ar, pelos ventiladores, tem a função de deslocar a massa de ar parada no interior da copa da planta e introduzir uma nova massa de ar carregada de gotas. No Brasil, Os pomares, geralmente, não são conduzidos com podas e, este é um indicativo de que o volume de ar, necessário para conduzir as gotas para o interior da copa das plantas, seja maior que aquele recomendado na Europa. As diferenças no fluxo de ar, entre ambos os lados do pulverizador, indicam que no direito a corrente de ar seja descendente, enquanto que do lado esquerdo seja ascendente. Uma alternativa é o emprego de pulverizadores com mais de um ventilador

distribuindo, de modo mais homogêneo, o vento no dossel da planta, inclusive com a possibilidade de fluxo inverso entre os ventiladores para reduzir o efeito provocado pela concentração de ar na parte inferior da planta pelos ventiladores axiais, corroborando com Garcia-Ramos *et al.* (2009) que sugerem o uso de dois ventiladores de rotação inversa na pulverização em pomares. O coeficiente de variação vertical foi de 135 e 137%, para a pressão de 633 kPa. Na pressão de 844 kPa, o coeficiente foi de 138 e 135% e, para a pressão de 1.055 kPa, o coeficiente de variação foi de 142 e 141%, respectivamente, para os lados esquerdo e direito da barra. O coeficiente de variação médio para as respectivas pressões foi de 136%, 136% e 141%, respectivamente para as pressões de 633, 844 e 1.055 kPa. Os resultados indicaram que quanto maiores foram as pressões e, conseqüentemente, os efeitos da evaporação e da deriva, maior será a variação de líquido coletado nas provetas. A influência do ventilador pode provocar uma irregularidade na distribuição de calda. Isto ocorre por que a maioria das gotas é direcionada para baixo, tomando a mesma direção do fluxo de ar.

CONCLUSÕES: O coeficiente de uniformidade do ar foi considerado homogêneo, sendo de 0,81 e 0,85 no lado esquerdo e direito, respectivamente.

O coeficiente de variação para a distribuição volumétrica de líquido vertical foi de 136, 136 e 141% para as pressões de 633, 844 e 1055 kPa, respectivamente.

AGRADECIMENTOS:

À FAPEMIG pelo apoio financeiro que possibilitou a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRAZEE, R.D.; FOX, R.D.; REICHARD, D.L.; HALL, F.R. Turbulent Jet Theory Applied to air sprayers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 2, p. 266-272, 1981.
- CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de pulverização em videiras, comparando bicos e pulverizadores. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 14, n. 0, p. 39-46, 2004.
- DI PRINZIO, A.; BEHMER, S.; GIULIETTI, L.; MAGDALENA, J. C. Perdas provocadas por pulverizadores hidroneumáticos en fruticultura. **Memorias de Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ambito Latinoamericano**. Editorial Board. La Plata. 1998.115p.
- ENDALEW, A. M.; DEBAER, C.; RUTTEN, N.; VERCAMMEN. J.; DELETE, M. A. A new integrated CFD modelling approach towards air-assisted orchard spraying - Part II: Validation for different sprayer types. **Computers and Electronics in Agricultural**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 137-147, 2010.
- 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**, St. Joseph, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.
- GARCIA-RAMOS, F. J.; VIDAL, M.; BONE, A. Field evaluation of an air-assisted sprayer equipped with two reversed rotation fans. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 25, n. 4, p. 481-494, 2009.
- INTERNATION ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Norma ISO 9898 - **equipment for crop protection**: Test methods for air assisted sprayers for bush and tree crops. 2000.
- LANDERS, A. **Cornell patternator**. Disponível em: <<http://web.entomology.cornell.edu/landers/PATTERNATOR.htm>>. Acesso em 24 de janeiro de 2012.
- MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010. 588p.
- NUYTTENS, D.; TAYLOR, W. A.; SCHAMPHELEIRE, M.; VERBOVEN, P.; DEKEYSER. Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. **Biosystems Engeneering**, Columbus, v. 103, n. 3, p. 271-280, 2009.
- PRAT, M. I. H.; TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES, G. J.; MILÁN, H. C. Aerodinámica del ventilador axil del pulverizador Hatsuta-420 empleado en frutales. **Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, v. 14, n. 3, p. 22-30, 2005.
- RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FILHO, E. I. F.; PICANÇO, M. C. Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 199-207, 2008.