

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE TRABALHO E ALTURA DA BARRA

VOLUMETRIC DISTRIBUTION UNIFORMITY OF SPRAY NOZZLES UNDER DIFFERENT LIQUID PRESSURES AND BOOM HEIGHTS

João Paulo Arantes Rodrigues da CUNHA¹; Renato Augusto de Morais SILVA²

1. Engenheiro Agrícola, Doutor em Mecanização Agrícola, Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. jpcunha@iciag.ufu.br; 2. Acadêmico do Curso de Agronomia, ICIAG – UFU.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização (jato plano defletor, jato plano defletor duplo, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor e jato cônico vazio) em função da pressão de trabalho e da altura da barra porta-bicos em relação a uma mesa de ensaio. Em ambiente controlado de temperatura e umidade, determinou-se a vazão, o perfil de distribuição individual e o coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial conjunta das pontas. O perfil de distribuição volumétrica foi influenciado pela pressão de trabalho e pela altura da barra. As pontas de jato plano defletor apresentaram níveis de uniformidade de distribuição satisfatórios. No entanto, a vazão nominal das mesmas influenciou seu desempenho. A ponta de jato cônico vazio apresentou restrições de uso em área total, devido a baixa uniformidade de distribuição em algumas pressões e alturas da barra.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação. Pulverizador. Bico.

INTRODUÇÃO

A correta aplicação de agrotóxicos é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal homogênea e espectro de gotas uniforme e de tamanho adequado.

Nos pulverizadores hidráulicos, as pontas representam os principais componentes. Têm como funções: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em determinada área e controlar a saída de líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998). O tamanho e a energia contida na gota, características proporcionadas por cada modelo de ponta, são responsáveis pela sua capacidade de penetração no dossel das culturas. Assim, é preciso combinar a segurança das gotas grossas e a eficácia biológica das gotas finas com a uniformidade de distribuição. A prevenção da deriva deve ser sempre levada em conta nas aplicações de agrotóxicos (GULER et al., 2007).

A uniformidade de distribuição da calda, ao longo da barra de pulverização, é dada pelas condições de montagem, operação do equipamento, espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de abertura dos bicos e pressão de trabalho (PERECIN et al., 1994; BAUER; RAETANO, 2004), sendo avaliada pelo coeficiente de variação, resultante da sobreposição da distribuição do conjunto de bicos colocados na barra. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição, menor

será a uniformidade da aplicação (DEBOUCHE et al., 2000).

Na Europa, em condições de ensaio padronizado em laboratório, para as pressões e alturas estabelecidas pelo fabricante como ideais para cada ponta de pulverização hidráulica, o coeficiente de variação deve ser inferior a 7%, e para as demais pressões e alturas especificadas pelo fabricante como passíveis de uso, o coeficiente de variação não deve exceder 9% (FAQIRI; KRISHNAN, 2001).

Recentemente, foram lançadas as pontas de jato plano defletor duplo e o corpo de bico duplo para colocação de duas pontas de pulverização com angulação de 90°. Ambas produzem um jato para frente e outro para trás, com o objetivo potencial de melhorar a penetração, no entanto, é preciso estudar suas características técnicas.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo determinar a uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da altura da barra porta-bicos e da pressão de trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, em Uberlândia – MG, localizada nas coordenadas geodésicas: 18°58'52" de latitude Sul e 48°12'24" de longitude Oeste.

Os ensaios foram realizados em ambiente controlado com o intento de minimizar o efeito das condições ambientais: temperatura inferior a 28°C, umidade relativa superior a 60% e ausência de vento. Os manômetros utilizados, com capacidade nominal de 686,5 kPa (7,0 kgf cm⁻²) e resolução de 9,8 kPa (0,1 kgf cm⁻²), foram previamente calibrados por meio de um manômetro padrão (Classe A4).

O delineamento estatístico utilizado para o estudo da uniformidade de distribuição foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 3, sendo três alturas da barra e três pressões, com cinco repetições.

As pontas de pulverização hidráulicas avaliadas foram: jato plano defletor TT 110-02, jato plano defletor duplo TTJ60 110-02, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor QJ90-2XTT110-01 e jato cônico vazio MAG 2. Para caracterização das pontas, tomaram-se os seguintes parâmetros: vazão, perfil de distribuição individual e coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial conjunta. Com as pontas TT 110-02, TTJ60 110-02 e QJ90-2XTT 110-01, operou-se com pressões de 200, 300 e 400 kPa, e com a ponta MAG 2 operou-se com pressões de 300, 400 e 500 kPa, de acordo com suas pressões usuais de trabalho. Trabalhou-se com altura da barra portabicos de 40, 50 e 60 cm em relação às canaletas de coleta da mesa de prova.

Para a avaliação da capa dupla QJ90, montada com duas pontas TT 110-01 defasadas de um ângulo de 90°, avaliaram-se as pontas separadamente em virtude das dimensões da mesa de prova, multiplicando-se os valores de vazão por dois.

Na determinação da vazão, coletou-se o líquido pulverizado em proveta graduada por 60 segundos, calculando-se a vazão média e o desvio-padrão. Para a avaliação da distribuição volumétrica, analisaram-se as pontas individualmente, para determinar o padrão de deposição individual e, posteriormente, três pontas semelhantes foram analisadas em conjunto, espaçadas de 50 cm, para obtenção do coeficiente de variação da distribuição volumétrica. Os bicos de pulverização foram montados numa barra portabicos, sobre uma mesa de prova, com canaletas em forma de "V" com 5 cm de profundidade e largura. As pontas foram alimentadas por uma bomba de diafragma, com vazão máxima de 25,4 L min⁻¹ e pressão máxima de 690 kPa, acionada por um motor elétrico de 220 V e 0,37 kW (0,5 cv) de potência.

Coletou-se o líquido recolhido nas provetas alinhadas com as canaletas, ao longo da faixa de

deposição das pontas. Posteriormente, os volumes de cada proveta foram transformados em percentagem do volume total pulverizado, buscando-se eliminar o fator tempo dos dados analisados. O perfil de distribuição de cada ponta testada individualmente foi determinado por meio de gráficos plotados com dados de volume e posição. A homogeneidade de distribuição transversal do líquido pulverizado pelo conjunto de pontas montadas na barra foi avaliada com base no coeficiente de variação (desvio-padrão dividido pela média do volume coletado nas provetas) da distribuição volumétrica.

Utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, para a comparação de médias. Os dados de percentagem foram transformados em arco-seno da raiz quadrada de x/100.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pontas apresentaram um perfil característico que foi influenciado pela altura da barra sobre o alvo e pela pressão de trabalho. De maneira geral, as pontas de jato plano defletor proporcionaram perfis mais regulares do que a ponta de jato cônico vazio, o que facilita a uniformidade de distribuição em tratamentos em área total.

Observou-se que a ponta TT 110-02 (Figura 1) apresentou simetria no perfil, com redução no pico central e alargamento do perfil à medida que se aumentou a altura da barra e a pressão de trabalho. A ponta TT 110-01 (Figura 2) apresentou um perfil mais irregular quando comparada à ponta TT 110-02. Houve tendência de alargamento do perfil com o aumento da altura da barra. Junto ao pico central, ocorreram pequenas depressões que dificultam a uniformidade de distribuição. Provavelmente, as irregularidades são decorrências da dificuldade em moldar o orifício de saída da ponta TT 110-01, que é o menor desta série.

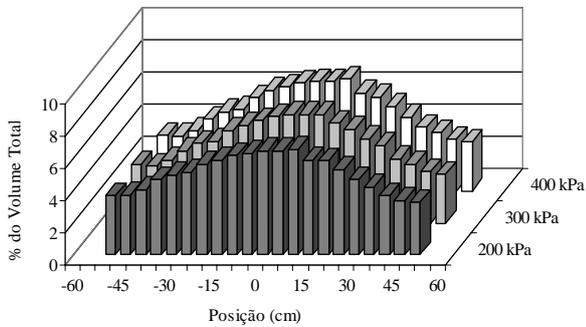
A ponta TTJ60 110-02 (Figura 3) apresentou irregularidades no perfil, principalmente junto ao pico central. Em todas as condições testadas, ocorreu pequena depressão na parte central do perfil. À medida que se aumentou a altura de trabalho, houve diminuição do formato triangular do perfil. A ponta MAG 2 (Figura 4) apresentou perfil irregular, que dificulta a uniformidade de distribuição volumétrica quando da sobreposição dos jatos adjacentes. O incremento da pressão de trabalho promoveu aumento da depressão da zona central do perfil.

A cobertura uniforme pressupõe distribuição satisfatória do líquido pulverizado, caracterizada por

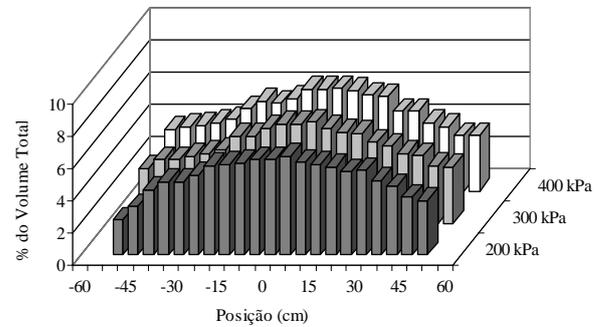
baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial do conjunto de pontas. A

distribuição depende do perfil de distribuição de cada ponta trabalhando isoladamente.

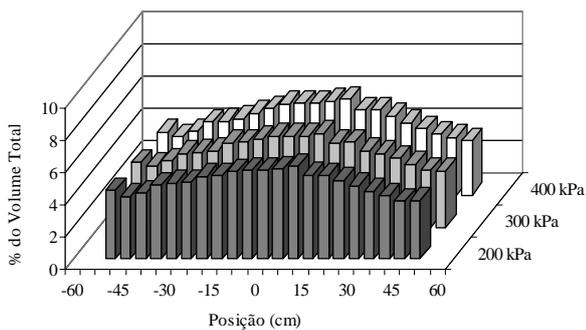
A. Ponta TT 110-02 40 cm de altura



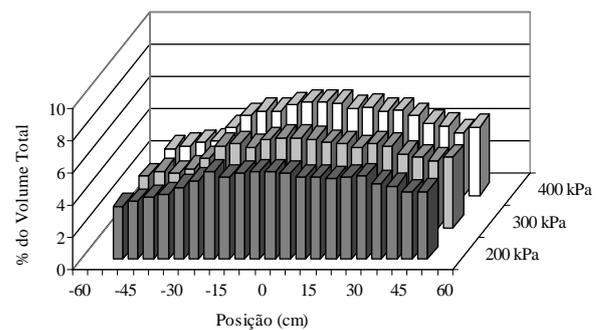
A. Ponta TT 110-01 40 cm de altura



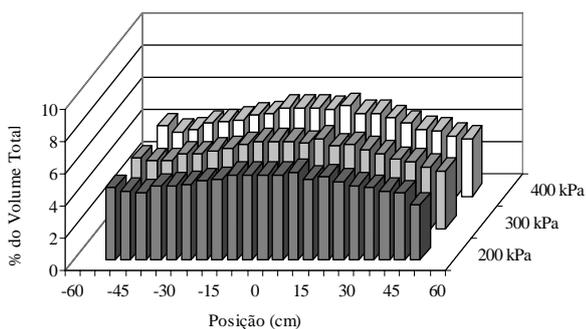
B. Ponta TT 110-02 50 cm de altura



B. Ponta TT 110-01 50 cm de altura



C. Ponta TT 110-02 60 cm de altura



C. Ponta TT 110-01 60 cm de altura

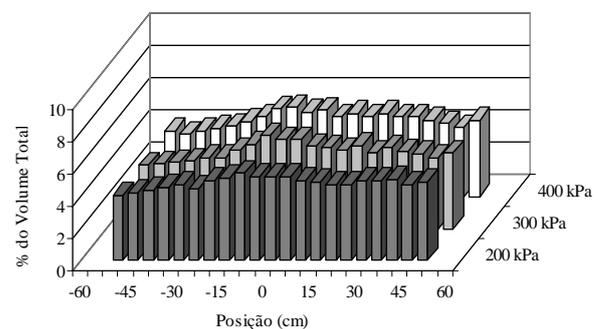
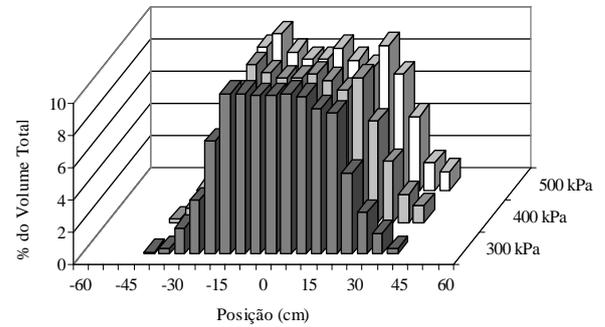
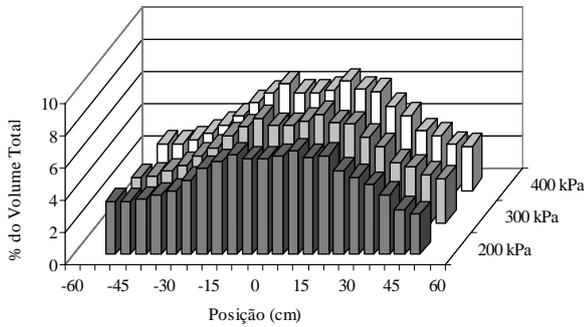


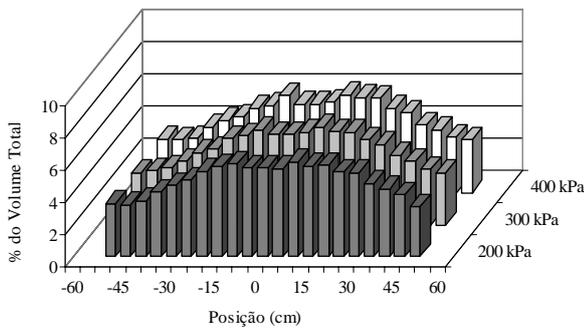
Figura 1. Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) da ponta hidráulica de jato plano defletor TT 110-02, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

Figura 2. Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) da ponta hidráulica de jato plano defletor TT 110-01, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

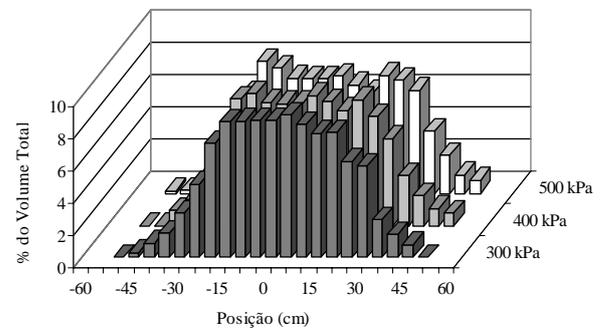
A. Ponta TTTJ60 110-02 40 cm de altura



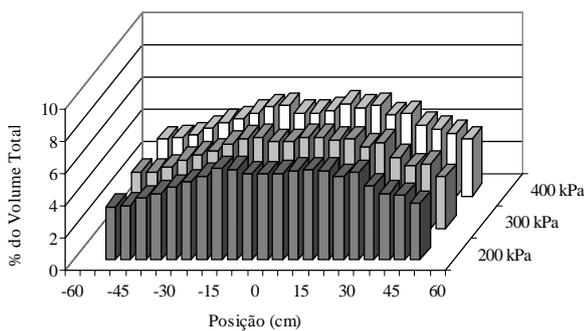
B. Ponta TTTJ60 110-02 50 cm de altura



B. Ponta MAG 2 50 cm de altura



C. Ponta TTTJ60 110-02 60 cm de altura



C. Ponta MAG 2 60 cm de altura

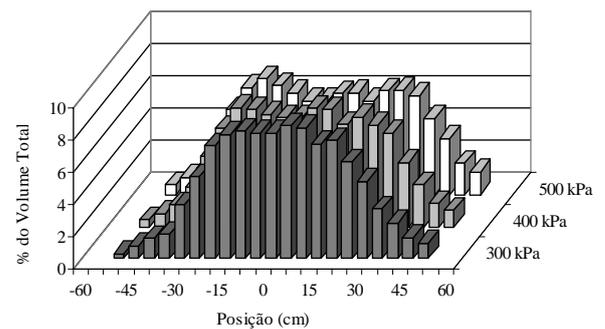


Figura 3. Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) da ponta hidráulica de jato plano defletor duplo TTTJ60 110-02, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

Figura 4. Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) da ponta hidráulica de jato cônico vazio MAG 2, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

A. Ponta MAG 2 40 cm de altura

Observando-se as médias das vazões (Tabela 1) proporcionadas pelas pontas de mesma especificação, para mesma pressão, verificou-se que a série de pontas TT 110-02 apresentou desvio máximo de 3,88%, a série TT 110-01, de 6,01%, a série TTJ60 110-02, de 4,12% e a série MAG 2, 4,01%. Mediante estes valores, pode-se considerar que as pontas estudadas apresentam, entre os

conjuntos, desempenho uniforme quanto à vazão, uma vez que, não superou o limite máximo de 10%, estabelecido para manter um bom padrão da aplicação (MARQUEZ, 1994). Rodrigues et al. (2004), avaliando pontas de jato plano de material plástico, também encontraram boa repetitividade quanto à vazão, ficando os desvios abaixo de 5% para todas as pontas estudadas.

Tabela 1. Vazão e coeficiente de variação da distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano defletor, jato plano defletor duplo e jato cônico vazio, medido em mesa de prova, em função da altura da barra porta-bicos e da pressão do líquido.

Ponta	Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)	Coeficiente de variação* (%)		
			Altura da barra porta-bicos (cm)		
			40	50	60
TT 110-02	200	0,650	9,8Aa	10,4Aa	10,1Aa
	300	0,810	9,8Aa	9,6Aa	9,7Aa
	400	0,940	6,8Cb	8,3Bb	10,1Aa
TT110-01	200	0,330	13,2Aa	14,3Aa	14,2Aa
	300	0,410	14,2Aa	14,8Aa	14,6Aa
	400	0,460	14,2Aa	14,3Aa	14,5Aa
TTJ60 110-02	200	0,670	13,2Aa	13,3Aa	12,6Aa
	300	0,810	7,9Bb	10,8Ab	11,9Aa
	400	0,930	5,6Bc	8,4Ac	9,7Ab
MAG 2	300	0,550	12,4Ab	6,5Bc	13,7Ac
	400	0,630	10,9Cc	16,6Bb	19,9Ab
	500	0,700	15,7Ba	21,0Aa	22,2Aa

* Para cada ponta, médias seguidas da mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando-se o coeficiente de variação da distribuição conjunta, é possível verificar que as melhores condições de trabalho ocorreram, para as pontas TT 110-02 e TTJ60 110-02, quando as mesmas operaram a 400 kPa de pressão e 40 cm de altura da barra, ou seja, maior pressão de trabalho e menor altura da barra. Isso foi verificado por Cunha et al. (2004) e Faqiri e Krishnan (2001). Para a ponta MAG 2, as melhores condições ocorreram a 300 kPa de pressão e 50 cm de altura. Para a ponta TT 110-01, não houve diferença entre as condições testadas.

Freitas et al. (2005), avaliando a ponta TT 110-02, encontraram coeficientes de variação menores do que os apresentados neste trabalho. No entanto, eles foram calculados por meio de simulação matemática a partir do perfil de distribuição individual, o que pode levar a erros. Debouche et al. (2000) desenvolveram um trabalho para comparar o coeficiente de variação simulado e medido em bancadas de ensaio de forma semelhante. Trabalhando com pontas de jato plano, concluíram que a simulação nem sempre representa de forma correta a uniformidade de distribuição;

dessa forma é preciso sempre verificar experimentalmente a relação existente entre o coeficiente de variação simulado e o medido em laboratório.

Em geral, o efeito da variação da altura da barra em relação ao alvo é similar para as pontas; não muda o padrão, mas aumenta o espalhamento com o incremento da altura (PERECIN et al., 1998), o que interfere na uniformidade da sobreposição e, portanto, no coeficiente de variação. Rodrigues et al. (2004) e Voll et al. (2004) encontraram as melhores condições de trabalho para pontas de jato plano em pressões próximas a 300 kPa e altura de barra de 50 cm. Entretanto, não se pode generalizar uma condição ótima para todas as pontas.

Levando-se em conta um limite máximo aceitável do coeficiente de variação de 15% (AZIMI et al., 1985), não é recomendado trabalhar com a ponta MAG 2 na pressão de 500 kPa, nas três alturas testadas e, na pressão de 400 kPa, a uma altura de 50 e 60 cm em relação ao alvo, pois a sobreposição dos jatos não permite obter boa uniformidade de distribuição. O resultado se deve ao perfil de distribuição individual dessa ponta. Com

relação às demais pontas, dentro das condições avaliadas não há restrição de uso. Ressalta-se que esse limite do coeficiente de variação de 15% é um pouco menos rigoroso que o proposto pela norma européia.

CONCLUSÕES

O perfil de distribuição volumétrica das pontas avaliadas (jato plano defletor TT 110-02, jato plano defletor duplo TTJ60 110-02, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor QJ90-2XTT110-01 e jato cônico vazio MAG 2) foi influenciado pela pressão de trabalho e pela altura da barra porta-bicos.

As pontas de jato plano defletor avaliadas apresentaram níveis de uniformidade de distribuição satisfatórios (coeficiente de variação da distribuição volumétrica abaixo de 15%), no entanto, a vazão nominal influenciou seu desempenho.

A ponta de jato cônico vazio analisada apresentou restrições de uso, devido a baixa uniformidade de distribuição em algumas pressões e altura da barra.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the volumetric distribution uniformity of different spray nozzles (turbo flat-fan, turbo twin flat-fan, turbo duo flat-fan and hollow cone) as influenced by work pressures and boom heights on the test table (patternator). In a controlled atmosphere of temperature and humidity, the following parameters were determined: the flow, the distribution profile and the coefficient of variation of the nozzle distribution. The volumetric distribution profile was influenced by the liquid pressure and boom height. The turbo flat-fan nozzles presented satisfactory levels of distribution uniformity, but the nominal flow altered their performance. The hollow cone nozzles presented use restrictions in broadcast application caused by the low distribution uniformity in some pressures and heights.

KEYWORDS: Application technology. Sprayer. Nozzle.

REFERÊNCIAS

AZIMI, A. H.; CARPENTER, T. G.; REICHARD, D. L. Nozzle spray distribution for pesticide application. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v. 28, n. 5, p. 1410-1414, 1985.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Uniformidade de distribuição de líquido por bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 192-202, 2004.

DEBOUCHE, C.; HUYGHEBAERT, B.; MOSTADE, O. Simulated and measured coefficients of variation for the spray distribution under a static spray boom. *Journal of Agricultural Engineering Resource*, London, v. 76, n. 4, p. 381-388, 2000.

FAQIRI, N. I.; KRISHNAN, P. **Effect of nozzle pressure and wind condition on spray pattern displacement of RF5 and 110-5R nozzles**. St. Joseph: ASAE, 2001. 13p. (ASAE Paper n.01-1123)

FREITAS, F. C. L.; TEIXEIRA, M. M.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 164-167, 2005.

GULER, H.; ZHU, H. E.; KERKSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

MARQUEZ, L. **Aplicaciones en cultivos bajos y hortícolas: problemática y soluciones. Curso de aplicación ecocompatible de productos fitosanitarios.** Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 1994. 28p.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BARBOSA, J. C.; PIO, L. C.; BRAZ, B. A. Padrões de distribuição obtidos com bicos TwinJet, em função da altura e do espaçamento entre bicos. **Engenharia Agrícola**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 19-30, 1994.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 175-182, 1998.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; FERREIRA, L. R. Análise da distribuição volumétrica de bicos de pulverização tipo leque de distribuição uniforme. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 7-16, 2004.

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

VOLL, C. E.; CASTRO, J. A. V.; GADANHA JR, C. D. Uniformidade de distribuição volumétrica do bico de pulverização hidráulico de jato plano XR11003 sob diferentes condições operacionais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2004. p. 256-259.