

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICAS DE JATO PLANO

VOLUMETRIC DISTRIBUTION ANALYSIS OF FLAT FAN HYDRAULIC SPRAY NOZZLES

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA*

RESUMO

O padrão de deposição volumétrica é um parâmetro muito importante para a seleção da ponta de pulverização adequada para cada aplicação de agrotóxico. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano, com diferentes vazões nominais, em função da pressão de trabalho e da altura da barra porta-bicos. Em ambiente controlado, empregando-se uma mesa de teste de padrão de distribuição volumétrico, determinou-se o caudal de vazão, o perfil de distribuição de cada ponta operando isoladamente e o coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial conjunta. A uniformidade de

distribuição das pontas avaliadas foi influenciada pelo caudal de vazão nominal, pela pressão de trabalho e pela altura da barra. De maneira geral, as pontas avaliadas apresentaram níveis de uniformidade de distribuição satisfatórios, trabalhando principalmente a pressão de 300 kPa e altura da barra de 50 cm em relação ao alvo.

Palavras-chave: agrotóxicos, padrão de distribuição, pontas de pulverização, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

The volumetric distribution pattern is an important parameter for the spray nozzle selection. Thus, the objective of this study was to evaluate the volumetric distribution of ceramic and plastic flat fan hydraulic spray nozzles, with different nominal flows, under different work pressures and heights on the test table (patternator). In a controlled atmosphere, the following parameters were determined: the flow, the distribution profile and the coefficient of variation of the nozzle

* Engenheiro Agrícola, D. S., Professor, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, CEP 38400-902, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.
E-mail: jpcunha@iciag.ufu.br

distribution. The volumetric distribution uniformity of the evaluated nozzles was influenced by the nominal flow, by the liquid pressure, and by the working height. In a general way, the nozzles presented satisfactory distribution uniformity, working with pressure of 300 kPa and 50 cm of height.

Key-words: application technology, spray nozzles, distribution patterns, pesticides.

INTRODUÇÃO

A correta aplicação de agrotóxicos somente é possível quando se dispõem de bicos de pulverização que propiciem uma distribuição transversal homogênea e um espectro de gotas uniforme e de tamanho adequado. Segundo Sidahmed (1998), os bicos de pulverização constituem um dos principais componentes dos pulverizadores hidráulicos, tendo como funções: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em uma determinada área e controlar a saída de líquido por unidade de área.

Genericamente, denomina-se bico ao conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico de um pulverizador, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. O bico consiste de várias partes, sendo a ponta de pulverização a mais importante e responsável pelas características do jato emitido (Christofletti, 1999). As pontas podem ser fabricadas em vários materiais, como latão, nylon, aço inox, poliacetal e cerâmica. Eles conferem diferentes características técnicas e durabilidades às mesmas.

O volume aplicado numa pulverização deve ser o mais uniforme possível, sob pena de ser necessário volume adicional para compensar os pontos ou faixas que receberam menor quantidade de calda (Perecin *et al.*, 1998). Cobertura homogênea pressupõe

distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial, tanto no sentido longitudinal como no transversal. A uniformidade transversal depende da ponta utilizada, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos em relação ao plano de tratamento (Barthelemy *et al.*, 1990). Segundo Langenkens (1999), um coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial abaixo de 10% indica uniformidade satisfatória. Na Europa, em condições de laboratório, para a pressão e altura estabelecidas pelo fabricante como ideais para cada ponta, o coeficiente de variação deve ser inferior a 7%. Para as demais pressões e alturas especificadas pelo fabricante como passíveis de uso, não deve exceder a 9% (ECS, 1997).

Atualmente, existem no mercado pontas de pulverização hidráulicas de vários tipos e usos definidos para diferentes e específicas condições técnicas operacionais. Diversos trabalhos têm sido feitos para avaliar as características técnicas destas pontas (Cunha & Teixeira, 2001; Bauer & Raetano, 2004; Voll *et al.*, 2004), no entanto, alguns tipos ainda carecem de informações que auxiliem em sua seleção. Galli *et al.* (1983) constataram diferenças apreciáveis nos padrões de deposição de alguns tipos de pontas, recomendando a realização de cuidadosos testes antes do seu emprego.

Matthews (2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, sendo esta, específica para cada condição de altura do bico em relação ao alvo e de espaçamento entre bicos na barra. Portanto, é preciso estudar o comportamento das pontas em diferentes condições de trabalho.

Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano, fabricadas em material cerâmico e plástico, com

diferentes vazões nominais, em função da pressão de trabalho e da altura da barra porta-bicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (Brasil). Foram avaliados quatro jogos de pontas de pulverização hidráulicas (Quadro 1), tipo jato plano, com ângulo nominal de abertura do jato de 110°: 110-SF-02, 110-SF-03, 110-API-02 e 110-API-03. Essas pontas, de grande utilização no mercado nacional, de acordo com o fabricante, são de uso geral, produzindo aplicações uniformes quando se sobrepõem as pulverizações, sendo recomendadas para trabalhar a pressões entre 150 e 400 kPa.

Para a caracterização das pontas, foram tomados os seguintes parâmetros: caudal de vazão, perfil de distribuição individual de cada ponta e coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial conjunta. Empregaram-se as pressões de 200, 300 e 400 kPa para cada avaliação.

Inicialmente realizou-se um estudo sobre a repetitividade do caudal de vazão das pontas de um mesmo jogo, objetivando verificar se as mesmas apresentavam características técnicas similares de caudal de vazão. Para isso, cinco pontas de cada série foram empregadas. O líquido pulverizado, durante 60 segundos, sob pressões de 200, 300 e 400 kPa,

foi coletado em provetas de 2.000 mL, com resolução de 10 mL. A operação foi repetida cinco vezes para cada ponta, sendo determinada a média dos caudais de vazão para cada pressão. Análises de intervalo de confiança dos valores foram realizadas, utilizando-se, para isto, o programa de análises estatísticas SAEG, versão 8.0.

Os ensaios de distribuição volumétrica, visando determinar o perfil de distribuição de cada ponta e o coeficiente de variação da distribuição conjunta das pontas, foram feitos utilizando-se as pontas individualmente e em conjunto de cinco pontas espaçadas 50 cm, montadas em uma barra porta-bicos sobre uma bancada de ensaios padronizada, de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986). A bancada de ensaios tinha as seguintes dimensões: 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, com canaletas em forma de “V” com 0,05 m de profundidade e largura. As pontas foram acionadas por um pulverizador estacionário, com caudal de vazão máxima de 20 L min⁻¹. Este pulverizador era composto por uma bomba de pistão acionada por um motor elétrico de 220 V e 2,2 kW de potência.

Durante um tempo mínimo de 60 segundos, coletou-se o volume do 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. Trabalhou-se com altura da barra de 30, 40 e 50 cm em relação à bancada. O perfil de distribuição de cada ponta testada individualmente foi determinado por meio de gráficos construídos com dados de posição e volume acumulado. A homogeneidade de distribuição transversal do líquido pulverizado pelo conjunto de cinco pontas montadas na barra foi avaliada com base no coeficiente de variação (desvio-padrão dividido pela média do volume coletado nas

Quadro 1 - Especificação das pontas avaliadas.

Pontas	Material de Fabricação	Ângulo do Jato	Caudal de Vazão Nominal* (310 kPa de pressão)
110-SF-02	Poliacetil	110°	0,81 L min ⁻¹
110-SF-03	Poliacetil	110°	1,25 L min ⁻¹
110-API-02	Cerâmica	110°	0,86 L min ⁻¹
110-API-03	Cerâmica	110°	1,29 L min ⁻¹

*Caudal de vazão nominal indicada pelo fabricante

provetas) da distribuição volumétrica. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição e menor a uniformidade de aplicação (Debouche *et al.*, 2000).

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 velocidade do vento menor que 3 m s⁻¹.

Os manômetros utilizados, com capacidade nominal de 2.059,4 kPa (21 kgf cm⁻²) e resolução de 98,1 kPa (1 kgf cm⁻²), foram previamente calibrados por meio de uma estrutura de reação dotada de massas-padrão, para obter a relação entre a pressão indicada e a pressão real. Para a calibração, os manômetros foram acoplados a um sistema composto por bomba hidráulica (PH-80, Enerpac), adaptador para manômetro, mangueira hidráulica e cilindro hidráulico de pistão vazado (RCH-120, Enerpac). Esse sistema foi montado sobre uma estrutura de reação que tinha acoplado, a um engate rotulado, uma haste metálica para a colocação de massas em incrementos de aproximadamente 10 kg. Foram realizados três carregamentos até aproximadamente 205 kg, com o intuito de verificar a repetitividade das leituras.

Para cada ponta, a análise do coeficiente de variação da uniformidade de distribuição foi feita utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 (três pressões e três alturas da barra), com cinco repetições. Utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos tratamentos. Empregou-se o programa estatístico Saeg 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma cobertura homogênea pressupõe uma distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição

volumétrica superficial do conjunto de pontas. Essa distribuição depende, entretanto, do perfil de distribuição de cada ponta trabalhando isoladamente. O perfil deve ser tal que permita, quando houver a sobreposição, uma cobertura uniforme.

Na Figura 1 tem-se o perfil da distribuição volumétrica de cada ponta, trabalhando isoladamente a 50 cm de altura, em diferentes pressões. Observa-se que as pontas 110-SF-02 apresentaram ligeira assimetria no perfil, com depressão na zona central e irregularidades a baixa pressão; as pontas 110-SF-03 também apresentaram depressão na zona central e irregularidades a baixa pressão, entretanto de intensidade menor; as pontas 110-API-02 e 110-API-03 apresentaram perfil de distribuição mais uniforme com pequenas irregularidades a baixa pressão.

No Quadro 2 tem-se o caudal de vazão e o coeficiente de variação médio (%) da distribuição volumétrica do conjunto de pontas em função da altura da barra porta-bicos e da pressão de trabalho. Observando-se as médias das vazões proporcionadas pelas pontas de uma mesma especificação, para uma mesma pressão, e utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, verificou-se que a série de pontas 110-SF-02 apresentou um desvio máximo de 4,22%, a série 110-SF-03, de 4,17%, a série 110-API-02, de 5,03% e a série 110-API-03, 3,89%. Mediante estes valores, pode-se considerar que as pontas estudadas são semelhantes quanto à vazão, uma vez que não superaram o limite máximo de 10%, estabelecido para manter um bom padrão da aplicação, segundo Márquez (1994). Rodrigues *et al.* (2004), avaliando pontas de jato plano de material plástico do mesmo fabricante, também encontraram boa repetitividade quanto à vazão, ficando os desvios abaixo de 5% para todas as pontas estudadas.

Analisando-se o coeficiente de variação da distribuição conjunta, é possível verificar que

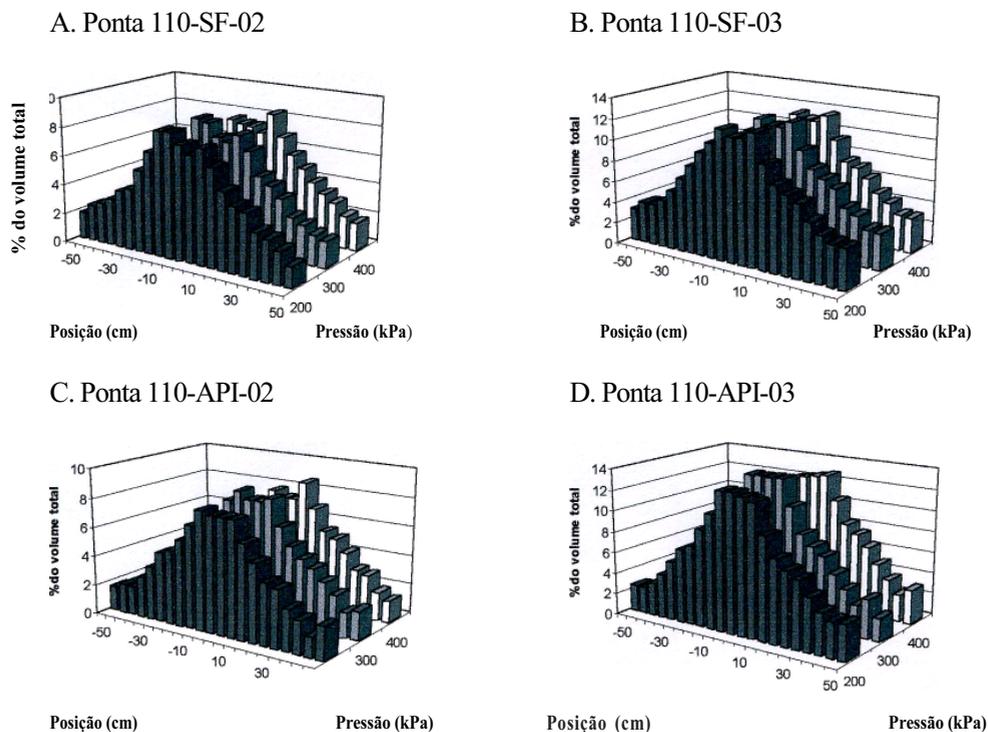


Figura 1 - Perfis de distribuição volumétrica das pontas avaliadas, trabalhando isoladamente a 50 cm de altura, em diferentes pressões.

as melhores condições de trabalho, para as quatro pontas estudadas, ocorreram quando as mesmas operaram a 300 kPa de pressão e 50 cm de altura da barra. Em geral, o efeito 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). Comparando-se as pontas de material plástico com as de material cerâmico, observou-se que estas têm maior uniformidade de distribuição. Isso se deve ao perfil de distribuição mais uniforme, sem depressões nas zonas centrais e sem irregularidades nas extremidades do perfil, permitindo uma sobreposição dos jatos mais adequada. Um padrão de distribuição próximo ao triangular favorece a boa sobreposição.

Rodrigues *et al.* (2004) e Voll *et al.* (2004) também 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. Cada tipo possui uma condição ideal de trabalho.

Levando-se em conta as normas do Comitê Europeu de Normalização, não é recomendado trabalhar com as pontas avaliadas a uma altura de 30 cm em relação ao alvo, pois a sobreposição dos jatos não é suficiente para se obter boa uniformidade de distribuição; além disso, não se recomenda trabalhar com as pontas 110-SF-02 e 110-SF-03 a pressão de 200 kPa e altura da barra de 40 cm em relação ao alvo, e com as pontas 110-API-02 e 110-API-03 a

Quadro 2 - Vazão e influência da altura da barra porta-bicos e da pressão de trabalho sobre o coeficiente de variação médio (%) da distribuição volumétrica do conjunto de pontas.

Ponta	Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)	Coeficiente de Variação (%)		
			Altura: 30 cm	Altura: 40 cm	Altura: 50 cm
110-SF-02	200	0,695	A 19,8 a	B 10,0 a	B 8,9 a
	300	0,845	A 17,4 b	B 8,5 b	B 7,8 b
	400	0,950	A 15,5 c	B 8,4 b	B 8,3 ab
110-SF-03	200	1,060	A 22,0 a	B 9,6 a	C 7,4 a
	300	1,290	A 12,1 b	B 8,5 a	C 5,7 b
	400	1,450	A 10,9 c	AB8,9a	B 6,7 ab
110-API-02	200	0,700	A 14,26 b	B 6,98 b	B 5,15 b
	300	0,850	A 13,07 b	B 7,38 b	B 5,08 b
	400	0,960	A 16,62 a	B 12,45 a	C 7,13 a
110-API-03	200	1,110	A 20,84 a	B 5,28 b	B 5,02 b
	300	1,340	A 18,32 b	B 6,34 b	B 4,92 b
	400	1,470	A 19,78 ab	B 10,28 a	C 7,84 a

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas linhas para cada ponta, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas para cada ponta, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

pressão de 400 kPa e altura da barra de 40 cm em relação ao alvo.

CONCLUSÕES

1. A uniformidade de distribuição das pontas avaliadas foi influenciada pela vazão nominal, pela pressão de trabalho e pela altura da barra.
2. As pontas avaliadas apresentaram, de maneira geral, níveis de uniformidade de distribuição satisfatórios, trabalhando principalmente a pressão de 300 kPa e altura da barra de 50 cm em relação ao alvo.
3. As pontas de material cerâmico apresentaram maior uniformidade de distribuição em relação às pontas de material plástico.
4. Não se recomenda a utilização das pontas avaliadas com altura da barra de 30 cm em relação ao alvo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barthelemy, P.; Boisgointer, D.; Jouy, L.; Lajoux, P. (1990) - *Choisir les outils de pulvérisation*. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris, 160 pp.
- Bauer, F. & Raetano, C.G. (2004) - Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de Pulverização. *Engenharia Agrícola* 24 (2): 364-373.
- Christofolletti, J.C. (1999) - *Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. Teejet, São Paulo, 15 pp.
- Cunha, J.P.A.R. & Teixeira, M.M. (2001) - Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5(2): 344-348.
- Debouche, C.; Huyghebaert, B.; Mostade, O. (2000) - Simulated and measured coefficients of variation for the spray distribution under a static spray boom. *Journal of Agricultural Engineering Resources* 76: 381-388.
- ECS- European Committee for Standardization (1997) - *Agricultural and forestry machinery - Sprayers and liquid fertilizer distributors - Environmental protection - Part 2: Low crop sprayers*. CEN, Brussels, 17 pp. (EN 12761-2).

- Galli, J.C.; Matuo, T.; Siqueira, E.C. (1983) - Padrão de distribuição de alguns bicos hidráulicos. *Planta Daninha* 6 (2): 144-150.
- ISO - International Organization for Standardization (1986) - *Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 2: test methods for agricultura! sprayers*. ISO, Geneva, pp. 5 (ISO 5682/2).
- Langenakens, J. (1999) - Spraying nozzles: usability limits. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, pp. 9 (ASAE Paper n.99-1027).
- Marquez, L. (1984) - *Aplicaciones en cultivos bajos y hortícolas: problemática y soluciones*. Curso de aplicación ecocompatible de productos fitosanitarios. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, 28 pp.
- Matthews, G.A. (2002) - The application of chemicals for plant disease control. In: Waller, J.M.; Lenné, J.M.; Waller, S.J. (Eds.). *Plant pathologist's pocketbook*. CAB, London, pp. 345-353.
- Perecin, D.; Peressin, V.A.; Matuo, T.; Braz, B.A.; Pio, L.C. (1998) - Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. *Pesq. Agropec. Bras.* 33 (2): 175-182.
- Rodrigues, G.J.; Teixeira, M.M.; Fernandes, H.C.; Ferreira, L.R. (2004) - Análise da distribuição volumétrica de bicos de pulverização tipo leque de distribuição uniforme. *Engenharia na Agricultura* 12 (1): 7-16.
- Sidahmed, M.M. (1998) - Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. *Transactions of the ASAE* 41 (3): 531-536.
- Voll, C. E.; Castro, J.A.V.; Gadanha JR, C.D. (2004) - Uniformidade de distribuição volumétrica do bico de pulverização hidráulico de jato plano XR11003 sob diferentes condições operacionais. In: *Resumos Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos*, 3. Botucatu, São Paulo, pp. 256-259.